วิทยานิพนธ์

ผลของการนวดด้วยน้ำแข็ง การนวดด้วยน้ำแข็งร่วมกับการแช่น้ำและการนวดด้วยน้ำแข็งร่วมกับการออกกำลังกายในน้ำ ที่มีต่อการฟื้นตัวของกล้ามเนื้อภายหลังระบมของกล้ามเนื้อจากการออกกำลังกาย

EFFECTS OF ICE MASSAGE, ICE MASSAGE WITH WATER IMMERSION AND ICE MASSAGE WITH AQUATIC EXERCISE UPON THE RECOVERY OF MUSCLE AFTER EXERCISE INDUCE DELAYED ONSET MUSCLE SORENESS

นายสยาม เพิ่มเพ็ชร์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ศ. 2551

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การกีฬา)

ปริญญา

วิทยาศาสตร์การกีฬา | โครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา

สาขา | **ภาควิชา**

เรื่อง ผลของการนวดด้วยน้ำแข็ง การนวดด้วยน้ำแข็งร่วมกับการแช่น้ำและการนวดด้วยน้ำแข็งร่วมกับการออกกำลังกายในน้ำ ที่มีต่อการฟื้นตัวของกล้ามเนื้อภายหลังระบมของกล้ามเนื้อจากการออกกำลังกาย

Effects of Ice Massage, Ice Massage with Water Immersion and Ice Massage with Aquatic Exercise upon the Recovery of Muscle after Exercise Induce Delayed Onset Muscle Soreness

นามผู้วิจัย นายสยาม เพิ่มเพ็ชร์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ราตรี เรืองไทย, Ed.D.)

กรรมการ .....

(พลเรือตรีนายแพทย์ สุริยา ณ นคร, พ.บ.)

กรรมการ .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์อนันทศิลป์ รุจิเรข, ค.ม.)

ประธานสาขาวิชา .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สิริพร ศศิมณฑลกุล, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์วินัย อาจคงหาญ, M.A.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 2 **เดือน** เม.ย **พ.ศ.** 2551

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ผลของการนวดด้วยน้ำแข็ง การนวดด้วยน้ำแข็งร่วมกับการแช่น้ำ และการนวดด้วยน้ำแข็งร่วมกับการออกกำลังกายในน้ำ ที่มีต่อการฟื้นตัวของกล้ามเนื้อ ภายหลังระบมของกล้ามเนื้อจากการออกกำลังกาย

Effects of Ice Massage, Ice Massage with Water Immersion and Ice Massage with Aquatic Exercise upon the Recovery of Muscle after Exercise Induce Delayed Onset Muscle Soreness

โดย

นายสยาม เพิ่มเพ็ชร์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การกีฬา)
พ.ศ. 2551

สยาม เพิ่มเพ็ชร์ 2551: ผลของการนวดด้วยน้ำแข็ง การนวดด้วยน้ำแข็งร่วมกับการแช่น้ำ และการนวดด้วยน้ำแข็งร่วมกับการออกกำลังกายในน้ำ ที่มีต่อการฟื้นตัวของกล้ามเนื้อภายหลังระบมของกล้ามเนื้อจากการออกกำลังกาย ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การกีฬา) สาขาวิทยาศาสตร์การกีฬา โครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา ประธานกรรมการที่ปรึกษา: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ราตรี เรืองไทย, Ed.D. 139 หน้า

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาและเปรียบเทียบผลของการนวดด้วยน้ำแข็ง การนวดด้วยน้ำแข็งร่วมกับการแช่น้ำและการนวดด้วยน้ำแข็งร่วมกับการออกกำลังกายในน้ำ ที่มีต่อการฟื้นตัวของกล้ามเนื้อภายหลังระบมของกล้ามเนื้อจากการออกกำลังกาย ได้แก่ ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ช่วงการเคลื่อนไหวของข้อเข่า เส้นรอบวงของขา ความเจ็บปวดระบมของกล้ามเนื้อ และระดับความเข้มข้นของเอนไซม์ครีเอทีนไคเนสในเลือดภายหลังการระบมจากการออกกำลังกายทันที (0 ชั่วโมง) 24 48 และ 72 ชั่วโมง ในกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักศึกษาหญิงของวิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนี ที่มีอายุระหว่าง 19-21 ปี จำนวน 30 คน ได้มาจากการสุ่มอย่างง่าย และทำการสุ่มเพื่อจัดเข้ากลุ่ม 3 กลุ่มๆ ละ 10 คน โดยกลุ่มควบคุมได้รับโปรแกรมการฟื้นตัวของกล้ามเนื้อด้วยการนวดด้วยน้ำแข็ง กลุ่มทดลองที่ 1 ได้รับโปรแกรมการฟื้นตัวของกล้ามเนื้อด้วยการนวดด้วยน้ำแข็งร่วมกับการแช่น้ำ กลุ่มทดลองที่ 2 ได้รับโปรแกรมการฟื้นตัวของกล้ามเนื้อ ด้วยการนวดด้วยน้ำแข็งร่วมกับการออกกำลังกายในน้ำ โดยให้การรักษาวันละ1 ครั้ง เป็นเวลา 3 วัน ทำการวัดค่าการฟื้นตัวของกล้ามเนื้อที่ภายหลังการระบมจากการออกกำลังกายทันที (0 ชั่วโมง) 24 48 และ 72 ชั่วโมง จากนั้นทำการวิเคราะห์ข้อมูลของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ช่วงการเคลื่อนไหวของข้อเข่า เส้นรอบวงของขา ความเจ็บปวดระบมของกล้ามเนื้อ และระดับความเข้มข้นของเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนสในเลือด โดยใช้วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางแบบวัดซ้ำ การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ และเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่โดยใช้วิธีของ Tukey กำหนดความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการวิจัยพบว่า ค่าเฉลี่ยของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ช่วงการเคลื่อนไหวของข้อเข่า และความเจ็บปวดระบมของกล้ามเนื้อ ของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่มแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และค่าเฉลี่ยของเส้นรอบวงของขา และระดับความเข้มข้นของ เอนไซม์ครีเอทีนไคเนสในเลือด ของกลุ่มทดลองทั้ง 3 กลุ่ม ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และพบว่ากลุ่มทดลองที่ 2 มีการฟื้นตัวของกล้ามเนื้อดีกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองที่ 1 ผลการวิจัยครั้งนี้สามารถนำการออกกำลังกายในน้ำไปประยุกต์ใช้เพื่อทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัวจากการระบมภายหลังออกกำลังกายต่อไป

สยาม เพิ่มเพ็ชร์ — ราตรี เรืองไทย — 27 / มีค. / 2551

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่อประธานกรรมการ

Siam Permpetch 2008: Effects of Ice Massage, Ice Massage with Water Immersion and Ice Massage with Aquatic Exercise upon the Recovery of Muscle after Exercise Induce Delayed Onset Muscle Soreness. Master of Science (Sports Science), Major Field: Sports Science, Interdisciplinary Graduate Program. Thesis Advisor: Assistant Professor Ratree Reungthai, Ed.D. 139 pages.

The purposes of this research were to study and compare the effects of ice massage, ice massage with water immersion and ice massage with aquatic exercise upon the recovery of muscle after exercise induce delayed onset muscle soreness; including muscle strength, range of motion, perceive pain rating, limb girth and creatine kinase in blood after muscle soreness by exercise immediately, 24 , 48 and 72 hours. Thirty female nursing students aged 19-21 years old were simple random sampling from Boromarajonani College of Nursing, Nakhon si thammarat. They were randomly assigned into 3 groups, one control group and two experimental groups. The control group was treated by using ice massage. The first experimental group was treated by using ice massage with water immersion. The second experimental group was treated by using ice massage with aquatic exercise. The program was performed once time a day for three days. The data of muscle strength, range of motion, perceive pain rating, limb girth and creatine kinase in blood after muscle soreness by exercise immediately, 24 , 48 and 72 hours were analyzed by using ANOVA ; one-way and two-way ANOVA with repeated measure; ANOVA and multiple comparison was performed by Tukey at .05 level of significance.

The results showed that muscle strength, range of motion and perceive pain rating of three groups were statistically significant difference. While the limb girth and creatine kinase were not statistically significant difference. The second experimental group had recovery of muscle better than control group and first experimental group. These findings will be fruitful for the applied recovery of muscle by aquatic exercise after exercise induced muscle soreness.

Siam Permpetch. R. Ruangthai 27 / 03 / 2008

Student's signature Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จเรียบร้อยด้วยดีด้วยความกรุณา และความอนุเคราะห์เป็นอย่างสูง รวมทั้งได้รับคำแนะนำต่างๆ เป็นอย่างดี จากผู้ช่วยศาสตราจารย์ราตรี เรืองไทย ประธานกรรมการที่ปรึกษา พลเรือตรีนายแพทย์สุริยา ณ นคร และผู้ช่วยศาสตราจารย์ อนันทศิลป์ รุจิเรข กรรมการที่ปรึกษาวิชาเอก ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำและช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณ ผู้อำนวยการวิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนี จังหวัดนครศรีธรรมราช ที่ได้อนุญาตให้ใช้นักศึกษาเป็นกลุ่มตัวอย่าง ขอขอบคุณนักกายภาพบำบัด โรงพยาบาลมหาราชนครศรีธรรมราช ที่ช่วยเก็บข้อมูลการวิจัย ขอขอบคุณ คุณวัลลภา กาญจนานนท์ และคุณอมรวัฒน์ นวลหวาน ที่ช่วยเจาะเลือดของกลุ่มตัวอย่าง ขอบคุณนักศึกพยาบาล วิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนี จังหวัดนครศรีธรรมราช ที่เข้าร่วมการทดลองทั้ง30 คน ที่ได้สละเวลาเข้าร่วมการทดลองจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ พ.อ.อ.นรินทร์ เพิ่มเพ็ชร์ บิดา นางพรสวรรค์ เพิ่มเพ็ชร์ มารดาที่ได้ให้กำลังใจ และสนันสนุนการศึกษา ขอขอบคุณ คุณชฎาภรณ์ เพิ่มเพ็ชร์ ภรรยาที่คอยให้กำลังใจและดูแลบุตรทั้ง 2 คน ในขณะศึกษาอยู่ ขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ได้ถ่ายทอดวิชาความรู้พร้อมทั้งให้การอบรมและส่งเสริมทางด้านการศึกษาด้วยดี อีกทั้งขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ ในแผนกกายภาพบำบัดทุกท่าน ตลอดจนพี่และเพื่อนนิสิตปริญญาโท คณะวิทยาศาสตร์การกีฬาที่ช่วยเหลือและให้กำลังใจตลอดมา

สยาม เพิ่มเพ็ชร์

มีนาคม 2551

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(3)
สารบัญภาพ	(8)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	4
การตรวจเอกสาร	9
อุปกรณ์และวิธีการ	35
อุปกรณ์	35
วิธีการ	36
ผลการวิจัยและวิจารณ์	43
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	75
สรุปผลการวิจัย	75
ข้อเสนอแนะ	77
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	78
ภาคผนวก	85
ภาคผนวก ก รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจโปรแกรมการฟื้นตัวจากการระบมของกล้ามเนื้อ ภายหลังการออกกำลังกาย	86
ภาคผนวก ข แบบบันทึกข้อมูล คำยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัยและแบบสอบถามในการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง	88
ภาคผนวก ค โปรแกรมการออกกำลังกายที่ทำให้เกิดการระบมของกล้ามเนื้อ	92
ภาคผนวก ง โปรแกรมการฟื้นตัวจากการระบมของกล้ามเนื้อภายหลังการออกกำลังกาย	94
ภาคผนวก จ การทดสอบความแข็งแรงแบบไอโซเมตริกของกล้ามเนื้อ การวัดช่วงการเคลื่อนไหวของข้อเข่า แบบวัดความรู้สึกเจ็บปวด visual analogue scale การวัดเส้นรอบวงของขา การวัดระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนส	103

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก ฉ ค่าสถิติของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ช่วงการเคลื่อนไหวของข้อเข่า ความเจ็บปวดระบมของกล้ามเนื้อขา เส้นรอบวงของขา และระดับความเข้มข้นของเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนสในเลือด 110

ประวัติการศึกษาและการทำงาน 139

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แสดงการเปลี่ยนแปลงทาง สรีรวิทยาของระบบไหลเวียนเลือด ขณะร่างกายแช่ในน้ำ	26
2	ค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน($\bar{X} \pm$ S.E.) อายุ น้ำหนัก และส่วนสูงของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม	43
3	ค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ($\bar{X} \pm$ S.E.) ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ Quadriceps femoris ของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม ก่อนและภายหลังกล้ามเนื้อระบมที่ 0 24 48 และ 72 ชั่วโมง	47
4	ค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน($\bar{X} \pm$ S.E.) ช่วงการเคลื่อนไหวของข้อเข่าของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม ก่อนและภายหลังกล้ามเนื้อระบมที่ 0 24 48 และ 72 ชั่วโมง	53
5	ค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน($\bar{X} \pm$ S.E.) ระดับความเจ็บปวดของกล้ามเนื้อ ของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม ก่อนและภายหลังกล้ามเนื้อระบมที่ 0 24 48 และ 72 ชั่วโมง	61
6	ค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน($\bar{X} \pm$ S.E.) เส้นรอบวงของขาของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม ก่อนและภายหลังกล้ามเนื้อระบมที่ 0 24 48 และ 72 ชั่วโมง	66
7	ค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน($\bar{X} \pm$ S.E.) ระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนส ของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม ก่อนและภายหลังกล้ามเนื้อระบมที่ 0 24 48 และ 72 ชั่วโมง	71

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่ **หน้า**

ฉ1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางแบบวัดซ้ำของค่าเฉลี่ยความแข็งแรงกล้ามเนื้อ Quadriceps femoris ก่อนการระบมของกล้ามเนื้อ ภายหลังการระบมที่ 0 24 48 และ 72 ชั่วโมง 111

ฉ2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ Quadriceps femoris ภายหลังระบมจากการออกกำลังกายที่ 0 24 48 และ 72 ชั่วโมง ระหว่างกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองที่ 1และกลุ่มทดลองที่ 2 115

ฉ3 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ Quadriceps femorisระหว่าง กลุ่มตัวอย่างภายหลังการระบมของกล้ามเนื้อที่ 0 24 48 และ 72 ชั่วโมง 116

ฉ4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำของค่าเฉลี่ยของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ Quadriceps femorisก่อนการระบมของกล้ามเนื้อภายหลังการระบมที่ 0 24 48 และ 72 ชั่วโมงของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม 117

ฉ5 ผลเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อภายในกลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่ม ก่อนการระบมของกล้ามเนื้อ และภายหลังกล้ามเนื้อระบมที่ 0 24 48 และ 72 ชั่วโมง 118

ฉ6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางแบบวัดซ้ำของช่วงการเคลื่อนไหวของข้อเข่า ก่อนการระบมของกล้ามเนื้อ ภายหลังการระบมที่ 0 24 48 และ 72 ชั่วโมง 119

ฉ7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของค่าเฉลี่ยช่วงการเคลื่อนไหวภายหลังการระบมที่ 0 24 48 และ 72 ชั่วโมง ระหว่างกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองที่ 1และกลุ่มทดลองที่ 2 120

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
ฉ8	ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของช่วงการเคลื่อนไหวข้อเข่า ระหว่างกลุ่มตัวอย่าง ภายหลังการระบมของกล้ามเนื้อที่ 0 24 48 และ 72 ชั่วโมง	121
ฉ9	การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำของค่าเฉลี่ยช่วงการเคลื่อนไหวของข้อเข่า ก่อนการระบมของกล้ามเนื้อ ภายหลังการระบมที่ 0 24 48 และ 72 ชั่วโมง ของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม	122
ฉ10	ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของช่วงการเคลื่อนไหวข้อเข่า ภายในกลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่ม ก่อนการระบมของกล้ามเนื้อ และภายหลังกล้ามเนื้อระบมที่ 0 24 48 และ 72 ชั่วโมง	123
ฉ11	การวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางแบบวัดซ้ำของค่าเฉลี่ยระดับความเจ็บปวด ก่อนการระบม ภายหลังจากการระบม ที่ 0 24 48 ชั่วโมง และ ภายหลังจากการระบม ที่ 72 ชั่วโมง	124
ฉ12	การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของค่าเฉลี่ยระดับความเจ็บปวด ภายหลังระบมจากการออกกำลังกายที่ 0 24 48 และ 72 ชั่วโมง ระหว่างกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2	125
ฉ13	ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของระดับความเจ็บปวด ระหว่างกลุ่มตัวอย่าง ภายหลังการระบมของกล้ามเนื้อที่ 0 24 48 และ 72 ชั่วโมง	126
ฉ14	การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำของค่าเฉลี่ยของระดับความเจ็บปวดของกล้ามเนื้อขาก่อนการระบมของกล้ามเนื้อ ภายหลังการระบมที่ 0 24 48 และ 72 ชั่วโมงของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม	127
ฉ15	ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของระดับความเจ็บปวด ภายในกลุ่ม ตัวอย่างแต่ละกลุ่ม ก่อนการระบมของกล้ามเนื้อ และภายหลังกล้ามเนื้อระบมที่ 0 24 48 และ 72 ชั่วโมง	128

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
ฉ16	การวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางแบบวัดซ้ำของค่าเฉลี่ยของเส้นรอบวงของขา ก่อนการระบม ภายหลังจากการระบม ที่ 0 24 48 และ 72 ชั่วโมง	129
ฉ17	การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของค่าเฉลี่ยเส้นรอบวงของขา ภายหลังระบมจาก การออกกำลังกายที่ 0 24 48 และ 72 ชั่วโมง ระหว่างกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองที่1 และกลุ่มทดลองที่ 2	130
ฉ18	ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเส้นรอบวงของขา ระหว่างกลุ่มตัวอย่าง ภายหลังการระบมของกล้ามเนื้อที่ 0 24 48 และ 72 ชั่วโมง	131
ฉ19	การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำของค่าเฉลี่ยเส้นรอบวงของขา ก่อนการระบมของกล้ามเนื้อ ภายหลังการระบมที่ 0 24 48 และ 72 ชั่วโมง ของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม	132
ฉ20	ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเส้นรอบวงของขา ภายในกลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่ม ก่อนการระบมของกล้ามเนื้อ และภายหลังระบมของกล้ามเนื้อที่ 0 24 48 และ 72 ชั่วโมง	133
ฉ.21	การวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางแบบวัดซ้ำของค่าเฉลี่ยของ เอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนส ก่อนการระบม ภายหลังจากการระบม ที่ 0 24 48 และ 72 ชั่วโมง	134
ฉ22	การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของค่าเฉลี่ยของเอ็นไซม์ ครีเอทีนไคเนส ภายหลังระบบจากการออกกำลังกายที่ 0 24 48 และ 72 ชั่วโมง ระหว่าง กลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2	135
ฉ23	ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของเอ็นไซม์ ครีเอทีนไคเนส ระหว่างกลุ่มตัวอย่าง ภายหลังการระบมของกล้ามเนื้อที่ 0 24 48 และ 72 ชั่วโมง	136

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
ฉ24	การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำของค่าเฉลี่ยของเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนส ก่อนการระบมของกล้ามเนื้อ ภายหลังการระบมที่ 0 24 48 และ 72 ชั่วโมง ของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม	137
ฉ25	ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของเอ็นไซม์ ครีเอทีนไคเนส ภายในกลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่ม ก่อนการระบมของกล้ามเนื้อ และภายหลังกล้ามเนื้อระบมที่ 0 24 48 และ 72 ชั่วโมง	138

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แสดงลักษณะโครงสร้างและองค์ประกอบภายในของกล้ามเนื้อ	10
2	แสดงชนิดของการหดตัวของกล้ามเนื้อ	12
3	แสดงทฤษฎีการเลื่อนตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อ(sliding filament theory)	15
4	แสดงความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่มในช่วงเวลาต่างๆ	48
5	แสดงช่วงการเคลื่อนไหวของข้อเข่า ของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่มในช่วงเวลาต่างๆ	55
6	แสดงระดับความเจ็บปวดของกล้ามเนื้อขาของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่มในช่วงเวลาต่างๆ	62
7	แสดงเส้นรอบวงขาของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่มในช่วงเวลาต่างๆ	67
8	แสดงระดับเอ็นไซม์ครีเอทีน ไคเนส ของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม ในช่วงเวลาต่างๆ	73

ภาพผนวกที่

ง1	แสดงก้อนน้ำแข็ง(ice ball) ที่ใช้นวดคลึงกล้ามเนื้อ	95
จ1	การทดสอบความแข็งแรงแบบไอโซเมตริกของกล้ามเนื้อ quadriceps femoris	105
จ2	แสดงท่าเริ่มต้นของการวัดช่วงการเคลื่อนไหวของข้อเข่า	106
จ3	แสดงท่าสิ้นสุดของการวัดช่วงการเคลื่อนไหวของข้อเข่า	106
จ4	แสดงตำแน่งของปุ่มกระดูก ASIS	108
จ5	แสดงตำแน่งของปุ่มกระดูก Tibial tubercle	108
จ6	แสดงตำแหน่งที่ใช้วัดเส้นรอบวงของขา	108
จ7	แสดงการวัดเส้นรอบวงของขา	108

ผลของการนวดด้วยน้ำแข็ง การนวดด้วยน้ำแข็งร่วมกับการแช่น้ำและการนวดด้วยน้ำแข็งร่วมกับการออกกำลังกายในน้ำ ที่มีต่อการฟื้นตัวของกล้ามเนื้อภายหลังระบมของกล้ามเนื้อจากการออกกำลังกาย

Effects of Ice Massage, Ice Massage with Water Immersion and Ice Massage with Aquatic Exercise upon the Recovery of Muscle after Exercise Induce Delayed Onset Muscle Soreness

คำนำ

การออกกำลังกายเป็นวิธีทางธรรมชาติที่ทำให้ระบบต่าง ๆ ของร่างกายต้องทำงานมากกว่าปกติ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ระบบโครงสร้าง ระบบไหลเวียนเลือด ระบบหายใจ และระบบประสาท ซึ่งจะต้องทำงานอย่างมีความสัมพันธ์กัน ด้วยความเหมาะสม ธรรมชาติสร้างมนุษย์ขึ้นมาให้มีการเคลื่อนไหว แต่ถ้ามีการเคลื่อนไหวที่ไม่เพียงพอก็จะมีผลเสียต่อสุขภาพ การออกกำลังกายไม่ว่าจะเป็นการใช้กล้ามเนื้อส่วนใดส่วนหนึ่งทำงาน เมื่อร่างกายมีการเคลื่อนไหว จะต้องมีการใช้พลังงาน และออกซิเจนเพิ่มขึ้น การขนส่งออกซิเจนสู่เซลล์กล้ามเนื้อและอวัยวะที่เกี่ยวข้อง จะต้องอาศัยระบบไหลเวียนเลือดและระบบหายใจ นอกจากจะทำให้ระบบโครงสร้างมีความแข็งแกร่งเพิ่มขึ้นแล้วยังทำให้ระบบไหลเวียนเลือด และระบบหายใจมี ประสิทธิภาพยิ่งขึ้น
(กองวิทยาศาสตร์การกีฬา, 2536)

ในการออกกำลังกายนั้น ถ้าออกกำลังกายไม่ถูกวิธี ไม่เหมาะสมกับสภาพร่างกาย หรือออกกำลังในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมอาจเกิดการบาดเจ็บได้ ตั้งแต่การบาดเจ็บเล็กน้อยจนบาดเจ็บรุนแรงถึงขั้นเป็นอันตรายต่อชีวิต แต่ถ้าหากเกิดการบาดเจ็บที่เกิดขึ้นมีความรุนแรงไม่มากนัก ควรที่จะสามารถดูแลตนเองได้ การดูแลตนเองเมื่อได้รับการบาดเจ็บจากการออกกำลังกายจะได้ผลดีต้องปฏิบัติอย่างถูกวิธีและถูกเวลา โดยขึ้นอยู่กับการวินิจฉัยในทันทีและต้องให้ถูกต้องจากผู้มีประสบการณ์ และความร่วมมือจากแพทย์ ผู้ฝึกสอน นักกายภาพบำบัด รวมทั้งผู้ที่ได้รับบาดเจ็บจากการออกกำลังกายเอง (วิชัย, 2534) การเคลื่อนไหวของร่างกายเมื่อมีการออกกำลังกายไม่ควรเกิดอาการเจ็บปวด ทั้งในขณะออกกำลังกาย หรือภายหลังการออกกำลังกายไปแล้ว แต่ในบางครั้งอาจเกิดขึ้นได้ ซึ่งมักเกิดจากการใช้งานมาก เคลื่อนไหวเร็ว หรือทำกิจกรรมซ้ำ ๆ

กันมาก ทำให้เกิดอาการเช่น กล้ามเนื้อตึง ปวด ข้อเคล็ด เส้นเอ็นอักเสบ หรืออาจรุนแรงจนทำให้กระดูกหักหรือร้าวได้ โดยทั่วไปการปวดเมื่อยกล้ามเนื้อ เป็นเรื่องที่เกิดขึ้นตามปกติเมื่อเริ่มกิจกรรมออกกำลังกายใหม่ หรือการเพิ่มความหนักของการออกกำลังกาย การยืดเหยียดในช่วงอบอุ่น (warm - up) และคลายอุ่น (cool - down) สามารถช่วยป้องกันการปวดเมื่อยหรือเจ็บกล้ามเนื้อที่เกิดขึ้นภายหลังจากการออกกำลังได้ ซึ่งจะเป็นการส่งเสริมให้สามารถออกกำลังกายได้อย่างต่อเนื่องโดยไม่มีการบาดเจ็บมาขัดขวาง การบาดเจ็บจากการออกกำลังกายนั้นเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้ผู้ที่ออกกำลังกายใหม่ ๆ หยุดออกกำลังกาย และทำให้เกิดความกังวลใจในการที่จะเริ่มออกกำลังกายใหม่อีกครั้งได้ (สุพิตร, 2547)

การระบมของกล้ามเนื้อที่เป็นผลมาจากการออกกำลังกาย เป็นสิ่งที่เกิดขึ้นได้เป็นปกติเมื่อมีการออกกำลังกายแบบกล้ามเนื้อเหยียดยาวออก (eccentric exercise) โดยเฉพาะโปรแกรมการฝึกซ้อมของนักกีฬา ที่ผู้ฝึกสอนมักใช้การออกกำลังกายแบบ concentric และ eccentric ผสมผสานกันเป็นโปรแกรมฝึก เนื่องจากจะได้ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่มากกว่าการออกกำลังกายแบบ concentric เพียงอย่างเดียว โดยโปรแกรมการออกกำลังกายนั้นจะเน้นการออกกำลังกายแบบ eccentric เป็นสำคัญ (Hillard *et al*., 2003) และในการฟื้นฟูสภาพจะมีการใช้การออกกำลังกายแบบ eccentric เป็นโปรแกรมเริ่มต้นของการฟื้นฟู เนื่องจากว่าการออกกำลังกายชนิดนี้มีการล้าและการเจ็บปวดของกล้ามเนื้อน้อยกว่าการออกกำลังกายแบบ concentric ที่มีความหนักของงานเท่ากัน (Horstman *et al*., 2001; Hollander *et al*., 2003) โดยการออกกำลังกายแบบ eccentric ทั่วไปต้องเป็นการเคลื่อนไหวที่นุ่มนวลต้านกับแรงต้าน การที่ไม่คุ้นเคยกับการออกกำลังกายแบบนี้ทำให้เกิดการบาดเจ็บต่อกล้ามเนื้อได้ การออกกำลังกายแบบ eccentric ทำให้เกิดการล้าและมีอาการปวดเสมอเป็นเวลาหลายวันหลังจากออกกำลังกาย ด้วยอาการแสดงต่าง ๆ ได้แก่ การปวดระบมของกล้ามเนื้อ (Delayed Onset Muscle Soreness; DOMS) การเพิ่มขึ้นของครีเอทีนไคเนส (Creatine Kinase; CK) การลดลงของช่วงการเคลื่อนไหวของข้อต่อ (Range of Motion; ROM) และการลดลงของความแข็งแรงและสมรรถภาพสูงสุดของกล้ามเนื้อที่หดตัวแบบ concentric

นักกีฬา นักวิทยาศาสตร์การกีฬาและนักเวชศาสตร์การกีฬา ได้ค้นหาวิธีที่จะทำให้การฟื้นตัวของกล้ามเนื้อเร็วขึ้น เพื่อที่จะให้นักกีฬากลับมาฝึกซ้อม และให้กล้ามเนื้อทนต่อการฝึก การรักษาโดยการใช้ความเย็น (cryotherapy) เป็นอีกวิธีหนึ่งที่ใช้ในการพาความร้อนออกจากร่างกายและทำให้เนื้อเยื่อมีอุณหภูมิต่ำลง (Knight, 1995) โดยการรักษาด้วยความเย็นนั้นจะรวมถึงการใช้น้ำแข็งและถุงน้ำเย็น(cold pack) ซึ่งจะใช้แรงกดก็ได้ การแช่น้ำเย็น (cold water immersion)

การใช้ความเย็นร่วมกับการออกกำลังกาย (cryokinetic) และการใช้ความเย็นร่วมกับการยืด (cryostretch) เหล่านี้ อาจใช้รักษาการบาดเจ็บของเนื้อเยื่ออ่อน โดยได้ผลดีในการลดบวมและลดการอักเสบ Eston and Peters (1999) ได้รายงานไว้ว่า การแช่น้ำเย็นหลังจากมีการออกกำลังกายแบบ eccentric สามารถลดความเข้มข้นของครีเอทีนไคเนส (CK) ในเลือด และเพิ่มช่วงการเคลื่อนไหว (ROM) แต่ไม่ได้ผลดีต่อการระบมของกล้ามเนื้อ (DOMS)

จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาส่วนใหญ่มุ่งศึกษาผลของการใช้ความเย็น โดยเฉพาะการนวดด้วยน้ำแข็ง (ice massage) ที่มีต่อการฟื้นตัวของกล้ามเนื้อภายหลังมีการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อจากการออกกำลังกายแบบ eccentric นั้นให้ผลดี โดยมีการลดลงของครีเอทีนไคเนส (CK) แต่ไม่ได้มีผลต่ออาการแสดง อื่นๆ ได้แก่ การลดปวดจากการระบมของกล้ามเนื้อ การฟื้นตัวของความแข็งแรงในกล้ามเนื้อและการเพิ่มช่วงการเคลื่อนไหว (Howatson and Van Someren, 2003) ดังนั้นการใช้ความเย็นเพียงอย่างเดียวจึงไม่เป็นการรักษาที่มีประสิทธิผล ต่อการเสียหายของกล้ามเนื้อภายหลังการออกกำลังกาย การใช้ความเย็นร่วมกับการแช่น้ำและการใช้ความเย็นร่วมกับการออกกำลังกายในน้ำที่กล้ามเนื้อไม่ต้องทำงานหนักยังไม่มีการศึกษา โดยพบว่าการออกกำลังกายในน้ำช่วยลดปวดและเพิ่มช่วงการเคลื่อนไหว ของข้อเข่าได้ดีกว่าบนบกในผู้ป่วยที่มีข้อเข่าเสื่อม (Wyatt *et al*., 2001) และสามารถทำให้เกิดการเคลื่อนไหวของข้อต่อได้ง่าย และการออกกำลังกายด้วยการวิ่งในน้ำลึก ช่วยให้ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อฟื้นตัวได้เร็วขึ้น และระดับความปวดระบมกล้ามเนื้อ ความเข้มข้นของครีเอทีนไคเนสที่มีค่าสูงสุดใน 24 ชั่วโมง ต่ำกว่าการทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัวด้วยวิธีอื่น ๆ ที่ไม่ได้ใช้การวิ่งในน้ำลึก (Reilly *et al*., 2002) ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาผลของการทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัวด้วยวิธีการใช้การนวดด้วยน้ำแข็ง การนวดด้วยน้ำแข็งร่วมกับการแช่ในน้ำ และการนวดด้วยน้ำแข็งร่วมกับการออกกำลังกายในน้ำ ภายหลังกล้ามเนื้อระบมจากการออกกำลังกาย ทั้งนี้เพื่อนำผลที่ได้จากการวิจัยไปใช้ เมื่อมีการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อภายหลังการออกกำลังกาย เพื่อช่วยให้กล้ามเนื้อได้ฟื้นตัวได้เร็ว มีอาการปวดลดลง สามารถเคลื่อนไหวข้อต่อเพื่อให้กล้ามเนื้อทำงานได้เร็วขึ้น ซึ่งจะส่งผลต่อสมรรถภาพของร่างกาย ทั้งในนักกีฬาและบุคคลโดยทั่วไปที่ต้องการการออกกำลังกายอย่างต่อเนื่อง โดยไม่มีอาการบาดเจ็บมารบกวน โดยเฉพาะในนักกีฬา จะทำให้นักกีฬาสามารถแสดงความสามารถได้อย่างเต็มที่

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของการฟื้นตัวของกล้ามเนื้อที่ระบมจากการออกกำลังกายด้วยการนวดด้วยน้ำแข็ง การนวดด้วยน้ำแข็งร่วมกับการแช่ในน้ำ และการนวดด้วยน้ำแข็งร่วมกับการออกกำลังกายในน้ำ

2. เพื่อเปรียบเทียบผล การนวดด้วยน้ำแข็ง การนวดด้วยน้ำแข็งร่วมกับการแช่ในน้ำ และการนวดด้วยน้ำแข็งร่วมกับการออกกำลังกายในน้ำ ที่มีต่อการฟื้นตัวของกล้ามเนื้อที่ระบมจากการออกกำลังกาย

สมมติฐานการวิจัย

การนวดด้วยน้ำแข็ง การนวดด้วยน้ำแข็งร่วมกับการแช่น้ำ และการนวดด้วยน้ำแข็งร่วมกับการออกกำลังกายในน้ำมีผลต่อการฟื้นตัวของกล้ามเนื้อที่ระบมจากการออกกำลังกายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ขอบเขตของการวิจัย

1. ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักศึกษาเพศหญิงที่มีอายุประมาณ 19 - 21 ปี ของวิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนี จังหวัดนครศรีธรรมราช และกำลังศึกษาอยู่ในปีการศึกษา 2549 จำนวน 80 คน

2. การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง

3. ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วย

3.1 ตัวแปรอิสระ (independent variable) คือโปรแกรมการฟื้นตัวของกล้ามเนื้อจากการระบม 3 วิธีคือการนวดด้วยน้ำแข็ง การนวดด้วยน้ำแข็งร่วมกับการแช่ในน้ำและการนวดด้วยน้ำแข็งร่วมกับการออกกำลังกายในน้ำ

3.2 ตัวแปรตาม (dependent variable) คือ การฟื้นตัวของกล้ามเนื้อจากการระบม ได้แก่ ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ช่วงการเคลื่อนไหวของข้อเข่า การปวดระบมของกล้ามเนื้อ การบวมของกล้ามเนื้อ และระดับความเข้มข้นของเอ็นไซม์ ครีเอทีนไคเนสในเลือด

ข้อตกลงเบื้องต้น

1. กลุ่มตัวอย่างต้องไม่ได้รับการออกกำลังกายด้วยแรงต้านแบบกล้ามเนื้อเหยียดยาวที่เฉพาะเจาะจงมาก่อน การทดสอบ

2. กลุ่มตัวอย่างต้องไม่ได้รับประทานยาลดการอักเสบ ยาแก้ปวดทุกประเภทมาอย่างน้อย 1 สัปดาห์ ก่อนการทดสอบ

3. กลุ่มตัวอย่างงดการออกกำลังกายทุกประเภท 1 วัน ก่อนการทดสอบเพื่อให้กลุ่มตัวอย่างได้พักผ่อนและป้องกันการบาดเจ็บเสียหายที่อาจเกิดขึ้น งดดื่มน้ำและงดรับประทานอาหารทุกชนิดในระหว่างที่กำลังทำการทดสอบ และขณะได้รับโปรแกรมเพื่อให้กล้ามเนื้อฟื้นตัวจากการบาดเจ็บ

4. ขณะได้รับโปรแกรมเพื่อให้กล้ามเนื้อฟื้นตัวจากการบาดเจ็บ กลุ่มตัวอย่างต้องไม่ได้รับการทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัวด้วยวิธีอื่นร่วมด้วย เช่น การยืดเหยียดกล้ามเนื้อ การนวด หรือการรักษาทางยา เป็นต้น

5. ผู้วิจัยเป็นผู้เก็บข้อมูลทุกครั้ง และผู้เข้าร่วมวิจัยสามารถถอนตัวออกได้ทันทีเมื่อมีเหตุอันควร

6. กลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มที่ได้รับการทำให้กล้ามเนื้อเกิดการระบมจากการออกกำลังกายและเห็นชอบในการทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัวตามวิธีของผู้วิจัย โดยลงชื่อในใบยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย

7. การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยกระทำภายใต้จรรยาบรรณวิชาชีพกายภาพบำบัดและผู้เข้าร่วมวิจัยได้รับการปฏิบัติตามสิทธิผู้ป่วยทุกประการ

นิยามศัพท์

การฟื้นตัวของกล้ามเนื้อ (recovery) หมายถึง การที่กล้ามเนื้อสามารถซ่อมแซมส่วนที่มีการบาดเจ็บเสียหายและสามารถกลับมาทำหน้าที่โดยมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับภาวะปกติ โดยสังเกตได้จากความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ช่วงการเคลื่อนไหวของข้อเข่า ความเจ็บปวดระบมของกล้ามเนื้อ เส้นรอบวงของขา และระดับความเข้มข้นของเอ็นไซม์ ครีเอทีนไคเนสในเลือด

การนวดด้วยน้ำแข็ง (ice massage) หมายถึง การทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัว ด้วยการคลึงบริเวณกล้ามเนื้อด้วยก้อนน้ำแข็ง โดยไม่มีแรงกดหรือนวดส่วนที่ได้รับบาดเจ็บเป็นเวลา 15 นาที และให้นั่งพักเฉย ๆ บนเก้าอี้เป็นเวลา 15 นาที

การนวดด้วยน้ำแข็งร่วมกับการแช่ในน้ำ (ice massage with water immersion) หมายถึง การทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัว ด้วยการคลึงบริเวณกล้ามเนื้อด้วยก้อนน้ำแข็งโดยไม่มีแรงกด หรือนวดส่วนที่ได้รับบาดเจ็บเป็นเวลา 15 นาที หลังจากนั้นให้แช่ร่างกายในน้ำระดับอก เป็นเวลา 15 นาที

การนวดด้วยน้ำแข็งร่วมกับการออกกำลังกายในน้ำ (ice massage with aquatic exercise) หมายถึง การทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัว ด้วยการคลึงบริเวณกล้ามเนื้อด้วยก้อนน้ำแข็ง โดยไม่มีแรงกดหรือนวดส่วนที่ได้รับบาดเจ็บเป็นเวลา 15 นาที หลังจากนั้นให้ออกกำลังกายในน้ำเป็นเวลา 15 นาที โดยมีการเคลื่อนไหวในรูปแบบต่าง ๆ ตามโปรแกรม กระทำขณะร่างกายแช่อยู่ในน้ำระดับอก โดยอาศัยคุณสมบัติของน้ำที่ทำให้กล้ามเนื้อเคลื่อนไหวได้ง่ายขึ้น คือ แรงลอยตัวของน้ำ

การระบมของกล้ามเนื้อจากการออกกำลังกาย (exercise induce delayed onset muscle soreness) หมายถึง การออกกำลังกายที่ทำให้กล้ามเนื้อเกิดการระบมโดยมีอาการที่แสดงคือ มีการเพิ่มขึ้นของเอนไซม์ครีเอทีนไคเนสในเลือดสูงขึ้น การมีช่วงการเคลื่อนไหวของข้อต่อลดลง ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อลดลง มีการบวมของกล้ามเนื้อและมีระดับความเจ็บปวดระบมกล้ามเนื้อสูงขึ้น

ครีเอทีนไคเนส (creatine kinase) หมายถึง เอ็นไซม์ที่ใช้ในการเร่ง adenosine diphosphate (ADP) และ phospocreatine ให้เป็นสารที่ให้พลังงาน คือ adenosine triphosphate (ATP) และครีเอทีน และใช้เป็นสิ่งบ่งชี้ถึงการที่มีความเสียหายของกล้ามเนื้อภายหลังจากการออกกำลังกาย โดยสารนี้จะผ่านออกจากกล้ามเนื้อ และกระจายมาสู่เส้นเลือด มีหน่วยเป็น ยูนิตต่อลิตร (U/L)

ช่วงการเคลื่อนไหวของข้อต่อ (range of motion) หมายถึง ค่าปกติขององศาการเคลื่อนไหว โดยสำหรับข้อเข่าองศาปกติในการงอประมาณ 130-140 องศาและเหยียดได้ 0 องศา

ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (muscle strength) หมายถึง ประสิทธิภาพของกล้ามเนื้อในการออกแรงสูงสุด เมื่อกล้ามเนื้อหดตัว 1 ครั้งมีหน่วยเป็น กิโลกรัม

เส้นรอบวงของขา (limb girth) หมายถึง ค่าที่ได้จากการวัดเส้นรอบวงของต้นขา ที่แสดงถึงการบวมของกล้ามเนื้อขา โดยมีการคั่งของของเหลวในเซลล์กล้ามเนื้อ เนื่องมาจากฉีกขาดของเยื่อหุ้มเซลล์กล้ามเนื้อทำให้ของเหลวผ่านออกจากเซลล์กล้ามเนื้อและคั่งอยู่ในช่องว่างระหว่างเซลล์กล้ามเนื้อ มีหน่วยเป็นเซนติเมตร

ระดับความเจ็บปวดกล้ามเนื้อ (perceived muscle soreness rating) หมายถึง ค่าที่แสดงระดับความเจ็บปวดของกล้ามเนื้อโดยวัดความรู้สึกปวดแล้วแสดงค่าออกมาเป็นตัวเลขโดยการทำเครื่องหมายลงบนเส้นตรง ณ จุดที่คิดว่าแทนระดับความเข้มของความรู้สึกเจ็บปวดในขณะนั้น ที่ปลายข้างหนึ่งของเส้นมีคำว่าไม่มีความเจ็บปวดเลย และที่ปลายอีกข้างมีคำว่า มีความเจ็บปวดมากที่สุดเท่าที่จะมีได้ คะแนนความเข้มของความรู้สึกเจ็บปวดที่วัดได้มาจากระยะห่างที่วัดจากจุดที่ไม่มีความเจ็บปวด ไปถึงเครื่องหมายที่ทำไว้ มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร

การตรวจเอกสาร

ผู้วิจัยได้ทำการค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมีหัวข้อต่าง ๆ ดังนี้

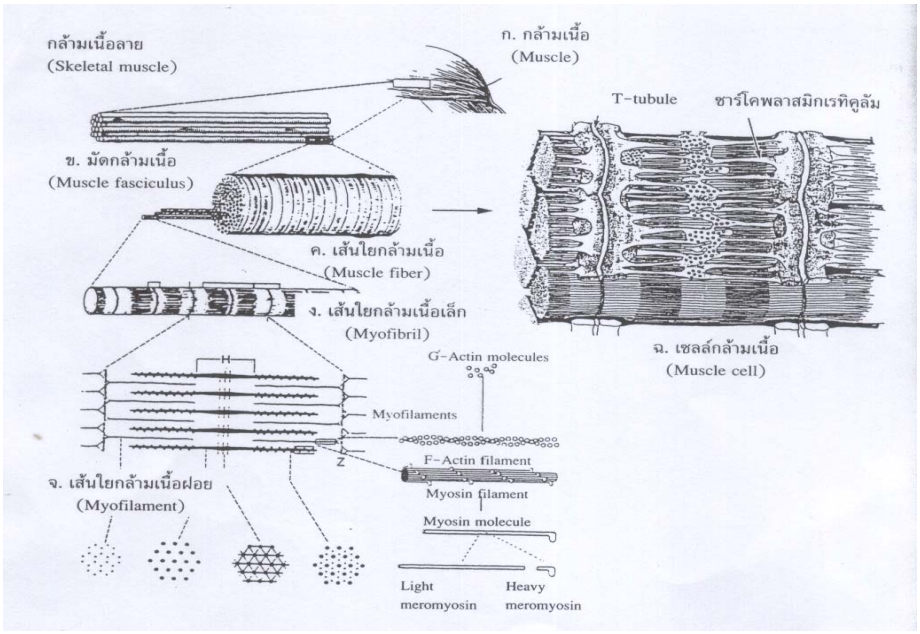
1. ลักษณะทางกายวิภาคของกล้ามเนื้อ
2. การทำงานของกล้ามเนื้อ
3. การบาดเจ็บของกล้ามเนื้อภายหลังการออกกำลังกาย
4. การรักษาด้วยความเย็น
5. การออกกำลังกายในน้ำ

ลักษณะทางกายวิภาคของกล้ามเนื้อ

กล้ามเนื้อลายเป็นกล้ามเนื้อที่มีขนาดเซลล์ค่อนข้างใหญ่ มีลักษณะโครงสร้างที่เด่นชัด ทำให้ง่ายต่อการศึกษา ดังนั้นการศึกษาส่วนใหญ่จึงใช้กล้ามเนื้อลายเป็นหลักและใช้ความรู้ต่าง ๆ จากการศึกษากล้ามเนื้อลายเป็นต้นแบบในการเปรียบเทียบกับกล้ามเนื้อชนิดอื่น ๆ (กัลยพงษ์, 2545)

โครงสร้างของกล้ามเนื้อลาย (structure)

กล้ามเนื้อลายประกอบขึ้นด้วยเซลล์หรือใยกล้ามเนื้อ (muscle fiber) เป็นจำนวนมากเรียงขนานกันและอยู่รวมกันเป็นมัด โดยปลายทั้งสองข้างของมัดกล้ามเนื้อจะยึดติดกับเอ็นซึ่งยึดติดกับกระดูกอีกทีหนึ่ง เส้นใยกล้ามเนื้อแต่ละเส้นประกอบขึ้นด้วยหน่วยย่อย ๆ เรียกว่าเส้นใยกล้ามเนื้อเล็กหรือไมโอบริล (myofibril) ในแต่ละไฟบริลประกอบขึ้นด้วย เส้นใยกล้ามเนื้อฝอยหรือไมโอฟิลาเมนต์ (myofilament) ซึ่งนับว่าเป็นหน่วยย่อยที่สุดของกล้ามเนื้อ ในกล้ามเนื้อมีเส้นใยกล้ามเนื้อฝอยที่สำคัญอยู่สองชนิดคือเส้นใยกล้ามเนื้อฝอยแบบหนา (thick filament) และเส้นใยกล้ามเนื้อฝอยแบบบาง (thin filament)



ภาพที่ 1 แสดงลักษณะโครงสร้างและองค์ประกอบภายในของกล้ามเนื้อ

ที่มา: Guyton and Hall (1997)

เซลล์กล้ามเนื้อลาย (muscle fiber)

เซลล์มีรูปร่างเป็นทรงกระบอกมีองค์ประกอบต่าง ๆ ภายในเซลล์เหมือนเซลล์ทั่วไป ผนังที่ห่อหุ้มเซลล์เรียกว่า ซาร์โคเลมมา (sarcolemma) เซลล์กล้ามเนื้อลายมีนิวเคลียส (nucleus) จำนวนหลายอันเรียงรายอยู่บริเวณขอบ ๆ ของเซลล์ ภายในไซโทพลาสซึมหรือซาร์โคพลาสซึม (sarcoplasm) มี thick และ thin filaments มากมายซึ่งเป็น organlles ที่มีมากที่สุดในเซลล์กล้ามเนื้อ นอกจากนั้นจะพบไมโทคอนเดรีย (mitochondria) และเอนโดพลามิกเรทิคูลัม (endoplasmic reticulum) หรือเรียกอีกชื่อว่า ซาร์โคพลาสมิกเรคิคูลัม (sarcoplasmic reticulum, SR) แทรกตัวอยู่ทั่วไประหว่างไฟบริล

ระบบซาร์โคทิวบูลาร์ (sarcotubular system)

เซลล์กล้ามเนื้อจะถูกล้อมรอบด้วยโครงสร้างที่มีลักษณะเป็นท่อ 2 ชนิด คือ SR ซึ่งเป็นท่อตามยาวที่วิ่งขนานไปกับไฟบริล และแผ่ออกคล้ายกับม่านโอบล้อมไฟบริลแต่ละเส้นไว้ (ภาพที่1ฉ)

นอกจากนี้ไฟบริลยังถูกล้อมรอบด้วยท่อตามขวางอีกชนิดหนึ่ง เรียกว่า transverse tubule (T-tubule) ซึ่งเกิดจากผนังเซลล์ที่ยื่นเข้าไปภายในเซลล์ ดังนั้น ช่องว่างใน T-tubule จึงถือว่าเป็นส่วนนอกของ Terminal cisterna ซึ่งภายในจะบรรจุแคลเซียม (Ca^{++}) ไว้มากมาย บริเวณที่ T-tubule ถูกขนาบด้วย terminal cisterna ไว้ทั้ง 2 ข้าง เรียกว่าไทรแอด (triad)

คุณสมบัติทางกลศาสตร์ของกล้ามเนื้อลาย (mechanical properties)

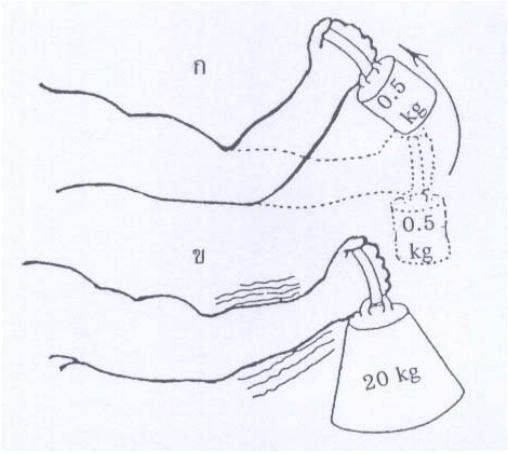
โดยทั่วไปการหดตัวของกล้ามเนื้อเกิดจากการหดสั้นขององค์ประกอบซึ่งหดตัวได้ (contractile component, CC) ซึ่งได้แก่ ใยกล้ามเนื้อ แต่เนื่องมาจากกล้ามเนื้อมีองค์ประกอบ อีลาสติก (elastic component) ได้แก่ เอ็นที่ยึดหัวท้ายเซลล์กล้ามเนื้อ ผนังของเซลล์กล้ามเนื้อซึ่งเรียงตัวอยู่ด้วยทั้งแบบขนานและแบบต่อเนื่องกับใยกล้ามเนื้อ ดังนั้นกล้ามเนื้อจึงมีความสามารถที่จะหดตัวได้โดยที่ความยาวของกล้ามเนื้อทั้งมัดอาจจะไม่เปลี่ยนแปลงไปเลย การหดตัวของกล้ามเนื้อแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด (Ganong, 1998) คือ

1. การหดตัวแบบแรงตึงคงที่ (isotonic contraction) ประกอบด้วย

1.1 การหดตัว (shortening) กล้ามเนื้อหดตัวโดยที่ความยาวของกล้ามเนื้อลดลงแต่แรงตึง (tension) ในกล้ามเนื้อคงที่ (ภาพที่ 2 ก) เช่น การหดตัวของกล้ามเนื้อในขณะที่กำลังยกวัตถุซึ่งน้ำหนักของวัตถุนั้นน้อยกว่าแรงที่เกิดจากการหดตัวของกล้ามเนื้อ ทำให้วัตถุเคลื่อนที่ได้จึงเกิดงานขึ้นเนื่องจากน้ำหนักวัตถุคงที่แรงตึงที่เกิดจากการยกวัตถุในขณะนั้นจะคงที่

1.2 การยืดของกล้ามเนื้อ (lengthening) การหดตัวของกล้ามเนื้อชนิดนี้เกิดขึ้นเมื่อแรงที่มากระทำมีค่ามากกว่าแรงที่เกิดจากการหดตัวของกล้ามเนื้อ ทำให้กล้ามเนื้อถูกยืดออกและมีความยาวเพิ่มขึ้นในขณะเดียวกันกล้ามเนื้อก็ออกแรงต้านน้ำหนักนั้นอยู่ เช่น เกิดขึ้นในขณะที่ลงบันไดหรือทางชันหรือขณะที่วางน้ำหนักที่มีน้ำหนักมาก

2. การหดตัวแบบความยาวคงที่ (isometric contraction) กล้ามเนื้อหดตัวโดยที่ความยาวของกล้ามเนื้อไม่เปลี่ยนแปลงแต่แรงตึงในกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 2ข) การหดตัวแบบนี้เกิดขึ้นเมื่อแรงต้านเท่ากับแรงการหดตัวของกล้ามเนื้อ การหดตัวนี้ไม่สามารถเคลื่อนวัตถุชิ้นนั้นได้ จึงไม่มีงานเกิดขึ้น ร่างกายเราพบได้ในกล้ามเนื้อขาที่กำลังทำงานในขณะที่ยืนทรงตัว



ภาพที่ 2 แสดงชนิดของการหดตัวของกล้ามเนื้อ

ก.การหดตัวแบบแรงดึงคงที่ (isotonic contraction) เกิดขึ้นในขณะที่ถือวัตถุน้ำหนักคงที่จำนวนหนึ่ง

ข.การหดตัวแบบความยาวคงที่ (isometric contraction) เกิดขึ้นในขณะที่พยายามจะยกวัตถุหนักมากจำนวนหนึ่ง

ที่มา: Ganong (1998)

การทำงานของกล้ามเนื้อ

การทำงานของกล้ามเนื้อ คือการที่กล้ามเนื้อหดตัวที่มีการเปลี่ยนแปลงทั้งทางด้านเมคานิคส์และการเปลี่ยนแปลงทางไฟฟ้าร่วมด้วย โดยการเปลี่ยนแปลงทางไฟฟ้าเป็นการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญที่ทำให้เกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อ ทำให้เกิดการเร้าและการหดตัวของกล้ามเนื้อลาย (excitation – contraction coupling, EC coupling) EC coupling เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องตั้งแต่กล้ามเนื้อถูกเร้าไปจนถึงกล้ามเนื้อเกิดการตอบสนองด้วยการหดตัว (Ganong, 1998) แบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอนใหญ่ ๆ ดังต่อไปนี้

1. การเร้ากล้ามเนื้อ (excitation of skeletal muscle)
2. การส่งสัญญาณบริเวณไทรแอด(triad propagation)
3. การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีของฟิลาเมนต์ (biochemical changes of filament)
4. การหดตัวของกล้ามเนื้อ (contraction of muscle)
5. การคลายตัวของกล้ามเนื้อ (relaxation of muscle)

การเร้ากล้ามเนื้อ (excitation of skeletal muscle)

การทำงานของกล้ามเนื้อลายอยู่ภายใต้อำนาจจิตใจซึ่งสั่งงานออกมาในรูปของสัญญาณประสาทจากระบบประสาทส่วนกลาง จากเซลล์ประสาทมอเตอร์นิวรอนซึ่งอยู่ในไขสันหลัง เมื่อสัญญานประสาทส่งมาถึงปลายประสาทบริเวณรอยต่อกับกล้ามเนื้อที่เรียกว่า นิวโรมัสคิลล่าจังชั่น (neuromuscular junction) ทำให้มีการหลั่งสารสื่อประสาทจากปลายประสาท ได้แก่ อะซิทิลโคลีน (acetylcholine) ซึ่งแพร่ข้ามช่องว่างซินแนปส์ (synaptic cleft) ไปจับกับรีเซปเตอร์ (receptor) ที่อยู่บนมอเตอร์เอ็นเพลท (moter endplate) ของเซลล์กล้ามเนื้อ ทำให้คุณสมบัติของเยื่อหุ้มเซลล์กล้ามเนื้อเปลี่ยนแปลง โดยเพิ่ม permeability ของเยื่อหุ้มเซลล์ต่อโซเดียมอิออน ทำให้เกิดดีโพราไรเซชั่น (depolarization) หรือการเปลี่ยนแปลงความต่างศักย์ทางไฟฟ้าที่เรียกว่า เอ็นเพลทโพเทนเชียล (end plate potential) ขึ้นในบริเวณมอเตอร์เอ็นเพลท เอ็นเพลทโพเทนเชียลนี้ไม่สามารถส่งผ่านไปยังบริเวณอื่น ๆ ของเซลล์ แต่ถ้ามีขนาดสูงถึงเทรดโฮลด์ (threshold) จะทำให้เกิดแอคชั่นโพเทนเชียล (action potential)ในกล้ามเนื้อ และจะถูกส่งผ่านไปตามเยื่อหุ้มเซลล์และผนังของ T-tubule มีการส่งสัญญาณบริเวณไทรแอด (triad) ทำให้มีการหลั่งของแคลเซียมจากซาร์โคพลาสมิกเรทิคูลัม (sarcoplasmic reticulum)

การส่งสัญญาณบริเวณไทรแอด (triad propagation)

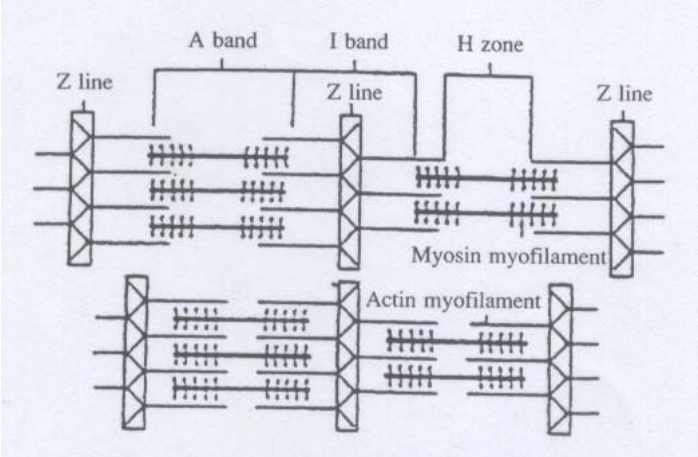
บริเวณที่ T- tubule และส่วนปลายของซาร์โคพลาสมิกเรทิคูลัม ที่เรียกว่า terminal cisterna มาพบกันมีการพัฒนาไปมีลักษณะพิเศษโดยที่ T-tubule จะมีโปรตีนที่ทำหน้าที่เป็นตัวรับรู้สัญญาณไฟฟ้าที่เรียกว่าไดไฮโดรไพริดีนรีเซปเตอร์ (dihydropyridine receptor, DHP) และอยู่ตรงกันข้ามกับโปรตีนไรยาโนดีนรีเซปเตอร์ (ryanodine receptor) ซึ่งเป็นโปรตีนที่อยู่บน terminal cisterna ของ SR ไรยาโนดีนรีเซปเตอร์นี้ทำหน้าที่เป็นช่องแคลเซียม (calcium channel) สามารถปล่อยแคลเซียม จาก SR ได้ในอัตราเร็วสูง เมื่อแอกชั่นโพเทนเชียลเดินทางเข้าสู่ T-tubule จะทำให้ DHP ตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงศักย์ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นที่เยื่อหุ้มเซลล์ DHP ในบริเวณที่มีประจุไฟฟ้า (gating domains) เกิดการเคลื่อนไหว และส่งผลไปทั่วโมเลกุลของ DHP รวมทั้งไรยาโนดีนรีเซปเตอร์ด้วย ดังนั้นทำให้ไรยาโนดีนรีเซปเตอร์ ปล่อยแคลเซียมออกมา

การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีของฟิลาเมนต์ (biochemical changes)

เมื่อกล้ามเนื้ออยู่ในระยะพักทั้ง thick และ thin filament ต่างอยู่เป็นอิสระต่อกัน ไม่มีการจับตัวระหว่างแอกทิน (actin) และไมโอซิน (myosin) หรือไม่มี cross-bridge เกิดขึ้น เนื่องจากการรวมตัวของ troponin-I และโทรโพไมโอซิน (troponin – troprmysin complex) ไปยับยั้งการจับตัวระหว่างแอกทินและไมโอซิน โดยที่โทรโพไมซินจะปิดบังตำแหน่งบนแอกทิน (myosin binding site) ไม่ให้หัวของไมโอซินมาเกาะ จึงทำให้กล้ามเนื้อไม่หดตัว เมื่อกล้ามเนื้อถูกกระตุ้น Ca^{++} จาก SR จะจับกับ troponin-C มีผลให้โมเลกุลของโทรโพไมโอซินขยับตัวออกลงไปอยู่ในร่องของ fibrous actin และเปิดตำแหน่งบนแอกทินให้หัวของไมโอซินเกาะกับแอกทิน ดังนั้นไมโอซินจึงจับกับแอกทินได้เป็นผลให้กล้ามเนื้อหดตัว

การหดตัวของกล้ามเนื้อ (contraction of muscle)

เมื่อไมโอซินจับกับแอกทิน พลังงานซึ่งเก็บสะสมไว้ในหัวของไมโอซินถูกปล่อยออกมาและใช้ไปในการเคลื่อนที่ของหัวของไมโอซินเข้าสู่บริเวณ H-zone ซึ่งเป็นจุดศูนย์กลางของซาร์โคเมียร์ การเคลื่อนที่ของไมโอซินนี้เรียกว่า เพาเวอร์สโตรก (power stroke) ซึ่งส่วนหัวของไมโอซินที่ยื่นออกมามีลักษณะคล้ายเป็นสะพาน (cross-bridge) นี้จะทำหน้าที่ดึงแอกทินหรือ thin filament ให้เข้าหาจุดศูนย์กลางของซาร์โคเมียร์ จากนั้นหัวของไมโอซินหรือ cross-bridge จะหลุดออกจากตำแหน่งเดิมเพื่อไปจับกับตำแหน่งใหม่ของแอกทินตัวต่อไปแรงตึงจากการหดตัวจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับจำนวน cross-bridge ที่เกิดขึ้น เมื่อจำนวน cross-bridge มากที่สุดแรงตึงจากการหดตัวของกล้ามเนื้อจะสูงที่สุด



ภาพที่ 3 แสดงทฤษฎีการเลื่อนตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อ (sliding filament theory)

ที่มา: Ganong (1998)

ขณะที่กล้ามเนื้อหดตัวพบว่า ความกว้างของ Anisotropic band (A-band) ไม่เปลี่ยนแปลง ความยาวของ thick และ thin filament คงเดิม ในขณะที่ความกว้างของซาร์โคเมียร์ Isotropic band (I-band) และ H-Zone จะแคบลง นั่นแสดงว่าการหดตัวของกล้ามเนื้อเกิดจากการเลื่อนตัวของ thin filament เข้าหา thick filament การหดตัวในลักษณะนี้เรียกว่า ทฤษฎีการเลื่อนตัวของ ฟิลาเมนต์ (sliding filament theory หรือ cross-bridge theory)

การคลายตัวของกล้ามเนื้อ (relaxation of muscle)

ขณะที่กล้ามเนื้อหดตัว จะรวมตัวกับ TN- C ในช่วงนั้นการจับของ แคลเซียม กับ TN-C จะอยู่ได้เพียงชั่วครู่เดียวแคลเซียม จะถูกปั๊มกลับ SR โดยการทำงานของเอนไซม์ Ca^{++} ATPase ที่อยู่บริเวณผนังของ SR การปั๊มแคลเซียม กลับ SR ต้องใช้พลังงานจาก ATP เมื่อแคลเซียมรอบไมโอไฟบริล ลดต่ำลง กล้ามเนื้อคลายตัวเนื่องจากไม่มีการจับตัวระหว่างแอกทิน และไมโอซิน หรือไม่มี cross-bridge เกิดขึ้น ถ้าเอนไซม์ Ca^{++} ATPase หรือปั๊มแคลเซียม (active pump ของ Ca^{++}) ไม่ทำงาน การจับตัวระหว่างแอกทินและไมโอซินจะคงอยู่ต่อไป กล้ามเนื้อไม่สามารถคลายตัวได้ สภาวะเช่นนี้เรียกว่า คอนแทรคเจอร์ (contracture)

การบาดเจ็บของกล้ามเนื้อภายหลังการออกกำลังกาย

การเปลี่ยนแปลงทางด้านจุลกายวิภาค (microanatomy) และโครงสร้างภายในเซลล์กล้ามเนื้อ จากการเสียหายเพียงเล็กน้อยจะพบว่า sarcomeres ของเซลล์กล้ามเนื้อได้รับความเสียหายที่แสดงให้เห็นเป็นปรากฏการณ์ที่เรียกว่า Z line streaming ซึ่งมีการรุกล้ำเข้าไปใน A band และมีการทำลายลายเส้นใยกล้ามเนื้อ ยิ่งไปกว่านั้นการเสียหายที่รุนแรงมากขึ้น พบว่ามีการทำลายเกิดขึ้นใน cytoskeletal และ myofibrillar เกิดการบวม (oedema) มีการเสียหายรุกล้ำเข้าไปถึงใน mononuclear cell มีการฝ่อลีบของเส้นใยกล้ามเนื้อ และเซลล์กล้ามเนื้อตาย (necrosis) ในที่สุด การซ่อมแซมจะเกิดขึ้นภายใน 10 วัน เมื่อมีการบาดเจ็บเล็กน้อย และใช้เวลามากกว่า 3 สัปดาห์ เมื่อมีการบาดเจ็บเสียหายที่รุนแรง (Clarkson and Newham, 1995) การเพิ่มขึ้นของแรงตึงที่เกิดขึ้นบริเวณ cross – bridge ในขณะกล้ามเนื้อหดตัวเป็นกลไกหนึ่งที่เป็นสาเหตุของ การเสียหายทำลายโครงสร้างภายในเส้นใยกล้ามเนื้อ โดยเฉพาะบริเวณ Z line และ Contractile filaments การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นที่ Z line เชื่อว่ามีการสูญเสียของ alpha - actin และ Vimentin (MacIntyre *et al*., 1995) นอกจากนี้ยังมีการทำลายของ connective tissue โดยเฉพาะตรงบริเวณ endomysium ทำให้เยื่อหุ้มเซลล์ฉีกขาด (Stauber, 1996)

การเสียหายที่รุนแรงมากขึ้นของโครงสร้างกล้ามเนื้อ มีกลไกที่ใช้อธิบาย โดยมีการสะสมของแคลเซียมใน intercellular cell ของกล้ามเนื้อ ทำให้กล้ามเนื้อหดเกร็งไม่คลายตัว โดยส่วนใหญ่จะเกิดในเส้นใยชนิดหดตัวเร็ว (fast twitch) และส่งผลทำให้เกิดการล้าของกล้ามเนื้อ และเกิดแข็งเกร็ง (stiffness) ทำให้การฟื้นตัวของ ATP ไม่สามารถเกิดขึ้นได้ อันเป็นผลมาจากการเสียหายทำลายของเส้นใยกล้ามเนื้อที่ถูกยืดในขณะหดตัว (Clarkson and Newham, 1995)

การเสียหายของ sarcolemma ส่งผลต่อการทำลายสมดุลของแคลเซียม ในเซลล์กล้ามเนื้อ ทั้งนี้มีการเพิ่มขึ้นของแคลเซียมใน intracellular และทำให้เกิดการเสื่อมของ contratile protein และเยื่อหุ้มเซลล์ โดยแคลเซียมจะไปกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ protease และ phospholipidase ซึ่งเอ็นไซม์นี้ใช้เป็นตัวบ่งบอกถึงการทำลายเส้นใยกล้ามเนื้อ และเยื่อหุ้มเซลล์กล้ามเนื้อได้ เช่นเดียวกับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนส ที่วัดได้ในเลือด ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อลดลง (Tiidus, 1997)

ภายหลังจากมีการเสียหายของกล้ามเนื้อจะพบ intramuscular protein เล็ดลอดผ่านเข้าไปในกระแสเลือด ได้แก่ creatine kinase (CK), myoglobin, lactate dehydrogenase, aspartate, aminotranferase, myosin heavy chain fragment ซึ่งพบว่ามีความเข้มข้นสูงขึ้นภายหลังจากการออกกำลังกายแบบ eccentric เป็นเวลา 24 – 72 ชั่วโมง การที่มีความเสียหายของกล้ามเนื้อ ภายหลังการออกกำลังกายมักเกิดขึ้นกับผู้ที่ไม่ค่อยได้ออกกำลังกายโดยส่วนใหญ่เกิดในกล้ามเนื้อที่มีการทำงานแบบ eccentric contraction มากกว่า isometric และ concentric contraction (Clarkson and Newham, 1995)

อาการแสดงที่มักพบได้แก่

1. การปวดระบมกล้ามเนื้อ (muscle soreness) โดยเกิดขึ้น 2 แบบ ในแบบแรกจะเกิดขึ้นทันที และอีกแบบจะเกิดขึ้นภายหลังจากการออกกำลังกายไปประมาณ 24 ถึง 48 ชั่วโมง (Delayed onset Muscle Soreness) และยังมีอาการอยู่อีกหลายวัน ขึ้นอยู่กับระดับสมรรถภาพ (fitness) และความแข็งแรงของแต่ละบุคคล (Pauletto, 1991) มีหลายเหตุผลที่ใช้อธิบายสาเหตุ ของอาการปวด Smith (1991) เชื่อว่าการบวมและมีการคั่งของ ของเหลวภายในเซลล์โดยเฉพาะในช่องว่างระหว่างเซลล์ เป็นบริเวณที่มีการขยายตัวได้น้อย เป็นสาเหตุให้เกิดแรงดันที่ไปกระตุ้นตัวรับความรู้สึกปวด คือ free nerve ending โดยอาการปวดมักเกิดในขณะมีการเคลื่อนไหว หรือเมื่อมีแรงกด เช่น การบีบนวด แต่อย่างไรก็ตาม Clarkson and Newham (1995) เชื่อว่าสารเคมีที่ร่างกายหลั่งออกมาในขบวนการอักเสบ ได้แก่ bradykinin, serotonin และ histamine ไปกระตุ้นตัวรับความเจ็บปวด ทำให้เกิดอาการปวดในที่สุด

2. การเพิ่มขึ้นของเอนไซม์ในพลาสมา ได้แก่ CK, lactate dehydrogeness (LDH), myoglobin, aspartase, aminotranferase เป็นต้น ซึ่งตรวจพบภายหลัง 24 - 72 ชั่วโมง โดยมีการหลั่งเข้าออกนอกเซลล์เนื่องจากมีการฉีกขาดของเยื่อหุ้มเซลล์กล้ามเนื้อ และการกำจัดออกอย่างช้า ๆ จึงทำให้เกิดการบวมขึ้น (Clarkson and Newham, 1995)

3. การลดลงของช่วงการเคลื่อนไหวข้อต่อ (ROM) โดยเกิดจากกล้ามเนื้อหดเกร็งค้างไว้ (muscle spasm) อันเป็นผลมาจากการเพิ่มสัญญาณกระตุ้นต่อ muscle spindle ที่ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการตึงตัวของกล้ามเนื้อ (Eston and Peters, 1999)

4. การลดลงของความแข็งแรงและสมรรถภาพสูงสุดของกล้ามเนื้อที่หดตัว พบว่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อลดลงมากกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ และจะคงอยู่เป็นเวลา 10 วัน (Clarkson and Sayers, 1999) โดยการสูญเสียความแข็งแรง มาจากการยับยั้งการเคลื่อนไหวจากการปวด แต่การสูญเสียความแข็งแรงจะเกิดก่อนอาการปวด ดังนั้นอาการปวด กับการสูญเสียความแข็งแรงจึงมีความสัมพันธ์กันน้อยมาก การที่มีการยืดมากเกินไปของซาร์โคเมียร์ และการลดลงของการจับกันระหว่างแอคตินกับไมโอซินน่าจะเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้มีการสูญเสียความแข็งแรง (Clarkson and Newham, 1995) การล้าของกล้ามเนื้อจากการลดลงของแคลเซียม ที่เกิดขึ้นจากการทำลาย sarcoplasmic reticulum อาจเป็นสาเหตุให้กล้ามเนื้อทำงานได้น้อยลง (Westerbald *et al.,*1993)

5. กล้ามเนื้อแข็งเกร็ง (muscle stiffness) ที่เกิดขึ้นเป็นผลมาจากการบวม (swelling) และการคั่งของของเหลวในเซลล์กล้ามเนื้อ (Clarkson and Sayers, 1999) การหดสั้นเข้าของกล้ามเนื้อขึ้นเอง เป็นผลมาจากมีความผิดปกติของการสะสมแคลเซียม ภายในเซลล์กล้ามเนื้ออันเนื่องมาจากการฉีกขาดของเยื่อหุ้มเซลล์กล้ามเนื้อ หรือจากการทำหน้าที่ของ sarcoplasmic reticulum ที่ผิดปกติไป (Clarkson and Newham, 1995) การเกิดการแข็งเกร็งของกล้ามเนื้อที่เพิ่มขึ้นทันที เป็นผลมาจากความไม่สมดุลของแคลเซียม และจะมีอาการมากที่สุดในวันที่ 4 และลดลงในวันที่ 7 ถึง วันที่ 11 ที่เกิดจากการลดลงของการบวม (Chleboun *et al*., 1998)

การซ่อมแซม (healing process)

การบาดเจ็บแต่ละครั้งนอกจากจะต้องทราบสาเหตุ และกลไกแล้ว ยังต้องทราบว่าร่างกายมีการฟื้นตัวให้หายจากการบาดเจ็บได้อย่างไร และมีวิธีใดที่สามารถเร่งหรือยับยั้งการฟื้นตัวนี้บ้าง เพื่อที่จะได้ให้การรักษาจนสามารถกลับไปออกกำลังกายต่อได้อย่างรวดเร็ว

ในทางพยาธิวิทยาเนื้อเยื่อแม้จะต่างชนิดกันแต่ก็มีกลไกการตอบสนองพื้นฐานที่เหมือนกัน เพียงแต่ระยะเวลาในการซ่อมแซมจะแตกต่างกัน เนื่องด้วยเนื้อเยื่อแต่ละอย่างมีโครงสร้างซับซ้อนแน่นหนาต่างกัน นอกจากนี้ระยะเวลาการหายยังขึ้นอยู่กับความรุนแรงของการบาดเจ็บว่ามีการสูญเสียของเซลไปมากน้อยเพียงใด

การอักเสบแบบเฉียบพลัน (acute Inflammation)

การอักเสบแบบเฉียบพลันคือ การบาดเจ็บที่มีระยะอักเสบสั้น หรือได้รับการบาดเจ็บเพียงครั้งเดียว กลไกการตอบสนองต่อการอักเสบแบบเฉียบพลันแบ่งเป็น 2 ระยะ ดังต่อไปนี้ (สุวิทย์, 2545)

ระยะที่ 1 การอักเสบ (inflammatory phase)

เมื่อเกิดการบาดเจ็บต่อเนื้อเยื่อใด ๆ จะทำให้เนื้อเยื่อนั้นฉีกขาดหรือชอกช้ำ เมื่อพิจารณาลงไปในระดับเซลล์จะพบการตายของเซลล์ในเนื้อเยื่อนั้น เช่น เมื่อกล้ามเนื้อนั้นเคล็ด เซลล์กล้ามเนื้อส่วนนั้นจะเสื่อมหน้าที่และตายไป เนื้อเยื่อส่วนใหญ่ประกอบไปด้วยเส้นใยที่แตกต่างกัน ไม่เว้นแม้แต่กระดูกเส้นใยเหล่านี้อาจฉีกขาดได้จากการบาดเจ็บ เช่น เมื่อกล้ามเนื้อถูกกระแทก เส้นใยกล้ามเนื้อก็จะฉีกจะทำให้กล้ามเนื้อไม่สามารถหดตัวได้เต็มที่

ทันทีที่เกิดการบาดเจ็บเส้นเลือดจะหดตัว (vasoconstriction) ประมาณ 5-10 นาที ต่อมาจึงเริ่มมีการขยายตัว (vasodilatation) เล็กน้อย เพื่อให้เลือดมาเลี้ยงบริเวณที่บาดเจ็บมากขึ้น โดยปกติผนังของเส้นเลือดจะมีรูกระจายอยู่ทั่วไปเหมือนกับเป็นรูตะแกรง ปกติพวกเม็ดสาร เช่น โปรตีน เม็ดเลือด ฯลฯ ภายในเส้นเลือดไม่สามารถเล็ดลอดออกไปได้ ดังนั้นเมื่อเส้นเลือดขยายตัว รูตะแกรงจะขยายตัวออกพอสมควรทำให้โปรตีนในพลาสมา และของเหลวเล็ดลอดออกไปได้ เซลล์ที่เสื่อมและตายจะกระตุ้นให้มีการหลั่งสารเคมีตัวกลาง (chemotaxic agent) เพื่อไปกระตุ้นเม็ดเลือดขาว และเซลล์กำจัดขยะ (macrophage)ให้เคลื่อนตัวเข้ามาทำลาย การทำลายเซลล์ที่เสื่อมและตายไปนี้จะกระตุ้นให้เกิดสารเคมีตัวกลางเช่นกัน สารเคมีตัวกลางเหล่านี้ได้แก่

1. Platelet derived growth factors (PDGF) จะดึงดูดเม็ดเลือดขาวชนิด polymorphonuclcar และ macrophage ให้มาจับกิน และเพิ่มความสามารถในการถ่ายผ่าน (permeability) 100 – 10,000 เท่า และมากกว่า histamine

2. Histamine, serotonin และ kinin มีผลต่อ poscapillar venale

3. Prostaglandin (PGE1, PEG2) กระตุ้นให้มีการขยายตัวของหลอดเลือด

สารเหล่านี้จะกระตุ้นให้เส้นเลือดมีการขยายตัว (vasodilatation) มากกว่าเดิมหลายเท่า จะทำให้รูตะแกรงนี้ขยายถ่างออกเพียงพอที่จะทำให้น้ำเลือดหรือพลาสมา (plasma) ซึ่งรวมเอาเม็ดสารต่าง ๆ ซึมออกมากองอยู่ในช่องว่างระหว่างเซลล์ได้ง่ายขึ้น ด้วยเหตุนี้จึงทำให้บริเวณที่อักเสบมีอาการบวมตามมา นอกจากนี้การขยายตัวของเส้นเลือดมีความหมายว่าปริมาตรเส้นเลือดมากขึ้นด้วย ดังนั้นจึงมีเลือดมากองที่เส้นเลือดในบริเวณอักเสบนี้ด้วยในการบาดเจ็บบางครั้งมีความรุนแรงถึงขั้นทำให้เส้นเลือดฝอยฉีกขาดได้ ทำให้เลือดไหลออกจากเส้นเลือดที่ขาดและสะสมระหว่างเซลล์ หากไม่ได้ให้การรักษาปริมาณการสะสมของเลือดที่ไหลออกมานี้จะขึ้นกับกระบวนการห้ามเลือดตามธรรมชาติ ในกรณีเช่นนี้การบวมจะเกิดมากขึ้นกว่าปกติ

สารเคมีตัวกลางบางตัวที่เกิดขึ้นจากการทำลายเซลล์จะไปมีปฏิกิริยาเพิ่มเติมอีก 3 อย่าง คือ

1. Prostaglandin จะกระตุ้นให้เกิดอาการปวดด้วยการกระตุ้นที่ปลายประสาทรับความเจ็บปวด ดังนั้นถ้าจำกัดการเกิดสารเคมีตัวนี้ได้ ก็จะทำให้ไม่ปวด จึงเป็นวิธีที่นำมาใช้ในการผลิตยาลดความเจ็บปวด

2. เหนี่ยวนำให้เม็ดเลือดขาวและเซลกำจัดขยะ มาจับกินของเสียที่เกิดขึ้นมากขึ้น ดังนั้นถ้ามีการบาดเจ็บรุนแรง มีของเสียมาก เม็ดเลือดขาวและเซลกำจัดขยะก็จะมาช่วยเหลือมาก

3. เหนี่ยวนำให้เซลล์สร้างเส้นใยกล้ามเนื้อ เข้ามาในบริเวณที่บาดเจ็บเพื่อเตรียมสร้างเส้นใยกล้ามเนื้อต่อไป

ของเสียที่เกิดขึ้นถือว่าเป็นขยะที่ต้องกำจัดทิ้ง เพราะถ้ามีการสะสมอยู่จะทำให้เนื้อเยื่อนั้นทำงานไม่สะดวก เช่น กล้ามเนื้อหดตัวได้ไม่เต็มที่ เอ็นไม่แข็งแรง ฯลฯ ของเสียเหล่านี้มีส่วนผสมหลายอย่างด้วยกัน หากเซลที่ตาย สารที่ซึมออกมาจากเส้นเลือดที่ขยายตัว ได้แก่ เม็ดโปรตีน สารแขวนลอยอื่น ๆ เกล็ดเลือด เม็ดเลือดแดง หรืออาจเป็นเส้นใยของเนื้อเยื่อที่ฉีกขาดและไม่สามารถประสานกันได้แล้ว

ระยะที่ 2 การซ่อมสร้าง (repair phase)

เป็นระยะที่คาบเกี่ยวกับระยะแรก ระยะนี้จะต่างจากระยะแรกก็ตรงที่มีการจับกินของเสียไปทั่วบริเวณ ทำให้เกิดกระบวนการอักเสบยาวนานได้ถ้าไม่มีการควบคุม การอักเสบที่เกิดขึ้นจะทำให้เกิดการบวมเฉพาะที่เป็นผลให้เกิดการขาดออกซิเจนในบริเวณนั้นซึ่งกระตุ้นให้เกิดการแทรกตัวของเส้นเลือดใหม่เข้ามาแทน (neovascularization or revascularization) เส้นเลือดเก่าที่ฉีกขาดไปกลายเป็นร่างแห่เส้นเลือดฝอย การไหลเวียนเลือดในบริเวณที่บาดเจ็บที่ดีขึ้นนี้มีความจำเป็นต่อการซ่อมแซมสร้างเป็นอย่างยิ่ง เพราะเป็นตัวลำเลียงออกซิเจนมาเลี้ยงเซลที่สร้างเส้นใย และเซลที่กำลังมีการขยายตัวอื่น ในกรณีที่เส้นเลือดมิได้ฉีกขาดแต่มีการขยายตัวแล้วทำให้น้ำเลือดซึมออกจากเส้นเลือดได้นั้น หากไม่ได้รับการรักษา การซึมก็ยังคงเกิดขึ้น จนกว่าไม่มีสารเคมีตัวกลางมากระตุ้นให้เกิดการขยายตัวอีก

การรักษาด้วยความเย็น

การรักษาโดยการใช้ความเย็น (cryotherapy) เป็นอีกวิธีหนึ่งที่ใช้ในการพาความร้อนออกจากร่างกาย และทำให้เนื้อเยื่อบริเวณนั้นมีอุณหภูมิต่ำลง (Knight, 1995) การรักษาด้วยความเย็นนั้นจะรวมถึงการใช้น้ำแข็งและถุงน้ำเย็น (cold pack) ซึ่งจะใช้แรงกดก็ได้ การแช่น้ำเย็น (cold water immersion) การใช้ความเย็นร่วมกับการออกกำลังกาย (cryokinetic) และการใช้ความเย็นร่วมกับการยืด (cryostretch) วิธีการเหล่านี้ อาจใช้รักษาการบาดเจ็บของเนื้อเยื่ออ่อน โดยได้ผลดีในการลดบวมและลดการอักเสบ Eston and Peters (1999)ได้รายงานไว้ว่า การแช่น้ำเย็นหลังจากมีการออกกำลังกายแบบ eccentric สามารถลดความเข้มข้นของครีเอทีนไคเนส (CK) และเพิ่มช่วงการเคลื่อนไหว (ROM) แต่ไม่ได้ผลดีต่อการปวดระบมของกล้ามเนื้อ

Grant (1964) เป็นคนแรกที่ได้อธิบายถึงผลของการนวดด้วยน้ำแข็ง โดยเริ่มต้นด้วยการใช้ลดปวดก่อน ในผู้ป่วยที่เป็นทหารที่มีอาการปวดกล้ามเนื้อ ต่อมา Gulick *et al* . (1996) พบว่าการรักษาโดยการนวดน้ำแข็งทันทีเพียงอย่างเดียวได้ผลดีสำหรับการรักษาการระบมกล้ามเนื้อแต่ผลการรักษาอยู่ได้ไม่นาน Yackzan *et al.* (1984) รายงานว่า การนวดด้วยน้ำแข็งทันที ภายหลัง 24 หรือ 48 ชั่วโมง ไม่ได้ผลต่อการลดการระบมของกล้ามเนื้อ ถึงแม้ว่าการนวดด้วยน้ำแข็งที่แนะนำให้ทำซ้ำในวันต่อมาได้ และ Isabell *et al.* (1992) แนะนำว่า การนวดด้วยน้ำแข็งเป็นเวลามากกว่า 96 ชั่วโมง หลังการออกกำลังกาย อาจเป็นข้อห้ามที่ใช้รักษาการระบมของกล้ามเนื้อ

Howatson and Van Someren (2003) รายงานว่า การนวดด้วยน้ำแข็งมีผลต่อการลดลงของเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนส ภายหลัง 72 ชั่วโมงจากการออกกำลังกาย แต่ไม่ได้ให้ผลดีต่ออาการ และอาการแสดงอื่น ๆ ของการบาดเจ็บกล้ามเนื้อ ได้แก่ การปวดระบมของกล้ามเนื้อ ช่วงการเคลื่อนไหวของข้อต่อ ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และการบวมของกล้ามเนื้อ

ผลทางสรีรวิทยา

การรักษาด้วยความเย็นที่นำมาใช้ ภายหลังเกิดการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อนั้น ทำให้กล้ามเนื้อมีการฟื้นตัวได้เร็วขึ้นโดยมีการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา (Meeusen and Lievens, 1986) ดังนี้

1. ลดปวดจากการทำให้ชา เนื่องจากไปบล็อกเส้นประสาทที่นำความเจ็บปวด

2. ลดการอักเสบและลดบวม โดยหยุดการขยายตัวของหลอดเลือด ทำให้เส้นเลือดหดตัวและห้ามเลือดกรณีที่เส้นเลือดฉีกขาดร่วมด้วย

3. ลดการเกร็งตัวของกล้ามเนื้อ

ข้อห้ามและข้อควรระวัง

การรักษาด้วยความเย็นเป็นวิธีการที่นำมาใช้ สำหรับการบาดเจ็บของเนื้อเยื่อที่มีการบาดเจ็บแบบเฉียบพลัน และทำให้เกิดการอักเสบขึ้น แต่การใช้ความเย็นนั้นต้องใช้อย่างระมัดระวัง ซึ่งมีข้อห้ามและข้อควรระวัง ดังต่อไปนี้

1. โรคที่ทำให้การไหลเวียนผิดปกติ เช่น เบาหวาน โรคเส้นเลือดตันหรือโป่งพอง
2. ผิวหนังไวต่อความเย็น
3. มะเร็ง
4. ผิวหนังเสียความรู้สึก
5. ผู้สูงอายุที่มีผิวหนังแห้งแตกง่าย
6. เด็กที่ไม่เข้าใจ ต้องใช้อย่างระมัดระวัง
7. ไม่ควรใช้ในบริเวณหลอดเลือดแดงก้านคอ (carotid artery)

การรักษาด้วยความเย็น

การรักษาด้วยความเย็นเป็นวิธีการที่ทำให้เนื้อเยื่อที่มีการบาดเจ็บมีอุณหภูมิลดลง ส่งผลให้สามารถควบคุมการอักเสบของเนื้อเยื่อ โดยมีการใช้หลายรูปแบบ ดังต่อไปนี้

1. เย็นแบบจุ่ม (ice immersion) ทำได้โดยใช้น้ำผสมน้ำแข็งให้ได้อุณหภูมิประมาณ 0-4 องศาเซลเซียส หรือในอัตราส่วนน้ำต่อน้ำแข็ง เท่ากับ 2 ต่อ 1 หรืออาจจะ0ให้น้ำแข็งละลายน้ำหมดพอดี หากต้องการให้เย็นมากก็ผสมให้น้ำแข็งละลายเกือบหมดหรือเหลือน้ำแข็งลอยอยู่บนผิวหน้าของน้ำเล็กน้อยตามความเหมาะสม ใช้กับมือและข้อมือ หรือเท้าและข้อเท้า ทำให้เนื้อเยื่ออื่นเย็นและปวดด้วย จึงต้องระวังเป็นพิเศษอาจให้จุ่มและยกขึ้นเป็นพัก ๆ ในช่วงแรก ต่อมาให้แช่อย่างต่อเนื่อง

Eston and Peters (1999) ได้ศึกษาผลของการแช่น้ำเย็นที่มีต่ออาการแสดงของการเสียหายของกล้ามเนื้อภายหลังการออกกำลังกายแบบ eccentric ในผู้หญิง 15คน ที่ออกกำลังกายกล้ามเนื้อต้นแขนด้านหน้า (elbow flexers) แบบ eccentric โดย 7 คนเป็นกลุ่มควบคุม และ 8 คนได้รับการรักษาด้วยการแช่น้ำที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ทุก 12 ชั่วโมง รวมทั้งหมด 7 ครั้ง ผลการวิจัยพบว่าในกลุ่มที่แช่น้ำเย็น ระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนสลดลงได้เร็วกว่ากลุ่มควบคุม และช่วงการเคลื่อนไหวของข้อศอกเพิ่มมากขึ้นได้ดีกว่ากลุ่มควบคุม แต่การแช่น้ำเย็นไม่มีผลต่อการปวดระบมของกล้ามเนื้อ และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่สูญเสียไป

2. เย็นแบบประคบ (packing) ทำได้โดยใช้อุปกรณ์ 2 ชนิดคือ ถุงน้ำแข็ง (ice pack) และถุงเจล (cold or gel pack) การเตรียมถุงน้ำแข็งโดยการใส่น้ำแข็งบดในถุงพลาสติก กำจัดลมออกให้หมดจากถุง ปิดปากถุงให้มิดชิดเพื่อกันน้ำรั่ว (ควรใช้ถุงเย็น) เสร็จแล้วประคบบริเวณที่ได้รับบาดเจ็บ ต้องระวังผิวหนังไหม้ ควรทาโลชั่น หรือ baby oil ก่อนที่ประคบ หรืออาจใช้ผ้าขนหนูชุบน้ำหมาด ๆ รองไว้ชั้นหนึ่งก่อน มักใช้วางประคบธรรมดา หรืออาจจะใช้ผ้ายืดเพื่อให้เกิดแรงกดดันใช้ในกรณีลดบวม และต้องการลดอุณหภูมิให้เร็วขึ้น ต้องระมัดระวังผิวหนังไหม้ และใช้เวลาให้น้อยลง หากต้องการลดความเย็น อาจผสมน้ำเข้าไปด้วยเล็กน้อยเพื่อเพิ่มอุณหภูมิ ใช้ได้กับทุกบริเวณ แต่อาจไม่ทั่วถึงเท่ากับจุ่ม เหมาะกับบริเวณใหญ่ ถ้าใช้น้ำแข็งบดจะทำให้เข้าถึงได้เกือบทุกบริเวณกว่าน้ำแข็งก้อน

3. เย็นแบบคลึง (ice massage) ทำได้โดยคลึงบริเวณที่ปวดด้วยน้ำแข็งก้อน ห้ามกดหรือออกแรงนวดเพราะจะทำให้ส่วนที่ได้รับบาดเจ็บเกิดการชอกช้ำมากขึ้นไปอีก มักใช้เวลาน้อย ประมาณ 3-10 นาที เนื่องจากเป็นความเย็นที่เกิดจากน้ำแข็งโดยตรง มิเช่นนั้นแล้วผิวหนังอาจไหม้ได้ ก้อนน้ำแข็งสามารถทำได้เองโดยใช้อุปกรณ์ทำไอศกรีมแท่ง หรือถ้วยพลาสติกเล็ก ๆ ใส่น้ำแล้วแช่ช่องแช่แข็ง (Freezer) ไว้จนแข็งตัวมักใช้กับบริเวณเล็ก หรือกรณีที่ต้องการใช้น้ำแข็งคลึงให้ทั่วบริเวณ

4. เย็นแบบพ่น (cooling spray) ทำได้โดยใช้สเปรย์พ่นห่างจากส่วนของร่างกายประมาณ 45 ซม. พ่นให้ตั้งฉากเป็นแนวยาวจากจุดที่เจ็บไปยังจุดเกาะต้นของกล้ามเนื้อ หรือเนื้อเยื่ออื่น ความเร็วประมาณ 4 นิ้วต่อวินาที สำหรับกรณีที่มีจุดเจ็บเฉพาะที่ ไม่ควรใช้เวลาเกิน 6-12 วินาที ทำซ้ำประมาณ 3-4 ครั้ง เนื่องจากสเปรย์ที่ใช้พ่นเพื่อให้ความเย็นนี้มักมีราคาแพง ทำลายบรรยากาศเป็นสาร chlorofluorocarbon; CFC ในต่างประเทศมีการผลิตสเปรย์ที่ไม่ใช้สารนี้มากมาย ผิวหนังไหม้ได้ง่ายที่สุด และให้ผลในระยะเวลาสั้นมาก ควรใช้เมื่อมีอาการปวดมาก ซึ่งวิธีการใช้ความเย็นแบบอื่นไม่ได้ผล

5. เย็นแบบขยับ (cryokinetic) ทำได้โดยมีการให้เคลื่อนไหวไปพร้อมกับการให้ความเย็น โดยให้ความเย็นวิธีใดก็ได้ประมาณ 5-10 นาที หลังจากนั้นจึงยืดกล้ามเนื้อหรือให้ออกกำลังกายโดยการเคลื่อนไหวเบา ๆ ใช้เพื่อเพิ่มการไหลเวียนเลือด และลดกลไกการด้านทานการเคลื่อนไหว เพื่อให้ผู้ป่วยเคลื่อนไหวได้เร็วขึ้น

หลักการทั่วไปสำหรับการใช้ความเย็น

1. ใช้เวลาประมาณ 15-20 นาที ประมาณ 4-6 ครั้งใน 24-72 ชั่วโมง หลังการบาดเจ็บต่อมาลดลงตามอาการปวดและบวมที่ลดลง

2. ควรให้ความเย็นหลังการบาดเจ็บโดยเร็วที่สุด ไม่ควรนานเกินกว่า 15 นาที

3. ไม่ใช้เมื่อมีอาการแพ้ในคนที่ไร้ความรู้สึกในบริเวณนั้น และมีปัญหาการไหลเวียนเลือด

การออกกำลังกายในน้ำ

การเคลื่อนไหวส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย โดยเฉพาะแขนขาในขณะที่ร่างกายแช่อยู่ในน้ำ โดยน้ำมีคุณสมบัติเป็นตัวกลาง ที่เหมาะสมสำหรับการออกกำลังกาย และการฟื้นฟู โดยเมื่อยืนอยู่ในน้ำที่ระดับความลึกต่างกันน้ำหนักตัวจะมีการเปลี่ยนแปลง น้ำที่ระดับเอวน้ำหนักตัวจะเหลือ 54 เปอร์เซ็นต์ น้ำที่ระดับอก น้ำหนักตัวเหลือ 25 เปอร์เซ็นต์ และน้ำที่ระดับเสมอหัวไหล่น้ำหนักตัวจะลดลง 90 เปอร์เซ็นต์ น้ำช่วยลดความเครียดของระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อ และมีผลต่อการเคลื่อนไหวของข้อต่อ ช่วยผ่อนคลายและเอื้อให้เกิดการเคลื่อนไหวของร่างกายได้ง่ายโดยไม่เจ็บปวด การออกกำลังกายในน้ำได้มีการนำมาใช้เพื่อการรักษามากขึ้น ทั้งในผู้ป่วยระบบประสาท เช่น ใน spinal cord injury, cerebral palsy, multiple sclerosis และในกลุ่มโรคกระดูกและข้อต่อ เช่น ปวดหลัง ปัญหาของข้อไหล่ ข้อเข่าและสะโพก (Meyer, 1990)

การออกกำลังกายในน้ำอาศัยน้ำเป็นตัวกลางในการเคลื่อนไหว โดยนำคุณสมบัติของน้ำ ได้แก่ แรงลอยตัว (buoyancy) การเคลื่อนที่ของน้ำ (turbulence) แรงดันตามความลึกของน้ำ (hydrostatic pressure) ความหนืดของน้ำ(viscosity) และอุณหภูมิของน้ำ (temperature) (Stiskal, 2003) ซึ่งขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการนำคุณสมบัติของน้ำไปใช้ แรงลอยตัวของน้ำช่วยให้เคลื่อนไหวโดยกล้ามเนื้อออกแรงไม่มาก แรงต้านที่เกิดจากความหนืดของน้ำทำให้กล้ามเนื้อต้องออกแรงมากขึ้น สามารถเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อได้ น้ำที่อุณหภูมิที่ต่างกันทำให้เกิดการตอบสนองที่ต่างกัน อุณหภูมิของน้ำที่ระดับ 31-33 องศาเซลเซียส เหมาะสำหรับเพิ่มความอ่อนตัวได้ดี ที่ระดับ 28 องศาเซลเซียสเหมาะสำหรับการออกกำลังกายในหญิงตั้งครรภ์ และอุณหภูมิของน้ำที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 24-33 องศาเซลเซียส (Huey and Forster, 1993)

ผลทางสรีรวิทยาของการแช่ร่างกายในน้ำ

เมื่อร่างกายแช่อยู่ในน้ำจะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาขึ้น ทั้งในขณะพักและขณะออกกำลังกาย โดยการเปลี่ยนแปลงของร่างกายที่เกิดขึ้นในขณะพักเป็นผลมาจากแรงดันของน้ำ และที่สำคัญคือการไหลเวียนกลับของเลือดที่มาจากส่วนปลายมือปลายเท้า (Arborelius *et al*., 1972) โดยความดันของหลอดเลือดดำหัวใจห้องบนขวา (right atrial venous) เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของ แรงบีบตัวของหัวใจ (stroke volume; SV) การเพิ่มขึ้นทั้งแรงบีบตัวของหัวใจ (SV)

และปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจในเวลา 1 นาที (cardiac output; CO) ในขณะที่อัตราการเต้นของหัวใจ (heart rate; HR) ลดลงหรือไม่มีการเปลี่ยนแปลงซึ่งแสดงได้จากสมการ

HR X SV = CO

ตารางที่ 1 แสดงการเปลี่ยนแปลงทาง สรีรวิทยาของระบบไหลเวียนเลือด ขณะร่างกายแช่ในน้ำ

ค่าที่วัด	การตอบสนอง
Right atrial venous pressure	increase (8 to 12 mm Hg)
Heart blood volume	increase (180 to 250 ml)
Cardiac output	increase (25%)
Stroke volume	increase (25%)
Central venous pressure	increase
Heart rate	remain the same or decrease slightly
Systemic blood pressure	remain the same or decrease slightly

ที่มา: Wilder *et al*. (1993)

การเปลี่ยนแปลงของอัตราการเต้นของหัวใจมีความสัมพันธ์กับระดับความลึกของน้ำ ตำแหน่งของร่างกายขณะอยู่ในน้ำและการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของระบบไหลเวียนเลือด การเปลี่ยนแปลงของฮอร์โมนและปัสสาวะเกิดได้ในขณะที่แช่ร่างกายในน้ำ ยิ่งไปกว่านั้นแรงดันของน้ำยังมีผลต่อการขยายตัวของทรวงอก อาจเกิดปัญหาในแต่ละบุคคลโดยมีการลดลงของความจุปอด (lung capacity) มีการหายใจลำบากส่งผลให้กลัวที่จะออกกำลังกายในน้ำได้ การเปลี่ยนแปลงของระบบหัวใจไหลเวียน ขณะร่างกายแช่ในน้ำและการตอบสนองของระบบหัวใจไหลเวียนขณะออกกำลังกาย โดยเฉพาะอัตราการเต้นของหัวใจที่เป็นผลจาการฝึกในน้ำจะมีการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าการออกกำลังกายบนบก (Wilder *et al.,*1993) โดยทั่วไปอัตราการเต้นของหัวใจ ขณะออกกำลังกายในน้ำลึกจะต่ำกว่า อัตราการเต้นของหัวใจ ขณะออกกำลังกายบนบกประมาณ 17 ครั้งต่อนาที (McArdle *et al*., 1991)

อุณหภูมิของน้ำมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของระบบหัวใจไหลเวียน โดยน้ำอุ่นทำให้ระบบหัวใจไหลเวียนทำงานหนักขึ้น ดังนั้นควรหลีกเลี่ยงการใช้อุณหภูมิที่สูงมากเกินไป อุณหภูมิของน้ำที่ควรใช้ในนักกีฬาที่มักมีการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อ และเนื้อเยื่อรอบข้อต่อ อยู่ระหว่าง 27 - 28 องศาเซลเซียส แต่ในการฟื้นฟูโดยทั่วไปของนักกีฬา อุณหภูมิของน้ำที่ไม่ส่งผลกระทบต่อระบบระบบหัวใจไหลเวียน และมีความปลอดภัยขณะออกกำลังกายในน้ำ อยู่ระหว่าง 33 -34 องศาเซลเซียส

การออกกำลังกายในน้ำได้ถูกนำนาใช้เพื่อการฟื้นตัวของกล้ามเนื้อภายหลังออกกำลังกายมากขึ้น โดยเฉพาะการแช่ร่างกายในน้ำโดยไม่มีการออกกำลังกายร่วมด้วย ทำให้ร่างกายเกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาโดยผลของแรงดันน้ำ (hydrostatic pressure) และอุณหภูมิน้ำ เมื่อร่างกายแช่อยู่ในน้ำ น้ำจะพยายามออกแรงกระทำต่อร่างกาย ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโดยมีการเพิ่มการขนส่งแลกเปลี่ยนของสารละลายต่าง ๆ จากกล้ามเนื้อ เพิ่มปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจและเพิ่มความสามารถขนส่งสารเคมีของร่างกาย อีกทั้งแรงลอยตัวของน้ำยังช่วยลดอาการปวดและเมื่อยล้ากล้ามเนื้อ แรงดันของน้ำเมื่อร่างกายแช่ในน้ำจะสัมพันธ์กับความลึกของน้ำ โดยร่างกายอยู่ในน้ำที่ลึกมากขึ้น แรงดันของน้ำที่กระทำต่อร่างกายจะมากขึ้นด้วยดังสมการ

$$\mathbf{P = P\,atm \times g \times \rho \times h}$$

P = แรงดันน้ำ , g = แรงดึงดูดของโลก

Patm = แรงดันบรรยากาศ ρ = ความหนาแน่นของน้ำ

h = ความลึกของน้ำ

เมื่อร่างกายมีแรงดันมากระทำมากขึ้น อากาศและของเหลวต่าง ๆ ในร่างกายจะมีการเคลื่อนย้ายไปยังบริเวณที่มีแรงดันน้อยกว่า (Bove, 2002) ในขณะที่ยืนแช่น้ำระดับสะโพกจะมีการเคลื่อนย้ายของเหลวจากขาไปยังทรวงอก ซึ่งช่วยให้มีการขับของเสียออกจากกล้ามเนื้อไปสู่กระแสเลือดได้ดีขึ้น (Vaile, 2003) โดยเพิ่มความสามารถในการแพร่กระจายกรดแลคติกออกจากกล้ามเนื้อได้ดีขึ้นทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัวจากการล้าได้เร็วขึ้น (Coffey *et al*., 2004) แรงดันน้ำยังมีผลต่อการบวมจากการระบมของกล้ามเนื้อภายหลังการออกกำลังกาย จึงทำให้มีการขนส่งออกซิเจนไปยังกล้ามเนื้อลดลงส่งผลให้เซลล์กล้ามเนื้อถูกทำลายมากขึ้น (Friden and Lieber, 2001) โดยแรงดันน้ำไปช่วยลดการซึมผ่านของ leucocytes และ monocytes ที่เกิดจากการทำลายเซลล์

กล้ามเนื้อในระยะแรกของการอักเสบ ทำให้สามารถลดบวมได้ ทั้งยังทำให้ระดับเซลล์ที่เกิดจากการอักเสบและเอ็นไซม์ของกล้ามเนื้อที่ออกมาสู่กระแสเลือดลดลง (Vaile *et al*., 2004) การบวมที่ลดลงนี้ทำให้เพิ่มความสามารถของการฟื้นตัวได้ดียิ่งขึ้น ดังนั้นการแช่น้ำอาจเป็นวิธีทางหนึ่งที่สามารถนำมาใช้เพื่อการฟื้นตัวของกล้ามเนื้อที่ระบมจากการออกกำลังกายได้

Vaile *et al*. (2004) ได้ศึกษาผลการฟื้นตัวของกล้ามเนื้อแบบ passive recovery และการแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็น (contrast therapy) ที่มีต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเป็นเวลา 15 นาที โดยวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อทุก ๆ 24, 48 และ72 ชั่วโมง พบว่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่ได้รับการฟื้นตัวแบบ passive recovery มีการลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่ในกลุ่มที่ได้รับการฟื้นตัวแบบแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็น ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อก่อนและหลังออกกำลังกายไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

Wilcock *et al*. (2006)ได้ศึกษาผลการฟื้นตัวของกล้ามเนื้อโดยการแช่ในน้ำ การฟื้นตัวแบบ active recovery และการฟื้นตัวแบบ passive recovery ที่มีต่อสมรรถภาพของกล้ามเนื้อ ภายหลังออกกำลังกายอย่างหนัก ในกลุ่มตัวอย่าง 7 คน โดยศึกษาความสามารถในการคงสภาพกำลังสูงสุดของกล้ามเนื้อ และเปรียบเทียบองค์ประกอบของของพลาสมา รวมถึงความรู้สึกเมื่อยล้า ในแต่ละวิธีของการทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัว โดยให้กลุ่มตัวอย่างกระโดดให้สูงที่สุด 20 ครั้ง 3 เซต ให้พักระหว่างเซต 1 นาที และในทันทีหลังจากการกระโดด ให้มีการฟื้นตัวของกล้ามเนื้อด้วยวิธีต่าง ๆ 10 นาที โดย วิธีแรก มีการฟื้นตัวของกล้ามเนื้อแบบ active recovery โดยปั่นจักรยาน 10นาทีแล้วนั่งพัก วิธีที่ 2 ให้แช่ร่างกายในน้ำระดับ gluteal fold ที่อุณหภูมิ 19 องศาเซลเซียสแล้วให้นั่งพัก วิธีที่ 3 ให้ปั่นจักรยานแล้วนั่งพัก และวิธีที่ 4ให้นั่งพักเฉย ๆ พบว่ากำลังสูงสุดและงานของกล้ามเนื้อ องค์ประกอบของพลาสมา รวมถึงความรู้สึกเมื่อยล้า ที่วัดได้จากการฟื้นตัวของกล้ามเนื้อในแต่ละวิธีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่ในกลุ่มที่มีการฟื้นตัวแบบ active recovery กำลังสูงสุดและงานของกล้ามเนื้อลดลงต่ำกว่า ในกลุ่มที่มีการฟื้นตัวแบบ passive recovery ความรู้สึกเมื่อยล้า ในกลุ่มที่มีการฟื้นตัวแบบ active recovery มีการฟื้นตัวได้เร็วกว่าในกลุ่มที่มีการฟื้นตัวแบบ passive recovery โดยผู้วิจัยให้เหตุผลว่าเวลาที่ใช้ในการทำให้มีการฟื้นตัวของกล้ามเนื้อน้อยเกินไปในแต่ละครั้ง ควรใช้เวลาที่มากกว่า 15 นาที โดยสังเกตว่าการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบของพลาสมาจะยังไม่เกิดขึ้นจนกระทั่งอย่างน้อย 10 นาทีจึงเริ่มมีการเปลี่ยนแปลง ดังนั้นการทำให้มีการฟื้นตัวของกล้ามเนื้อแบบ active recovery และการแช่ร่างกายในน้ำจะไม่ได้ประโยชน์ถ้าใช้เวลาน้อยกว่า 15 นาที

ประโยชน์ของการออกกำลังกายในน้ำเพื่อการฟื้นตัวภายหลังการบาดเจ็บจากการออกกำลังกาย

1. เพิ่มช่วงการเคลื่อนไหวโดยอาศัยแรงลอยตัวของน้ำ

2. ลดแรงกระแทก แรงเครียด ลดการบาดเจ็บที่ข้อต่อและเนื้อเยื่ออ่อน สามารถหลีกเลี่ยงการบาดเจ็บซ้ำ

3. กล้ามเนื้อเกิดการผ่อนคลาย ลดความเจ็บปวดได้

4. ช่วยเพิ่มความแข็งแรง ความอดทน พลังและความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อทำให้เกิดความมั่นคงของข้อต่อ

5. การไหลวนของน้ำช่วยทำให้ระบบไหลเวียนทำงานได้ดีขึ้น เพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของระบบหายใจและไหลเวียนเลือด

6. เกิดแรงต้านในทุกทิศทางในขณะเคลื่อนไหวซึ่งเป็นการเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อได้อย่างสมดุล

7. การเหน็ดเหนื่อยเกิดได้ช้า เนื่องจากมีการระบายความร้อนออกจากร่างกายได้ดี

8. เหมาะสำหรับการฟื้นฟูจากอาการบาดเจ็บต่างๆ

ข้อจำกัดและความปลอดภัยของการออกกำลังกายในน้ำ

การออกกำลังกายในน้ำ เป็นการออกกำลังกายที่ใช้ในการฟื้นฟูผู้ป่วยและสามารถนำมาใช้เพื่อการส่งเสริมสุขภาพได้เป็นอย่างดีแต่มีข้อจำกัดและความปลอดภัยที่ต้องคำนึงถึง ดังนี้ (กนกทิพย์, 2548)

1. เป็นการออกกำลังกายที่ต้องใช้สระน้ำ

2. ต้องมีอุปกรณ์ที่ช่วยพยุงเพื่อให้ร่างกายลอยอยู่ได้ในน้ำ

3. หลีกเลี่ยงการออกกำลังกายในขณะอยู่ตามลำพัง

4. ผู้ที่แพ้คลอรีน อาจเกิดปฏิกิริยารบกวนต่อผิวและเส้นผมได้จึงควรทาน้ำมันหรือโลชั่นป้องกันก่อนลงสระน้ำ

5. เป็นการออกกำลังกายที่มีความหนักระดับปานกลาง ควรทดสอบระดับความเจ็บปวดของผู้ปฏิบัติเป็นระยะ แต่หากขณะออกกำลังกายมีอาการปวดมากขึ้น ให้ออกกำลังกายต่อสักระยะถ้ายังปวดมาก ให้หยุดออกกำลังกายทันที

6. มีการอบอุ่นและยืดเหยียดกล้ามเนื้อ ก่อนและหลังออกกำลังกาย

ประโยชน์ของการออกกำลังกายที่มีต่อการระบมของกล้ามเนื้อ

การทำงานของกล้ามเนื้อโดยการหดตัวเบา ๆ พบว่าทำให้มีการไหลเวียนเลือดในกล้ามเนื้อได้อย่างมีประสิทธิภาพกว่าการได้รับการนวดด้วยมือ การที่มีไหลเวียนที่ดีจะช่วยส่งเสริม กระบวนการซ่อมแซม ดังนั้นการออกกำลังกายเบา ๆ สามารถช่วยสนับสนุนกระบวนการซ่อมแซมเนื้อเยื่อที่เสียหายได้ และการออกกำลังกายเบา ๆ ต่อเนื่องจากการออกกำลังกายแบบ eccentric contraction สามารถลดการปวดระบมกล้ามเนื้อได้ (Tiidus, 1997) การออกกำลังกายเบา ๆ โดยทันทีต่อเนื่องหลังจากมีการออกกำลังกายอย่างหนัก ช่วยให้การไหลเวียนเลือดดีขึ้น ทำให้การขนส่งออกซิเจนและสารอาหารทำได้ดี ซึ่งเป็นการช่วยการฟื้นตัวจากการล้าของกล้ามเนื้อ โดยช่วยในการนำแลคเตรต และไฮโดรเจนออกจากเซลล์กล้ามเนื้อ การที่มีไฮโดรเจนอิออนมากขึ้นเป็นสาเหตุให้มีการลดลงของโปรแตสเซียมในกล้ามเนื้อ มีการเพิ่มการสลายฟอสโฟครีเอทีน (phosphocreatine) และมีการเพิ่มขึ้นของคาร์บอนไดออกไซด์ การที่มีไฮโดรเจนเกิดขึ้นจะไปรบกวนความสามารถในการหดตัวของกล้ามเนื้อ โดยการไปลดจำนวนการจับกันระหว่างแอคตินกับไมโอซิน

Hasson *et al.* (1989) ได้ศึกษาการทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัวภายหลังจากการออกกำลังกายแบบ eccentric contraction ไปแล้ว 24 ชั่วโมง ด้วยการออกกำลังกายให้กล้ามเนื้อมีการหดตัวเร็ว ๆ โดยให้ออกกำลังกายแบบ concentric contraction ของกล้ามเนื้องอและเหยียดเข่า ที่ความเร็ว

ในการเคลื่อนไหว 300 องศาต่อวินาที 20 ครั้ง 6 เซต และพักระหว่างเซต 3 นาที พบว่าอาการปวดจากการระบมกล้ามเนื้อภายหลัง 48 ชั่วโมงลดลงอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ความสามารถของการหดตัวสูงสุดของกล้ามเนื้อ quadriceps femoris มีเปอร์เซ็นต์การลดลงที่ต่ำกว่ากลุ่มควบคุมที่มีการพักโดยไม่ได้ออกกำลังกายต่อเนื่องอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 และพบว่าการออกกำลังกายแบบ concentric contraction ที่ความหนักไม่มากนัก ไม่ทำให้เซลล์กล้ามเนื้อเสียหายมากขึ้นและไม่มีผลต่อกระบวนการอักเสบ แต่มีผลช่วยลดบวมและลดการคั่งของของเหลวส่งผลให้แรงดันภายในกล้ามเนื้อลดลงทำให้ช่วยลดการกระตุ้นความเจ็บปวดจากตัวรับความรู้สึก จึงทำให้อาการปวดลดลง

Isabell *et al*. (1992) ศึกษาเปรียบเทียบการนวดด้วยน้ำแข็ง การนวดด้วยน้ำแข็งร่วมกับการออกกำลังกาย และการออกกำลังกายที่มีต่อการระบมของกล้ามเนื้อภายหลังกายออกกำลังกายในกลุ่มตัวอย่าง 22 คนที่ได้รับการออกกำลังกายแบบ eccentric contraction จนเกิดการระบมของกล้ามเนื้อ elbow flexor โดยแบ่งเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มควบคุม กลุ่มที่ 2 รักษาโดยการนวดด้วยน้ำแข็ง กลุ่มที่ 3 รักษาโดยการนวดด้วยน้ำแข็งร่วมกับการออกกำลังกาย กลุ่มที่ 4 รักษาด้วยการออกกำลังกาย และวัดการฟื้นตัวของกล้ามเนื้อ ได้แก่ ระดับความเข้มข้นของเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนสในเลือด ช่วงการเคลื่อนไหวของข้อ ระดับการปวดระบมของกล้ามเนื้อ และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ภายหลังออกกำลังกายทันที ภายหลังการออกกำลังกาย 2, 4, 6, 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมง พบว่าการรักษาด้วยวิธีต่าง ๆ ไม่มีประสิทธิภาพในการช่วยลดอาการของการระบมกล้ามเนื้อ แต่มีข้อสังเกตที่น่าสนใจคือ ในกลุ่มที่มีการออกกำลังกาย และกลุ่มออกกำลังกายร่วมกับการนวดน้ำแข็ง ช่วงการเคลื่อนไหวของข้อลดลงน้อยกว่าในกลุ่มที่ไม่มีการออกกำลังกาย ในกลุ่มที่ใช้การนวดน้ำแข็งอย่างเดียว พบว่ามีค่าระดับความเจ็บปวดในขณะพัก ระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนส สูงกว่ากลุ่มอื่น และช่วงการเคลื่อนไหวลดลงมากกว่ากลุ่มอื่น ในทางตรงกันข้ามกับกลุ่มที่รักษาด้วยการออกกำลังกายพบว่า ค่าระดับความเจ็บปวดในขณะพัก ระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนส ต่ำกว่ากลุ่มอื่น และช่วงการเคลื่อนไหวลดลงน้อยกว่ากลุ่มอื่น แสดงให้เห็นว่าการออกกำลังกายอาจมีส่วนช่วยให้การฟื้นตัวของกล้ามเนื้อดีขึ้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับรูปแบบการออกกำลังกาย ความหนักของการออกกำลังกาย รวมทั้งกลุ่มกล้ามเนื้อเกี่ยวข้องที่ใช้ออกกำลังกายเพื่อช่วยให้การฟื้นตัวของกล้ามเนื้อดีขึ้น การออกกำลังกายในน้ำเป็นอีกวิธีหนึ่งที่มีการนำไปใช้สำหรับฟื้นฟูการบาดเจ็บของเนื้อเยื่ออ่อนโดยเฉพาะการบาดเจ็บที่กล้ามเนื้อ โดยอาศัยคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำมาใช้

การออกกำลังกายโดยการวิ่งในน้ำลึกเป็นโปรแกรมที่ส่งเสริมการฝึก และเป็นส่วนหนึ่งของการฟื้นฟูจากการบาดเจ็บ และใช้เพื่อการฟื้นตัวของร่างกายโดยเฉพาะกล้ามเนื้อในทันทีภายหลังหรือในวันถัดมาหลังจากการแข่งขัน โดยอาศัยแรงลอยตัวของน้ำในการป้องกันการบาดเจ็บซ้ำของขา โดยเท้าจะไม่สัมผัสกับพื้นสระและช่วยลดแรงที่กระทำต่อโครงสร้างกระดูกและข้อต่อได้เป็นอย่างดี (Dowzer *et al*., 1998)

Reilly *et al.* (2002)ได้ศึกผลของการวิ่งในน้ำลึก (deep-water running) ที่มีต่อการระบมของกล้ามเนื้อภายหลังการออกกำลังกายแบบพลัยโอเมตริก (plyometric) ในผู้ที่ไม่ได้รับการออกกำลังกาย 30 คนและได้รับการฟื้นตัวด้วยวิธีต่าง ๆ เป็นเวลา 3 วัน ได้แก่ กลุ่มที่ 1 ให้พักตลอดโดยไม่มีการทำกิจกรรมการออกกำลังกาย กลุ่มที่ 2 ให้พักในวันแรก และให้วิ่งในน้ำลึกในอีก 2 วัน กลุ่มที่ 3 ให้พักในวันแรก และให้วิ่งบนลู่วิ่งกลในอีก 2 วัน กลุ่มที่ 4 ให้วิ่งบนลู่วิ่งกลตลอด 3 วัน กลุ่มที่ 5 ให้วิ่งในน้ำลึกตลอด 3 วัน พบว่า การวิ่งในน้ำลึกไม่สามารถช่วยป้องกันการระบมของกล้ามเนื้อ แต่ช่วยให้ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อฟื้นตัวได้เร็วขึ้น และระดับความปวดระบมกล้ามเนื้อ ความเข้มข้นของครีเอทีนไคเนสที่มีค่าสูงสุดใน 24 ชั่วโมง ยังต่ำกว่าการทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัวด้วยวิธีอื่น ๆ ที่ไม่ได้ใช้การวิ่งในน้ำลึกร่วมด้วย

จากการศึกษาการออกกำลังกายรูปแบบต่างๆที่ช่วยให้เกิดการฟื้นตัวจากการระบมกล้ามเนื้อ การออกกำลังกายในน้ำยังมีการศึกษาไม่มากนัก จึงยังไม่ทราบประโยชน์ของการออกกำลังกายในน้ำที่แน่ชัด จึงจำเป็นต้องมีการศึกษาเพิ่มเติม โดยจุดมุ่งหมายของการออกกำลังกายในน้ำของการฟื้นตัวจากการระบมของกล้ามเนื้อ เพื่อคงสภาพช่วงการเคลื่อนไหวของข้อต่อ เพื่อลดการเจ็บปวด ช่วยส่งเสริมกระบวนการซ่อมแซมของเซลล์กล้ามเนื้อ รวมทั้งรักษาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขณะมีการบาดเจ็บและฟื้นฟูกลับมาให้เร็วที่สุดดังนั้นการจัดโปรแกรมการออกกำลังกาย ในน้ำจึงต้องคำนึงถึงจุดมุ่งหมายเหล่านี้ เพื่อให้ได้ผลการรักษาที่มีประสิทธิภาพ

โปรแกรมการออกกำลังกายในน้ำสำหรับการฟื้นฟูการระบมของกล้ามเนื้อ

การกำหนดจุดมุ่งหมายในการออกกำลังกายในน้ำสำหรับงานวิจัยนี้ผู้วิจัยต้องการ คงสภาพช่วงการเคลื่อนไหวของข้อต่อ เพื่อลดการเจ็บปวด ช่วยส่งเสริมกระบวนการซ่อมแซมของเซลล์กล้ามเนื้อ รวมทั้งรักษาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในขณะมีการบาดเจ็บระบมกล้ามเนื้อดังนั้นโปรแกรมการออกกำลังกายในน้ำ จึงมุ่งเน้นให้มีการทำงานของกล้ามเนื้อโดยที่กล้ามเนื้อไม่ต้องออกแรงมากนัก และอาศัยคุณสมบัติของน้ำ ในเรื่องแรงลอยตัวช่วยในเรื่องช่วงการเคลื่อนไหว

แรงดันของน้ำช่วยในเรื่องการลดบวม และแรงต้านของน้ำช่วยในเรื่องการฟื้นฟูความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ซึ่งโปรแกรมการออกกำลังกายประกอบไปด้วยขั้นตอนต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. ช่วงอบอุ่นร่างกาย (warm- up) ใช้เวลาประมาณ 5 นาที เพื่อให้ร่างกายเตรียมพร้อมที่จะเคลื่อนไหวกล้ามเนื้อ และเป็นการเพิ่มอุณหภูมิของร่างกายทำให้หลอดเลือดขยายตัว ประกอบด้วย

1.1 Musculoskeletal warm-up ใช้เวลา 2 นาที เป็นการเตรียมพร้อมเคลื่อนไหว เพิ่มการไหลเวียนเลือดไปที่กล้ามเนื้อ กล้ามเนื้อได้รับออกซิเจนและสารอาหารเพิ่มมากขึ้น และกำจัดของเสียออกนอกเซลล์

1.2 ช่วงยืดเหยียดก่อนออกกำลังกาย (pre stretch) เพื่อป้องกันการบาดเจ็บซ้ำจากการออกกำลังกายโดยช่วยให้กล้ามเนื้อยืดหยุ่นได้ดีขึ้นพร้อมที่จะรับการถูกยืดและหดตัวจากการออกกำลังกายในขั้นต่อไป ใช้เวลา 3 นาที

2. Muscle pumping workout เป็นช่วงที่ต้องการให้กล้ามเนื้อทำงาน ทำให้หลอดเลือดขยายตัวทำให้เกิดการไหลเวียนเลือดมายังบริเวณที่เกิดการระบม เป็นการเร่งขบวนการซ่อมแซมและกำจัดสารที่ก่อให้เกิดความเจ็บปวด ได้แก่ prostaglandin, serotonin และhistamine และเหนี่ยวนำให้เม็ดเลือดขาวและเซลล์กำจัดขยะออกมาจับกินของเสีย รวมทั้งเร่งให้มีการซ่อมสร้างเส้นใยกล้ามเนื้อมากขึ้น และอาศัยแรงดันน้ำช่วยในการลดบวม ทำให้ของเหลวที่คั่งค้างอยู่ในช่องว่างระหว่างเซลล์ลดลงไปมีผลในการช่วยลดการกระตุ้นตัวรับความเจ็บปวดที่กล้ามเนื้อ ทำให้อาการปวดลดลงได้ และการที่มีการออกกำลังกายเป็นการช่วยการชะลอ การลดลงของความแข็งแรงในกล้ามเนื้อได้ ใช้เวลาประมาณ 5 นาที

3. ช่วงผ่อนคลาย (relaxatioin) ความสำคัญอีกประการหนึ่งของการระบมกล้ามเนื้อคือมีช่วงการเคลื่อนไหวที่ลดลงอันเนื่องมาจากกล้ามเนื้อที่แข็งเกร็ง (muscle stiffness) ดังนั้น การเคลื่อนไหวในขั้นตอนนี้ควรทำการเคลื่อนไหวช้า ๆ ไม่รุนแรง การเคลื่อนไหวในน้ำจะช่วยทำให้เคลื่อนไหวได้ง่าย การยืดเหยียดกล้ามเนื้อในน้ำ สามารถอาศัยแรงลอยตัวของน้ำช่วยให้กล้ามเนื้อถูกเหยียดค้างได้นานทำให้กล้ามเนื้อผ่อนคลาย ส่งผลให้มุมการเคลื่อนไหวของข้อมากขึ้นตามมาใช้เวลาประมาณ 3 นาที

4. ช่วงคลายอุ่น (cool- down) เป็นการช่วยลดระดับอัตราการทำงานของกล้ามเนื้อให้กลับเข้าสู่สภาวะพักได้เร็วขึ้น ช่วยให้เลือดกลับสู่หัวใจได้ดี ป้องกันเลือดตกค้างอยู่ในกล้ามเนื้อ ลดอาการบาดเจ็บกล้ามเนื้อและช่วยในการกำจัดของเสีย ที่เกิดขึ้นจากการทำงานของกล้ามเนื้อใช้เวลาประมาณ 2 นาที

มีการศึกษาไม่มากนักที่เปรียบเทียบการออกกำลังกาย เพื่อการรักษาและฟื้นฟูกล้ามเนื้อที่ระบมภายหลังจากการออกกำลังกายด้วยวิธีที่แตกต่างกันออกไป การออกกำลังกายในน้ำเป็นอีกวิธีหนึ่งที่มีผลการวิจัยพบว่ามีประโยชน์ต่อการฟื้นตัวจากการระบมกล้ามเนื้อภายหลังจากการออกกำลังกาย ได้ดีกว่าวิธีอื่นทั้งยังให้ความปลอดภัย และมีประโยชน์การคงสภาพช่วงการเคลื่อนไหว ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และฟื้นฟูเข้าสู่สภาวะปกติภายหลังจากมีการลดลงได้เร็วขึ้น ทั้งยังช่วยในขบวนการซ่อมแซมของเซลล์กล้ามเนื้อ ส่งผลให้กล้ามเนื้อสามารถกลับมาทำงานได้เป็นปกติเร็วขึ้น ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยต้องการศึกษาถึงผลของการออกกำลังกายในน้ำที่มีต่อการฟื้นตัวจากการระบมกล้ามเนื้อภายหลังจากการออกกำลังกาย ซึ่งมีความสำคัญในการดำเนินกิจกรรมทางกายหรือกิจกรรมการออกกำลังกายได้อย่างต่อเนื่องโดยเฉพาะผู้ที่เริ่มออกกำลังกายซึ่งมักจะมีการปวดระบมกล้ามเนื้อที่เป็นสาเหตุให้หยุดออกกำลังกายในวันต่อมา และส่งผลต่อเนื่องให้ขาดการออกกำลังกายในที่สุด ซึ่งผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าผลของการวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ในการฟื้นฟูกล้ามเนื้อเพื่อให้ผู้ที่ออกกำลังกายที่มีปัญหาการระบมกล้ามเนื้อสามารถดำเนินกิจกรรมการออกกำลังกายได้อย่างต่อเนื่อง และเป็นแนวทางในการรักษาสำหรับผู้ที่เกี่ยวข้องและเป็นข้อมูลสำหรับศึกษาวิจัยในขั้นต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. เครื่องวิเคราะห์และน้ำยาวิเคราะห์ระดับความเข้มข้นของเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนส ในเลือด ยี่ห้อ Olympus ผลิตในประเทศเยอรมัน

2. ชุดอุปกรณ์เก็บตัวอย่างเลือด

3. เครื่องมือทดสอบความแข็งแรงแบบไอโซเมตริกของกล้ามเนื้อ ยี่ห้อ TAKEI รุ่น T.K.K.5101 ผลิตในประเทศ ญี่ปุ่น

4. เครื่องมือวัดช่วงการเคลื่อนไหวของข้อต่อ (universal goniometer) ยี่ห้อ JAMAR รุ่น E-Read™

5. สายวัดสัดส่วนของร่างกาย ยี่ห้อ FUTURO ผลิตในประเทศไทย

6. ผงชอล์ก

7. ก้อนน้ำแข็ง (ice ball)

8. นาฬิกาจับเวลาแบบดิจิตอลยี่ห้อ Casio

9. เทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิของน้ำยี่ห้อ THIKI ผลิตในประเทศญี่ปุ่น

10. แบบสอบถามในการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างก่อนเข้าร่วมการทดลองที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น

11. ใบบันทึกผลการทดลองที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น

วิธีการ

กลุ่มประชากร

กลุ่มประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักศึกษาหญิง วิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนี จังหวัดนครศรีธรรมราช ที่มีอายุระหว่าง 19 – 21 ปี จำนวน 80 คน มีคุณสมบัติตามเงื่อนไขดังนี้คือ เป็นผู้มีสุขภาพดี ไม่เคยฝึกการออกกำลังกายด้วยแรงต้านแบบกล้ามเนื้อยืดยาว ไม่มีปัญหาการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อภายใน 1 เดือนก่อนการทดสอบ และไม่มีการรักษาที่ต้องใช้ยาแก้อักเสบภายใน 1 สัปดาห์ก่อนการทดสอบ ยินยอมให้เจาะเลือดและให้ความร่วมมือได้ตลอดจนสิ้นสุดการวิจัย

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้มาจากกลุ่มประชากร ซึ่งเป็นนักศึกษาหญิง วิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนี จังหวัดนครศรีธรรมราช ที่มีอายุอยู่ระหว่าง 19 – 21ปี โดยมีขั้นตอนได้มาของกลุ่มตัวอย่างดังนี้

1. รวบรวมรายชื่อนักศึกษาหญิงวิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนีจังหวัดนครศรีธรรมราช ที่มีอายุระหว่าง 19 – 21 ปี ที่มีคุณสมบัติตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ จำนวน 50 คน

2. นำนักศึกษาหญิงที่มีคุณสมบัติตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้มาสุ่มอย่างง่าย (simple random sampling) เป็นกลุ่มตัวอย่างเพื่อการทดลอง จำนวน 30 คนและแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 3 กลุ่ม ด้วยวิธี randomly assignment โดยใช้ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา กลุ่มละ 10 คน ทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัวจากการระบมภายหลังจากออกกำลังกายตามโปรแกรมต่อไปนี้

กลุ่มควบคุม การนวดด้วยน้ำแข็ง 15 นาที ร่วมกับการนั่งพัก 15 นาที

กลุ่มทดลองที่ 1 การนวดด้วยน้ำแข็ง 15 นาที ร่วมกับแช่ในน้ำ 15 นาที

กลุ่มทดลองที่ 2 การนวดด้วยน้ำแข็ง 15 นาที ร่วมกับออกกำลังกายในน้ำ 15 นาที

ขั้นตอนการสร้างเครื่องมือ

1. ศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับ วิธีการ อุปกรณ์ และสถานที่ ที่ใช้ทำงานวิจัย

2. ออกแบบโปรแกรมการทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัว

3. เสนอคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

4. เสนอโปรแกรมการทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัวต่อผู้เชี่ยวชาญ (ภาคผนวก ก)

5. นำข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญมาปรับปรุงแก้ไข แล้วเสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อจัดทำเป็นโปรแกรมการฟื้นตัวของกล้ามเนื้อ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. โปรแกรมการออกกำลังกายที่ทำให้เกิดการระบมของกล้ามเนื้อ (ภาคผนวก ค)
2. โปรแกรมการนวดด้วยน้ำแข็งร่วมกับการนั่งพัก 15 นาที (ภาคผนวก ง)
3. โปรแกรมการนวดด้วยน้ำแข็งร่วมกับแช่น้ำ 15 นาที (ภาคผนวก ง)
4. โปรแกรมการนวดด้วยน้ำแข็งร่วมกับการออกกำลังกายในน้ำ 15 นาที (ภาคผนวก ง)
5. แบบวัดความรู้สึกเจ็บปวด (ภาคผนวก จ)

วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

การทำวิจัยในครั้งนี้มีขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลดังต่อไปนี้

1. ทำหนังสือขอความร่วมมือในการใช้กลุ่มตัวอย่างของการทำวิจัยจากคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ถึงวิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนี จังหวัดนครศรีธรรมราช รวมทั้งกำหนดวันเวลาและขอความอนุเคราะห์ในการใช้สถานที่และอุปกรณ์ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

2. ศึกษาเทคนิคและวิธีการปฏิบัติเกี่ยวกับการเก็บตัวอย่างเลือดจากเอกสารและผู้เชี่ยวชาญ เพื่อเป็นแนวทางปฏิบัติและศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับวิธีการใช้เครื่องมือ การเก็บรวบรวมข้อมูล และสถานที่ที่ใช้ในงานวิจัย

3. จัดเตรียมสถานที่ อุปกรณ์ ใบบันทึกผล เพื่อใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

4. ประชุม อธิบายและชี้แจงให้กลุ่มตัวอย่างเข้าใจถึงวัตถุประสงค์ของการวิจัย ลำดับขั้นตอน การทดสอบและวิธีทดสอบ รวมถึงข้อตกลงต่าง ๆ ในระหว่างเข้าร่วมทำการวิจัยครั้งนี้ และให้ลงชื่อในใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัย การทดลองจะปฏิบัติดังนี้

4.1 บันทึกอายุ ชั่งน้ำหนัก วัดส่วนสูง วัดความดันโลหิต และชีพจรขณะพักของกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน

4.2 เจาะเลือดโดยให้พยาบาลวิชาชีพเป็นผู้เจาะเลือด และนักเทคนิคการแพทย์วิเคราะห์ระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนส (ภาคผนวก ง) ทดสอบความแข็งแรงแบบไอโซเมตริกของกล้ามเนื้อต้นขาด้วยเครื่องมือประยุกต์ (ภาคผนวก ง) วัดช่วงการเคลื่อนไหวของข้อเข่าในท่าเหยียดและงอโดยใช้ universal goniometer (ภาคผนวก ง) วัดเส้นรอบวงของกล้ามเนื้อต้นขา โดยใช้สายวัด (ภาคผนวก ง) วัดระดับความเจ็บปวดของกล้ามเนื้อขาโดยใช้แบบวัดวามรู้สึกเจ็บปวด (ภาคผนวก ง)

5. ทำการออกกำลังกายตามรูปแบบที่กำหนดเพื่อให้กล้ามเนื้อเกิดการระบมจากการออกกำลังกาย (ภาคผนวก ค)

6. ภายหลังจากออกกำลังกาย ตามโปรแกรมที่กำหนดแล้วให้ปฏิบัติดังนี้

6.1 ให้กลุ่มตัวอย่างนั่งพัก 5 นาทีแล้วเจาะเลือดเพื่อวัดระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนส หลังจากนั้นให้ทดสอบความแข็งแรงแบบไอโซเมตริกของกล้ามเนื้อต้นขา วัดช่วงการเคลื่อนไหวของข้อเข่าในท่าเหยียดและงอ วัดเส้นรอบวงของกล้ามเนื้อต้นขาโดยใช้สายวัด วัดระดับความเจ็บปวดของกล้ามเนื้อต้นขาตามลำดับ

6.2 ทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัวจากการระบมภายหลังจากออกกำลังกาย โดยปฏิบัติ 3 ครั้ง ด้วยวิธีดังนี้

กลุ่มควบคุม นวดด้วยน้ำแข็ง 15 นาทีร่วมกับการนั่งพัก 15 นาที

กลุ่มทดลองที่ 1 นวดด้วยน้ำแข็ง 15 นาทีร่วมกับแช่ในน้ำ15 นาที

กลุ่มทดลองที่ 2 นวดด้วยน้ำแข็ง 15 นาทีร่วมกับออกกำลังกายในน้ำ 15 นาที

6.3 หลังจากทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัว ด้วยวิธีต่างๆในครั้งที่ 1 ของทุกกลุ่ม ให้ปฏิบัติข้อ 6.1 อีกครั้งทันที แล้วให้พักเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

6.4 ภายหลังพัก 24ชั่วโมงให้ปฏิบัติตามข้อ 6.1อีกครั้งก่อนทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัว ในครั้งที่ 2

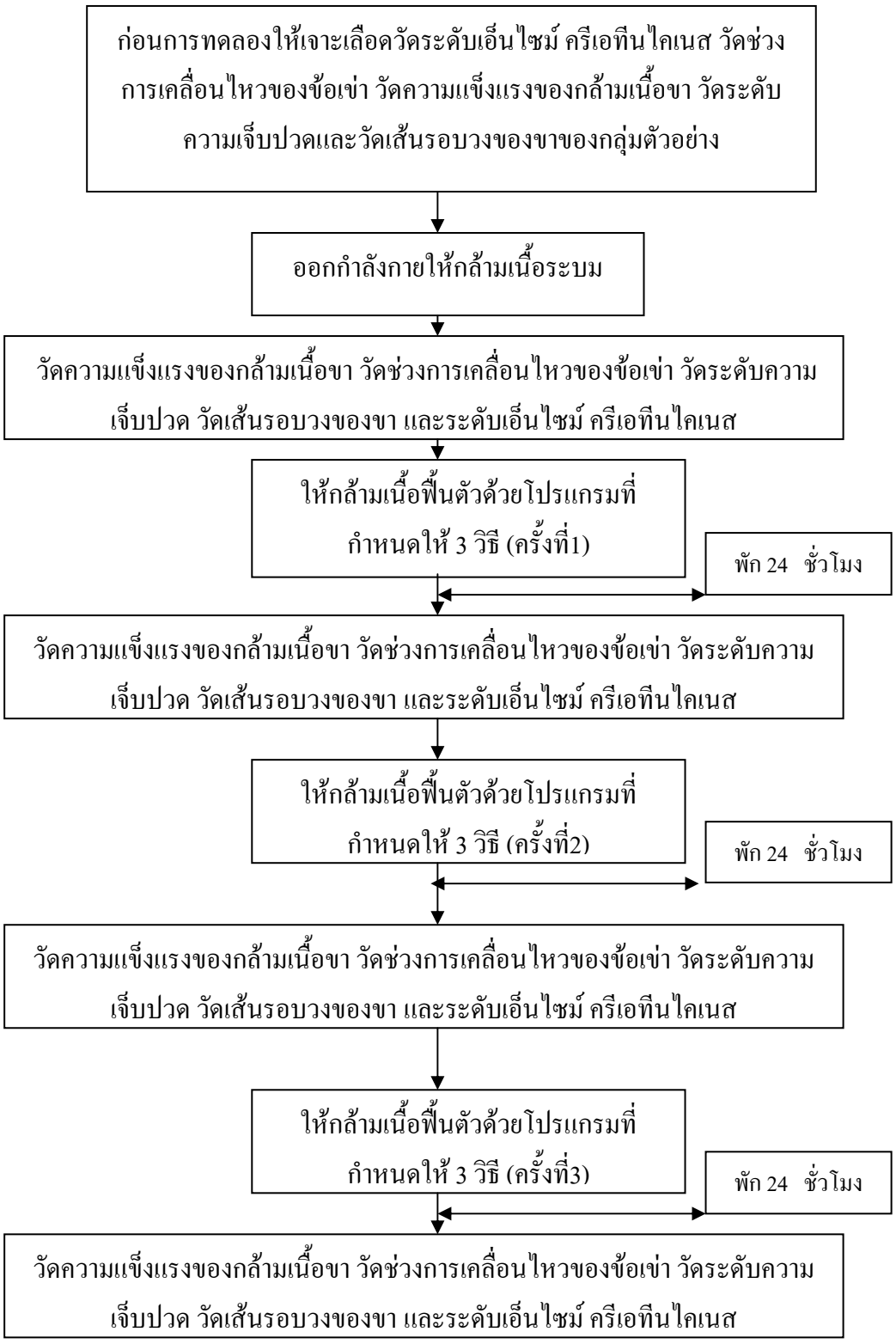
6.5 ให้กลุ่มตัวอย่างได้รับการทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัว ด้วยวิธีการที่กำหนดอีกเป็นครั้งที่ 2 แล้วให้พักเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

6.6 ภายหลังพัก 24 ชั่วโมงให้ปฏิบัติตามข้อ 6.1อีกครั้งก่อนทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัว ในครั้งที่ 3

6.7 ให้กลุ่มตัวอย่างได้รับการทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัวด้วยวิธีการที่กำหนด อีกเป็นครั้งที่ 3 แล้วให้พักเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

6.8 ภายหลังพัก 24 ชั่วโมง ให้วัดค่าต่าง ๆ ดังข้อ 6.1 อีกครั้ง

แผนผังการทดลอง



การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ใช้การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ดังนี้

1. คำนวณหาค่าเฉลี่ยและค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐานของอายุ ส่วนสูง น้ำหนัก ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา ช่วงการเคลื่อนไหวของข้อเข่า ระดับความเจ็บปวดระบมของกล้ามเนื้อ ขนาดของกล้ามเนื้อต้นขา และระดับความเข้มข้นของเอ็นไซม์ ครีเอทีนไคเนสในเลือด ก่อนการทดลอง ภายหลังการบาดเจ็บจากการออกกำลังกายทันที ภายหลังจากทดลอง 24 ชั่วโมง ภายหลังการทดลอง 48 ชั่วโมง และภายหลังการทดลอง 72 ชั่วโมง ของกลุ่มตัวอย่าง (บุญเรียง, 2542)

2. การวิเคราะห์ความแปรปรวนรูปแบบการทดลองวัดซ้ำแบบสองมิติ (repeated measures in two-dimensional design) โดยใช้สถิติ two- way analysis of variance with repeated measures เพื่อทดสอบผลกระทบที่เกิดจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างการทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัวทั้ง3 วิธี กับช่วงเวลาที่กล้ามเนื้อฟื้นตัว (บุญเรียง, 2547) เมื่อพบว่ามีปฏิสัมพันธ์ให้ทำการทดลองดังนี้

2.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนรูปแบบทดลองวัดซ้ำมิติเดียว (repeated measures in one-dimensional design) โดยใช้สถิติ one- way analysis of variance with repeated measures เพื่อทดสอบความแตกต่างของระดับการฟื้นตัวของกล้ามเนื้อภายในกลุ่ม ในแต่ละช่วงเวลาที่กล้ามเนื้อฟื้นตัว (บุญเรียง, 2547)

2.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (one- way analysis of variance: ANOVA) โดยใช้สถิติ F-test เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยการฟื้นตัวของกล้ามเนื้อของการทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัวทั้ง 3 วิธีในแต่ละช่วงเวลาที่กล้ามเนื้อฟื้นตัว

2.3 ภายหลังการวิเคราะห์หากพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจะทำการเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ ด้วยวิธีของ Tukey

3. กำหนดระดับความนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

สถานที่และระยะเวลาในการทำวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ได้ใช้สถานที่ในการทำวิจัย ณ ห้องออกกำลังกาย โรงพยาบาลมหาราชนครศรีธรรมราช และออกกำลังกายในน้ำที่สระว่ายน้ำโรงแรม ทวินโลตัส จังหวัดนครศรีธรรมราช

ระยะเวลาในการทำการทดลอง มกราคม - มีนาคม พ.ศ.2550

ประโยชน์ที่ได้รับ

1. ทำให้ทราบว่าวิธีการที่เหมาะสมในการทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัวภายหลังการระบมจากการออกกำลังกายคือ การนวดน้ำแข็งร่วมกันการออกกำลังกายในน้ำ

2. ผลของการวิจัยครั้งนี้จะเป็นประโยชน์ต่อนักกีฬา ผู้ฝึกสอน สำหรับนำไปใช้ให้เป็นประโยชน์ในการทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัว ภายหลังการระบมของกล้ามเนื้อจากการออกกำลังกาย

3. เพื่อเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้เพื่อรักษาการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อจากสาเหตุอื่น ๆ

4. เป็นแนวทางสำหรับผู้ที่จะศึกษา ค้นคว้า วิจัย และเป็นข้อมูลในการทำวิจัยเกี่ยวกับการฟื้นตัวของกล้ามเนื้อ ภายหลังการบาดเจ็บจากการออกกำลังกาย

แหล่งทุนสนับสนุน

ใช้ทุนมูลนิธิโรงพยาบาลมหาราชนครศรีธรรมราช

ผลการวิจัยและวิจารณ์

ตอนที่ 1 อายุและลักษณะทางกายภาพ

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการทดลองโดยใช้กลุ่มตัวอย่างออกเป็น 3 กลุ่ม ๆ ละ 10 คน ได้แก่ กลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองที่ 1 กลุ่มทดลองที่ 2 โดยแต่ละกลุ่มได้รับโปรแกรมการทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัวโดยกลุ่มควบคุมได้รับการนวดด้วยน้ำแข็ง 15 นาที ร่วมกับการนั่งพัก 15 นาที กลุ่มทดลองที่ 1ได้รับ การนวดด้วยน้ำแข็ง 15 นาทีร่วมกับแช่ในน้ำ 15 นาที และกลุ่มทดลองที่ 2 ได้รับการนวดด้วยน้ำแข็ง 15 นาที ร่วมกับออกกำลังกายในน้ำ 15 นาที ซึ่งแต่ละกลุ่มได้รับโปรแกรมการทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัว 3 ครั้งโดยแต่ละครั้งห่างกัน 24 ชั่วโมง และก่อนที่จะทำให้กล้ามเนื้อระบม ได้วัดค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ช่วงการเคลื่อนไหวของข้อเข่า การปวดระบมของกล้ามเนื้อ เส้นรอบวงของขา และระดับความเข้มข้นของเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนสในเลือด และภายหลังกล้ามเนื้อระบมจากการออกกำลังกายทันที (0) 24 48 ชั่วโมง และ 72 ชั่วโมง

จากข้อมูลพื้นฐานพบว่า แต่ละกลุ่ม มีอายุและลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ น้ำหนักและส่วนสูง ที่ใกล้เคียงกัน โดยมีอายุระหว่าง 19.30 ปี ถึง 19.70 ปี น้ำหนัก 49.20 กิโลกรัม ถึง 51.8 กิโลกรัม ส่วนสูง 159.70 เซนติเมตรถึง 161.00 เซนติเมตร ดังแสดงในตารางที่ 2 และเมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแล้ว พบว่ากลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่มมีอายุ น้ำหนักและส่วนสูงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p > .05$)

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ($\overline{X} \pm$ S.E.) อายุ น้ำหนัก และส่วนสูงของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม

กลุ่มตัวอย่าง	อายุ (ปี)	น้ำหนัก (กก.)	ส่วนสูง (ซม.)
กลุ่มควบคุม	19.70 ± 0.21^{a}	49.20 ± 1.53^{b}	159.70 ± 1.63^{c}
กลุ่มทดลองที่ 1	19.40 ± 0.16^{a}	50.50 ± 1.15^{b}	159.80 ± 1.38^{c}
กลุ่มทดลองที่ 2	19.30 ± 0.15^{a}	51.80 ± 1.75^{b}	161.00 ± 1.22^{c}

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งหมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตอนที่ 2 ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ

ก่อนเริ่มทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัวจากการระบมตามโปรแกรมที่กำหนดให้ในแต่ละกลุ่มตัวอย่าง ได้ทำการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อของกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 แล้วพบว่ามีค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 72.55±2.41, 69.40±3.73 และ 63.95±3.22 กก. ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 3 เมื่อทำการทดสอบทางสถิติด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p = .17$)

ภายหลังจากที่กลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม ออกกำลังกายจนกล้ามเนื้อระบมและทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัวตามโปรแกรมที่กำหนดให้ในแต่ละกลุ่มแล้ว ได้มีการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้ออีก 4 ครั้ง ในทันทีภายหลังกล้ามเนื้อระบมจากการออกกำลังกาย (0 ชั่วโมง) ภายหลังกล้ามเนื้อระบมที่ 24 48 และ 72 ชั่วโมง ผลการทดสอบ ดังแสดงในตารางที่ 3 และ ภาพที่ 4 และเมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน 2 ทางแบบวัดซ้ำ (ตารางผนวกที่ ฉ1) พบว่า การทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัวโดยใช้โปรแกรมและระยะเวลาการฟื้นตัวของกล้ามเนื้อที่แตกต่างกันส่งผลต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้ออย่างมีปฏิสัมพันธ์กัน ($p < .05$) กล่าวคือ วิธีการทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัวที่แตกต่างกันและระยะเวลาการฟื้นตัวของกล้ามเนื้อที่แตกต่างกัน จะส่งผลต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแตกต่างกัน ดังแสดงในตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน 2 ทางแบบวัดซ้ำ (ตารางผนวกที่ ฉ1) และจากการมีปฏิสัมพันธ์นี้จึงทำให้ต้องแยกดำเนินการวิเคราะห์ ความแตกต่างของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่เป็นผลมาจากโปรแกรมการทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัวที่แตกต่างกัน ออกจากการวิเคราะห์ความแตกต่างของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่เป็นผลมาจากระยะเวลาที่ใช้ในการฟื้นตัวของกล้ามเนื้อที่ต่างกัน ดังแสดงในตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (ตารางผนวกที่ ฉ2)

จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยความแตกต่างของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม พบว่า ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในกลุ่มตัวอย่างทุกกลุ่ม มีการลดลงภายหลังกล้ามเนื้อระบมจากการออกกำลังกายที่ 24 ชั่วโมง มากที่สุด และมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น ที่ 48 และ 72 ชั่วโมง ตามลำดับ ทั้งนี้พบว่ากลุ่มทดลองที่ 2 มีการลดลงของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อน้อยกว่าทุกกลุ่มในทุกช่วงเวลา

จากการวิเคราะห์หาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อระหว่างกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม ในแต่ละช่วงเวลา ได้แก่ ก่อนการระบมของกล้ามเนื้อ ภายหลังกล้ามเนื้อระบมจากการออกกำลังกายทันที (0) 24 48 และ 72 ชั่วโมง โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน

ทางเดียว (ตารางผนวกที่ ฉ2) จากข้อมูลของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ที่แสดงในตารางที่ 3 และตารางผนวกที่ ฉ2 พบว่า

1. ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่ทดสอบภายหลังกล้ามเนื้อระบมจากการออกกำลังกายทันที(0 ชั่วโมง) ไม่แตกต่างกันระหว่างกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองที่ 1 และ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. ภายหลังทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัวตามโปรแกรมที่แตกต่างกันเป็นเวลา 24 ชั่วโมง พบว่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อระหว่างกลุ่มตัวอย่าง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองที่ 2 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p = .03$) โดยกลุ่มควบคุมมีความแข็งแรงลดลงมากที่สุด มีค่า 45.95 ± 2.77 กก.ในขณะที่กลุ่มทดลองที่ 2 มีค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเท่ากับ 59.40 ± 2.97 กก. ซึ่งมีความแตกต่างกัน 13.45 กก

.

3. ภายหลังทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัวตามโปรแกรมที่แตกต่างกันเป็นเวลา 48 ชั่วโมง พบว่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อระหว่างกลุ่มตัวอย่าง แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p = .02$) โดยมีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของความแข็งแรงกล้ามเนื้อระหว่างกลุ่มควบคุมกับกลุ่มทดลองที่ 2 และระหว่างกลุ่มทดลองที่ 1 กับกลุ่มทดลองที่ 2 โดยกลุ่มควบคุมมีค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเท่ากับ 47.35 ± 2.20 กก. กลุ่มทดลองที่ 1 มีค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเท่ากับ 47.45 ± 4.42 กก. และกลุ่มทดลองที่ 2 มีค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเท่ากับ 59.45 ± 2.90 กก. โดยความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อระหว่างกลุ่มควบคุมกับกลุ่มทดลองที่ 2 และระหว่างกลุ่มทดลองที่ 1 กับกลุ่มทดลองที่ 2 มีค่าเท่ากับ 12.10 กก. และ 12.00 กก. ตามลำดับ

4. ภายหลังทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัวตามโปรแกรมที่แตกต่างกันเป็นเวลา 72 ชั่วโมง พบว่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อระหว่างกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p = .08$)

จากการวิเคราะห์ เพื่อหาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อภายหลังระบมจากการออกกำลังกาย ระหว่างกลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่ม พบว่า สอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัยที่ว่าการฟื้นตัวของกล้ามเนื้อที่ระบมหลังออกกำลังกาย โดยการทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัวด้วยวิธีการที่แตกต่างกัน มีผลให้ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแตกต่างกัน

การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ภายหลังระบมจากการออกกำลังกายทันที (0) 24 48 และ 72 ชั่วโมง โดยใช้วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ (ตารางผนวกที่ ฉ4) พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อภายในกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$) ดังแสดงในตารางที่3 และตารางผนวกที่ ฉ5 ดังนี้

1. ภายในกลุ่มควบคุมเมื่อทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัวที่ระยะเวลาต่างกัน ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อภายหลังระบมจากการออกกำลังกายที่ 24 ชั่วโมงมีการลดลงมากที่สุดโดยมีค่าแตกต่างจากก่อนการระบม 26.60 กก. และค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นภายหลังระบมที่ 48 และ 72 ชั่วโมง ตามลำดับ แต่ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อยังไม่ฟื้นตัวสู่ค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อก่อนการระบม โดยมีค่าแตกต่างจากก่อนการระบมกับภายหลังการระบมที่ 72 ชั่วโมงเท่ากับ 19.45 กก.

2. ภายในกลุ่มทดลองที่ 1 เมื่อทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัวที่ระยะเวลาต่างกัน ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อภายหลังระบมจากการออกกำลังกายที่ 24 ชั่วโมง มีการลดลงมากที่สุด โดยมีความแตกต่างจากก่อนการระบม 22.05 กก. และค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น ภายหลังระบมที่ 48 และ 72 ชั่วโมง ตามลำดับ แต่ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อยังไม่ฟื้นตัวสู่ค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อก่อนการระบม โดยมีความแตกต่างจากก่อนการระบมเท่ากับ 16.30 กก.

3. ภายในกลุ่มทดลองที่ 2 เมื่อทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัวจากการระบมด้วยระยะเวลาต่างกัน ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อภายหลังระบมจากการออกกำลังกายที่ 24 ชั่วโมง มีการลดลงมากที่สุด โดยมีค่าความแตกต่างจากก่อนการระบม 4.55 กก. และค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ เพิ่มขึ้นใน 48 และ 72 ชั่วโมง ตามลำดับ และสามารถฟื้นตัวได้เท่ากับก่อนเกิดการระบมซึ่งเป็นกลุ่มตัวอย่างเดียวที่ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อมีค่าลดลงเพียงเล็กน้อย และสามารถฟื้นกลับเข้าสู่ความแข็งแรงเดิมได้

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ($\bar{X} \pm$ S.E.)ของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ Quadriceps femoris ของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม ก่อนและภายหลังกล้ามเนื้อระบมทันที (0) 24 48 และ 72 ชั่วโมง

(หน่วย: กิโลกรัม)

กลุ่มตัวอย่าง	ก่อนการระบมของกล้ามเนื้อ[@]	ภายหลังการระบมของกล้ามเนื้อ			
		0[@]	24[@]	48[@]	72[@]
กลุ่มควบคุม	72.55 ± 2.41	72.85 ± 2.39	45.95 ± 2.77[a,b]	47.35 ± 2.20[a,b]	53.10 ± 2.58[a,b,c,d]
กลุ่มทดลองที่ 1	69.40 ± 3.73	69.55 ± 3.68	47.35 ± 4.91[a,b]	47.45 ± 4.42[a,b]	55.50 ± 4.28[a,b,c,d]
กลุ่มทดลองที่2	63.95 ± 3.22	64.00 ± 3.23	59.40 ± 2.97[a,b,#]	59.45 ± 2.90[a,b,#,£]	63.95 ± 3.20[c,d]

หมายเหตุ @ วิเคราะห์ข้อมูลโดยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว

a แตกต่างจากก่อนการระบมของกล้ามเนื้อในกลุ่มเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

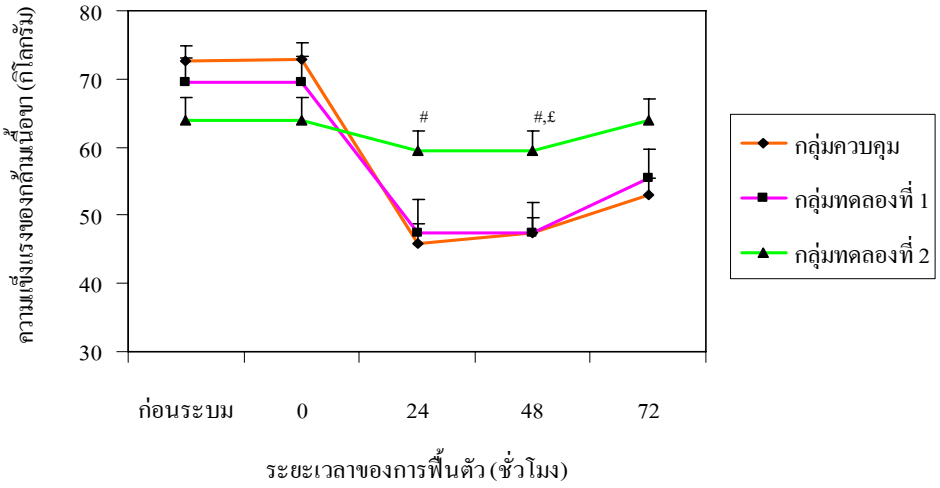
b แตกต่างจากภายหลังการระบมที่ 0 ชั่วโมง ในกลุ่มเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

c แตกต่างจากภายหลังการระบมที่ 24 ชั่วโมง ในกลุ่มเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

d แตกต่างจากภายหลังการระบมที่ 48 ชั่วโมง ในกลุ่มเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

แตกต่างจากกลุ่มควบคุมที่ระยะเวลาเดียวกัน

£ แตกต่างจากกลุ่มทดลองที่ 1 ที่ระยะเวลาเดียวกัน



\# แตกต่างจากกลุ่มควบคุมที่ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติ .05

£ แตกต่างจากกลุ่มทดลองที่1 ที่ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติ .05

ภาพที่ 4 แสดงความแข็งแรงของกล้ามเนื้อQuadriceps femoris ของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม ในช่วงเวลาต่างๆ

จากภาพที่ 4 แสดงให้เห็นว่า ภายหลังที่กล้ามเนื้อระบมจากการออกกำลังกายและทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัวด้วยโปรแกรมที่แตกต่างกัน พบว่า มีการลดลงของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในทุกกลุ่มตัวอย่างที่ภายหลัง 24 ชั่วโมง โดยกลุ่มควบคุม มีการลดลงมากที่สุด และรองลงมาลดลงในกลุ่มทดลองที่ 1 และ 2 ตามลำดับ โดยในกลุ่มทดลองที่ 2 มีการลดลงของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเพียงเล็กน้อย โดยมีค่าความแตกต่างของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อก่อนการระบมกับภายหลังระบมที่ 24 ชั่วโมง เท่ากับ 4.55 กิโลกรัม และเมื่อภายหลังระบมที่ 72 ชั่วโมง พบว่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อสามารถฟื้นตัวได้เท่ากับ ก่อนการระบมของกล้ามเนื้อ ส่วนการฟื้นตัวของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองที่ 1 ไม่แตกต่างกันตลอดทุกช่วงเวลา และไม่สามารถฟื้นตัวกลับมาภายหลัง 72 ชั่วโมง นั่นแสดงให้เห็นว่าการใช้ความเย็นร่วมกับการออกกำลังกายในน้ำ สามารถทำให้ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อฟื้นตัวและคงสภาพความสามารถในการทำงานได้ดีกว่าการใช้ความเย็นเพียงอย่างเดียว หรือการใช้ความเย็นร่วมกับการแช่ในน้ำ

ทั้งนี้ในกลุ่มตัวอย่างทุกกลุ่มมีการเสียหายของกล้ามเนื้อ โดยกล้ามเนื้อเกิดการบาดเจ็บจากการออกกำลังกายแบบ eccentric contraction ที่ทำให้มีการฉีกขาดของ sarcolemma โดยเฉพาะส่วนที่ยื่นลงไปในไมโอไฟบริล ที่มีลักษณะเป็นท่อขวาง (transverse tubule) ซึ่งทำหน้าที่กระจาย

ศักย์ไฟฟ้าขณะทำงาน จากเยื่อหุ้มเซลล์กล้ามเนื้อไปยังไมโอไฟบริล ซึ่งเมื่อมีการเสียหายของท่อขวางแม้จะเกิดศักย์ไฟฟ้าขณะทำงานใน sarcolemma แต่จะไม่มีการหดตัวของกล้ามเนื้อเกิดขึ้น (ราตรี, 2535) จึงทำให้ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่เกิดการระบมลดลง ทั้งนี้การเสียหายของ sarcolemma ยังส่งผลต่อการทำลายสมดุลของแคลเซียมภายในเซลล์กล้ามเนื้อที่ปลดปล่อยมาจาก sarcoplasmic reticulum ที่สัมพันธ์กับ transverse tubule โดยเฉพาะส่วนปลายสุดที่เรียกว่า terminal cisternae ที่เมื่อถูกกระตุ้นจะหลั่งแคลเซียมเข้าสู่ไมโอฟิลาเมนต์ที่ทำให้กล้ามเนื้อหดตัวได้ (Tiidus, 1997) ทั้งนี้แรงการหดตัวของกล้ามเนื้อยังเกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของกล้ามเนื้อกับงานที่กล้ามเนื้อทำได้ (length – tension relation) ซึ่งเมื่อกล้ามเนื้อมีการเสียหายขึ้นทำให้ความยาวของเซลล์กล้ามเนื้อเปลี่ยนไป เป็นผลให้แรงในการหดตัวเปลี่ยนแปลงไปด้วยจึงทำให้ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อลดลงได้ภายหลังกล้ามเนื้อระบมจากการออกกำลังกาย (Proske and Morgan 2001)

จากการทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัวด้วยการนวดด้วยน้ำแข็ง การนวดด้วยน้ำแข็งร่วมกับการแช่ในน้ำและการนวดด้วยน้ำแข็งร่วมกับการออกกำลังกายในน้ำ พบว่าการนวดด้วยน้ำแข็งร่วมกับการออกกำลังกายในน้ำเป็นวิธีเดียวที่ทำให้กล้ามเนื้อมีความแข็งแรงลดลงไม่มากและสามารถฟื้นตัวได้เร็วกว่ากลุ่มตัวอย่างอื่น เนื่องจากการออกกำลังกายในน้ำนั้นเป็นการออกกำลังกายที่อาศัยคุณสมบัติของน้ำช่วยรองรับน้ำหนักของร่างกาย และอาศัยแรงลอยตัวของน้ำเป็นทั้งแรงต้านและแรงช่วย เมื่อพิจารณาจากโปรแกรมการออกกำลังกายในน้ำพบว่ากล้ามเนื้อในขณะออกกำลังกายมีการทำงานแบบ concentric contraction ที่ไม่ได้ทำให้กล้ามเนื้อเกิดการบาดเจ็บมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Hasson *et al*. (1989) ที่ศึกษาการทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัวภายหลังระบมจากการออกกำลังกายแบบ eccentric contractionไปแล้ว 24 ชั่วโมง ด้วยการออกกำลังกายแบบ concentric contraction ของกล้ามเนื้องอเข่าและเหยียดเข่าที่ความเร็ว 300 องศา/วินาที 20 ครั้ง 6 เซต พัก 3 นาที ระหว่างเซต พบว่าความสามารถของการหดตัวสูงสุดของกล้ามเนื้อ quadriceps femoris มีเปอร์เซ็นต์ลดลงต่ำกว่ากลุ่มที่ไม่ได้มีการออกกำลังกายต่อเนื่องภายหลังออกกำลังกายแบบ concentric contraction โดยอธิบายว่าการออกกำลังกายแบบ concentric contraction ที่ความหนักไม่มากไม่ได้ไปทำให้เซลล์กล้ามเนื้อเสียหายมากขึ้น ทั้งนี้ยังไปเร่งขบวนการซ่อมแซมให้เกิดได้เร็วขึ้น และการบาดเจ็บยังส่งผลให้มีการไหลเวียนของเลือดมายังบริเวณนั้นเพิ่มมากขึ้น ทำให้เกิดการบวมเฉพาะที่ ส่งผลเกิดการขาดออกซิเจนในบริเวณนั้น ซึ่งจะไปกระตุ้นให้เกิดการแทรกตัวของเส้นเลือดใหม่เข้ามาแทนที่เส้นเลือดเก่าที่ฉีกขาดไป ทำให้การไหลเวียนของเลือดดีขึ้นซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นต่อการซ่อมแซมเซลล์กล้ามเนื้ออย่างยิ่ง เพราะเป็นตัวลำเลียงออกซิเจนมาเลี้ยงเซลล์ที่สร้างเส้นใย

กล้ามเนื้อ รวมทั้งเหนี่ยวนำให้เม็ดเลือดขาวและเซลล์กำจัดขยะ (macrophage) มาจับกินของเสียที่สะสมในเซลล์กล้ามเนื้อที่ไปขัดขวางการทำงานของเซลล์กล้ามเนื้อ

Tiidus (1997) ได้อธิบายถึงการฟื้นตัวของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อภายหลังออกกำลังกายต่อเนื่องจากการออกกำลังกายแบบ eccentric contraction ว่าการออกกำลังกายโดยให้กล้ามเนื้อมีการทำงานโดยการหดตัวเบา ๆ ทำให้มีการไหลเวียนเลือดในเซลล์กล้ามเนื้อ ซึ่งช่วยส่งเสริมกระบวนการซ่อมแซมเนื้อเยื่อที่เสียหายได้เร็วขึ้น ทำให้เกิดการขนส่งออกซิเจนและสารอาหารได้ดี ทั้งยังเป็นการนำเอาไฮโดรเจนออกนอกเซลล์กล้ามเนื้อ ซึ่งการที่มีไฮโดรเจนมากขึ้นนั้นจะทำให้เกิดการลดลงของโปรแตสเซียมในเซลล์กล้ามเนื้อได้ การที่มีไฮโดรเจนเกิดขึ้นมากในเซลล์กล้ามเนื้อจะไปรบกวนความสามารถในการหดตัวโดยไปลดจำนวนการจับกันระหว่างแอคติน กับไมโอซิน ทำให้ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อลดลงในที่สุด จึงเป็นเหตุผลที่สนับสนุนว่าการออกกำลังกายในน้ำทำให้กล้ามเนื้อมีความแข็งแรงที่ลดลงเพียงเล็กน้อย และสามารถฟื้นตัวได้เร็วกว่ากลุ่มตัวอย่างอื่นที่ไม่มีการออกกำลังกายร่วมด้วย

ตอนที่ 3 ช่วงการเคลื่อนไหวของข้อเข่า

ช่วงการเคลื่อนไหวรวมของข้อเข่าพิจารณาจากการงอเข่าและการเหยียดเข่าโดยทำการทดสอบความแตกต่างของช่วงการเคลื่อนไหวของข้อเข่า ก่อนทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัวจากการระบม ที่แตกต่างกัน ในกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 แล้วพบว่า มีค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 134.00±1.00, 134.00±1.63 และ 133.40±1.12 องศา ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4 เมื่อทำการทดสอบทางสถิติ ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแล้วพบว่า ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p = .93$)

ภายหลังจากที่กลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม ออกกำลังกายจนกล้ามเนื้อระบมและทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัวตามโปรแกรมที่กำหนดให้ในแต่ละกลุ่มแล้ว ได้มีการทดสอบช่วงการเคลื่อนไหวของข้อเข่าอีก 4 ครั้ง ในทันทีภายหลังกล้ามเนื้อระบมจากการออกกำลังกาย (0 ชั่วโมง) ภายหลังกล้ามเนื้อระบมจากการออกกำลังกายที่ 24 48 และ 72 ชั่วโมง ผลการทดสอบ ดังแสดงในตารางที่ 4 และภาพที่ 5 และเมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน 2 ทางแบบวัดซ้ำ พบว่า การทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัวโดยใช้โปรแกรมและระยะเวลาการฟื้นตัวของกล้ามเนื้อที่แตกต่างกันส่งผลต่อช่วงการเคลื่อนไหวของข้อเข่าอย่างมีปฏิสัมพันธ์กัน ($p < .05$) นั่นแสดงว่าวิธีการทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัวที่แตกต่างกัน

และระยะเวลาการฟื้นตัวของกล้ามเนื้อที่แตกต่างกัน จะส่งผลต่อช่วงการเคลื่อนไหวของข้อเข่าแตกต่างกัน ดังแสดงในตารางวิเคราะห์วิเคราะห์ความแปรปรวน 2 ทางแบบวัดซ้ำ (ตารางผนวกที่ ฉ6) และจากการมีปฏิสัมพันธ์นี้ จึงทำให้ต้องแยกดำเนินการวิเคราะห์ความแตกต่างของช่วงการเคลื่อนไหวของข้อเข่า ที่เป็นผลมาจากโปรแกรมการทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัวที่แตกต่างกัน ออกจากการวิเคราะห์ความแตกต่างของช่วงการเคลื่อนไหวของข้อเข่า ที่เป็นผลมาจากระยะเวลาที่ใช้ในการฟื้นตัวของกล้ามเนื้อที่ต่างกัน ดังแสดงในตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (ตารางผนวกที่ ฉ7)

จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยความแตกต่างของช่วงการเคลื่อนไหวของข้อเข่า ภายในกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม พบว่า ช่วงการเคลื่อนไหวของข้อเข่า ในกลุ่มตัวอย่างทุกกลุ่ม มีการลดลงภายหลังกล้ามเนื้อระบมจากการออกกำลังกายที่ 24 ชั่วโมง มากที่สุด และช่วงการเคลื่อนไหวของข้อเข่า มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น ที่ภายหลัง 48 และ 72 ชั่วโมง ตามลำดับ ทั้งนี้พบว่า กลุ่มทดลองที่ 2 มีการลดลงของช่วงการเคลื่อนไหวของข้อเข่าน้อยกว่าทุกกลุ่มในทุกช่วงเวลา

จากการวิเคราะห์หาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของช่วงการเคลื่อนไหวของข้อเข่า ระหว่างกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม ในแต่ละช่วงเวลา ได้แก่ ก่อนการระบบของกล้ามเนื้อ ภายหลังกล้ามเนื้อระบมจากการออกกำลังกายทันที (0) 24 48 และ 72 ชั่วโมง โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (ตารางผนวกที่ ฉ7) และจากข้อมูลที่แสดงในตารางที่ 6 พบว่า

1. ช่วงการเคลื่อนไหวของข้อเข่า ที่ทดสอบภายหลังกล้ามเนื้อระบมจากการออกกำลังกายทันที (0 ชั่วโมง) ไม่แตกต่างกันระหว่างกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองที่ 1 และ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p = .93$)

2. ภายหลังทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัวตามโปรแกรมที่แตกต่างกันเป็นเวลา 24 ชั่วโมง พบว่าช่วงการเคลื่อนไหวของข้อเข่า ระหว่างกลุ่มตัวอย่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มควบคุม กับกลุ่มทดลองที่ 2 และระหว่างกลุ่มทดลองที่ 1 กับกลุ่มทดลองที่ 2 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p = .00$) โดยกลุ่มควบคุมกับกลุ่มทดลองที่ 1 ช่วงการเคลื่อนไหวของข้อเข่า มีการลดลงของช่วงการเคลื่อนไหวของข้อเข่ามากที่สุดใกล้เคียงกัน มีค่าแตกต่างกันเพียง 1.70 องศาในขณะที่กลุ่มทดลองที่ 2 มีการลดลงของช่วงการเคลื่อนไหวของข้อเข่า น้อยกว่ากลุ่มควบคุมกับกลุ่มทดลองที่ 1 ซึ่งมีความแตกต่างกัน เท่ากับ 5.80 และ 7.50 องศาตามลำดับ

3. ภายหลังทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัวตามโปรแกรมที่แตกต่างกันเป็นเวลา 48 ชั่วโมง พบว่า ช่วงการเคลื่อนไหวของข้อเข่าระหว่างกลุ่มตัวอย่าง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (p = .00) โดยพบว่ายังมีลักษณะเดียวกันกับภายหลังระบมที่ 24 ชั่วโมง คือช่วงการเคลื่อนไหวของข้อเข่าในกลุ่มทดลองที่ 2 แตกต่างจากกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองที่1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05 ซึ่งมีความแตกต่างกันเท่ากับ 6.50 และ 6.60 องศา ตามลำดับ

4. ภายหลังทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัวตามโปรแกรมที่แตกต่างกันเป็นเวลา 72 ชั่วโมง พบว่า ช่วงการเคลื่อนไหวของข้อเข่า ระหว่างกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (p = .01) โดย ช่วงการเคลื่อนไหวของข้อเข่าในกลุ่มทดลองที่ 2 แตกต่างจากกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งมีความแตกต่างกันเท่ากับ 6.80 และ 4.20 องศา ตามลำดับ

จากการวิเคราะห์ เพื่อหาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของช่วงการเคลื่อนไหวของข้อเข่าภายหลังฟื้นตัวจากการระบมระหว่างกลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่มด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว พบว่า สอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัยที่ว่าการฟื้นตัวของกล้ามเนื้อที่ระบมหลังออกกำลังกายโดยการรักษาด้วยวิธีการที่แตกต่างกัน มีผลให้ช่วงการเคลื่อนไหวของข้อเข่า มีการฟื้นตัวที่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ($\bar{X}$ ± S.E.) ช่วงการเคลื่อนไหวของข้อเข่าของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม ก่อนและภายหลังกล้ามเนื้อระบมทันที (0) 24 48 และ 72 ชั่วโมง

(หน่วย: องศา)

กลุ่มตัวอย่าง	ก่อนการระบมของกล้ามเนื้อ[@]	ภายหลังการระบมของกล้ามเนื้อ			
		0[@]	24[@]	48[@]	72[@]
กลุ่มควบคุม	134.00 ± 1.00	134.00 ± 1.00	118.80 ± 0.39[a, b]	120.80 ± 0.61[a, b, c]	124.90 ± 1.05[a, b, c, d]
กลุ่มทดลองที่ 1	134.00 ± 1.63	134.00 ± 1.63	117.10 ± 0.86[a, b]	120.70 ± 1.19[a, b, c]	127.50 ± 2.14[a, b, c, d]
กลุ่มทดลองที่2	133.40 ± 1.11	133.40 ± 1.12	124.60 ± 1.34[a, b, #, £]	127.30 ± 1.69[a, b, c, #, £]	131.70 ± 1.16[a, b, c, d, #, £]

หมายเหตุ @ วิเคราะห์ข้อมูลโดยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว

a แตกต่างจากก่อนการระบมของกล้ามเนื้อในกลุ่มเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

b แตกต่างจากภายหลังการระบมที่ 0 ชั่วโมง ในกลุ่มเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

c แตกต่างจากภายหลังการระบมที่ 24 ชั่วโมง ในกลุ่มเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

d แตกต่างจากภายหลังการระบมที่ 48 ชั่วโมง ในกลุ่มเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

แตกต่างจากกลุ่มควบคุมที่ระยะเวลาเดียวกัน

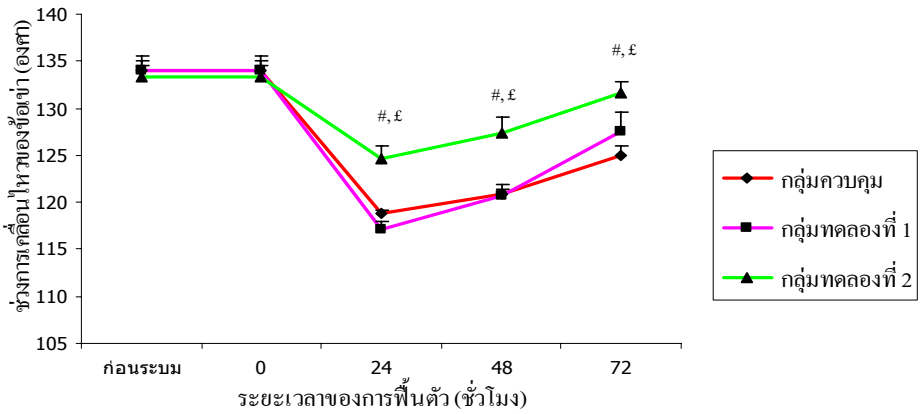
£ แตกต่างจากกลุ่มทดลองที่ 1 ที่ระยะเวลาเดียวกัน

การวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยช่วงการเคลื่อนไหวของข้อเข่าที่เกิดขึ้นภายหลังกล้ามเนื้อระบมจากการออกกำลังกายทันที (0) 24 48 และ 72 ชั่วโมง โดยใช้วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ (ตารางผนวกที่ ฉ9) พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงของช่วงการเคลื่อนไหวของข้อเข่าภายในกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p < .05$) ดังแสดงในตารางที่ 4 และตารางผนวกที่ ฉ10 ดังนี้

1. ภายในกลุ่มควบคุมเมื่อทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัวที่ระยะเวลาต่างกัน ช่วงการเคลื่อนไหวของข้อเข่าภายหลังระบมจากการออกกำลังกายที่ 24 ชั่วโมง มีการลดลงมากที่สุด โดยมีค่าแตกต่างจากก่อนการระบม 15.20 องศา และช่วงการเคลื่อนไหวของข้อเข่า มีการเพิ่มขึ้นใน 48 และ 72 ชั่วโมง ตามลำดับ แต่ช่วงการเคลื่อนไหวของข้อเข่ายังไม่ฟื้นตัวสู่ค่าช่วงการเคลื่อนไหวของข้อเข่าก่อนการระบม โดยมีค่าแตกต่างจากก่อนการระบมกับภายหลังระบม 72 ชั่วโมง เท่ากับ 9.10 องศา

2. ภายในกลุ่มทดลองที่ 1 เมื่อทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัวที่ระยะเวลาต่างกัน ช่วงการเคลื่อนไหวของข้อเข่าภายหลังระบมจากการออกกำลังกายที่ 24 ชั่วโมง มีการลดลงมากที่สุด โดยมีค่าแตกต่างจากก่อนการระบม 16.90 องศา และช่วงการเคลื่อนไหวของข้อเข่า มีการเพิ่มขึ้นใน 48 และ 72 ชั่วโมง ตามลำดับ แต่ช่วงการเคลื่อนไหวของข้อเข่ายังไม่ฟื้นตัวสู่ค่าช่วงการเคลื่อนไหวของข้อเข่าก่อนการระบม โดยมีค่าแตกต่างจากก่อนการระบมกับภายหลัง 72 ชั่วโมง เท่ากับ 6.50 องศา

3. ภายในกลุ่มทดลองที่ 2 เมื่อทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัวจากการระบมด้วยระยะเวลาต่างกัน ช่วงการเคลื่อนไหวของข้อเข่า ภายหลังการเกิดความระบมที่ 24 ชั่วโมง มีการลดลงมากที่สุด โดยมีค่าความแตกต่างจากก่อนการระบม 8.80 องศา และช่วงการเคลื่อนไหวของข้อเข่า มีการเพิ่มขึ้นใน 48 และ 72 ชั่วโมง ตามลำดับ และสามารถฟื้นตัวได้ใกล้เคียงกับก่อนเกิดการระบม ซึ่งเป็นตัวอย่างเดียวที่มีช่วงการเคลื่อนไหวของข้อเข่าลดลงไม่มาก



\# แตกต่างจากกลุ่มควบคุมที่ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติ .05

£ แตกต่างจากกลุ่มทดลองที่1 ที่ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติ .05

ภาพที่ 5 แสดงช่วงการเคลื่อนไหวของข้อเข่า ของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม ในช่วงเวลาต่างๆ

จากภาพที่ 5 แสดงให้เห็นว่าภายหลังที่กล้ามเนื้อระบมจากการออกกำลังกายและทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัวด้วยวิธีที่แตกต่างกัน พบว่า มีการลดลงของช่วงการเคลื่อนไหวของข้อเข่าในทุกกลุ่มตัวอย่างที่ภายหลัง 24 ชั่วโมง โดยกลุ่มควบคุม มีค่าลดลงมากที่สุด และลดลงในกลุ่มทดลองที่ 1 และ 2 ตามลำดับ โดยในกลุ่มทดลองที่ 2 มีการลดลงของช่วงการเคลื่อนไหวของข้อเข่าน้อยที่สุด โดยมีค่าความแตกต่างของช่วงการเคลื่อนไหวของข้อเข่า ระหว่างก่อนการระบมของกล้ามเนื้อกับภายหลังระบมจากการออกกำลังกายที่ 24 ชั่วโมง เท่ากับ 8.80 องศา และเมื่อภายหลังระบมจากการออกกำลังกายที่ 72 ชั่วโมง พบว่าช่วงการเคลื่อนไหวของข้อเข่า สามารถฟื้นตัวได้ใกล้เคียงกับก่อนการระบมของกล้ามเนื้อหลังออกกำลังกาย และการฟื้นตัวของช่วงการเคลื่อนไหวของข้อเข่า ในกลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 ไม่แตกต่างกันตลอดทุกช่วงเวลา และไม่สามารถฟื้นตัวกลับมาภายหลัง 72 ชั่วโมง นั่นแสดงให้เห็นว่าการใช้ความเย็นร่วมกับการออกกำลังกายภายในน้ำ สามารถทำให้ช่วงการเคลื่อนไหวของข้อเข่าฟื้นตัวและคงสภาพความการเคลื่อนไหวได้ดีกว่าการใช้ความเย็นเพียงอย่างเดียว หรือการใช้ความเย็นร่วมกับการแช่ในน้ำ

ทั้งนี้การที่ช่วงการเคลื่อนไหวลดลงภายหลังเกิดการระบม Clarkson and Sayers, 1999 กล่าวว่าเป็นผลมาจาก กล้ามเนื้อหดเกร็งค้างไว้ (muscle stiffness) ซึ่งเกิดจากการบวม (swelling) และการคั่งของของเหลวภายในเซลล์กล้ามเนื้อ ทำให้กล้ามเนื้อเกิดการหดสั้นเข้า สอดคล้องกับ Clarkson and Newham (1995) ที่กล่าวว่ากล้ามเนื้อหดเกร็งเป็นผลมาจากมีความผิดปกติของการสะสมแคลเซียมภายในเซลล์กล้ามเนื้อ อันเนื่องมาจากการฉีกขาดของเยื่อหุ้มเซลล์กล้ามเนื้อ หรือจากการทำหน้าที่ของ sarcoplasmic riticulum ที่ผิดปกติไป การเกิดการแข็งเกร็งของกล้ามเนื้อที่เพิ่มขึ้นทันทีเป็นผลมาจากความไม่สมดุลของแคลเซียม ที่เกิดจากการเพิ่มขึ้นของการบวม (Chleboun *et al*., 1998) และการที่กล้ามเนื้อหดเกร็งค้างไว้นั้นเป็นผลมาจากการเพิ่มสัญญาณกระตุ้นต่อ muscle spindle ที่ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการตึงตัวของกล้ามเนื้อ โดยทำให้เกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อ intrafusal muscle โดยเฉพาะบริเวณปลายทั้ง 2 ข้างทำให้บริเวณตรงกลางถูกยืดออก (ราตรี, 2535) และจากการออกกำลังกายแบบ eccentric contraction กล้ามเนื้อทั้งมัดมีการยืดยาวออกเป็นผลให้ extrafusal muscle ยืดยาวออกและไปกระตุ้นให้ muscle spindle ถูกกระตุ้นซึ่งจะถูกกระตุ้นซ้ำในกล้ามเนื้อที่เกิดการระบมจึงทำให้กล้ามเนื้อหดเกร็งค้างไว้ เป็นสาเหตุให้ช่วงการเคลื่อนไหวของเข่าลดลง (Eston and Peters, 1999) การออกกำลังกายในน้ำเป็นการออกกำลังกายที่ทำให้เกิดการไหลเวียนของเลือดได้ดีขึ้น ซึ่งช่วยส่งเสริมกระบวนการซ่อมแซมเนื้อเยื่อที่เสียหาย ทำให้เยื่อหุ้มเซลล์สามารถซ่อมแซมได้เร็วขึ้น โดยเฉพาะ sarcoplasmic riticulum ที่ทำหน้าที่เก็บแคลเซียมจากเซลล์กล้ามเนื้อ ทำให้แคลเซียมกลับคืนสู่ terminal cistanae เป็นผลให้กล้ามเนื้อเกิดการคลายตัว ทำให้การเคลื่อนไหวทำได้คล่องขึ้น

Meeusen and Lievens (1986) กล่าวว่าความเย็นทำให้ระบบประสาทผ่อนคลายและลดความไวในการส่งสัญญาณจาก muscle spindle สู่ระบบประสาทส่วนกลางที่ทำให้กล้ามเนื้อเกิดการตึงตัว ซึ่งสอดคล้องกับ Eston and Peter (1999) ที่พบว่าช่วงการเคลื่อนไหวของกลุ่มที่มีการใช้ความเย็นร่วมกับการออกกำลังกาย ลดลงไม่มากและสามารถฟื้นตัวได้เร็วขึ้นเนื่องจากไปช่วยลดการหดเกร็งซึ่งเป็นผลมาจากการลดสัญญาณกระตุ้นของ muscle spindle ที่ทำให้เคลื่อนไหวได้ง่ายขึ้น ดังนั้นการใช้ความเย็นร่วมกับการออกกำลังกายในน้ำจึงส่งเสริมให้ช่วงการเคลื่อนไหวภายหลังกล้ามเนื้อระบม ลดลงเพียงเล็กน้อยและสามารถฟื้นตัวได้เร็วกว่าการใช้ความเย็นเพียงอย่างเดียวหรือการใช้ความเย็นร่วมกับการแช่ในน้ำ

ตอนที่ 4 ระดับความเจ็บปวดของกล้ามเนื้อขา

จากการศึกษาผลของการทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัวจากการระบมที่มีต่อระดับความเจ็บปวดของกล้ามเนื้อขา โดยทำการทดสอบระดับความเจ็บปวดของกล้ามเนื้อขาของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม ก่อนให้การรักษาที่ทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัวจากการระบมแตกต่างกัน ในกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 พบว่า มีค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 0.00 ± 0.00 เท่ากันในทุกกลุ่ม ซึ่งแสดงว่ายังไม่มีความเจ็บปวดเกิดขึ้น เมื่อทำการทดสอบทางสถิติ ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแล้วพบว่า ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังแสดงในตารางที่ 5

ภายหลังจากที่กลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม ออกกำลังกายจนกล้ามเนื้อระบมและทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัวตามโปรแกรมที่กำหนดให้ในแต่ละกลุ่มแล้ว ได้มีการทดสอบระดับความเจ็บปวดของกล้ามเนื้อขา อีก 4 ครั้ง ภายหลังกล้ามเนื้อระบมจากการออกกำลังกายทันที (0 ชั่วโมง) ภายหลังกล้ามเนื้อระบมจากการออกกำลังกายที่ 24 48 และ 72 ชั่วโมง ผลการทดสอบ ดังแสดงในตารางที่ 5 และภาพที่ 6 และเมื่อทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัวโดยใช้โปรแกรมและระยะเวลาการฟื้นตัวของกล้ามเนื้อที่แตกต่างกันส่งผลต่อระดับความเจ็บปวดของกล้ามเนื้อขา อย่างมีปฏิสัมพันธ์กัน ($p < .05$) นั่นแสดงว่าวิธีการทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัวที่แตกต่างกันและระยะเวลาการฟื้นตัวของกล้ามเนื้อที่แตกต่างกันจะส่งผลต่อระดับความเจ็บปวดของกล้ามเนื้อขาแตกต่างกัน ดังแสดงในตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน 2 ทางแบบวัดซ้ำ (ตารางผนวกที่ ฉ11) และจากการมีปฏิสัมพันธ์นี้จึงทำให้ต้องแยกดำเนินการวิเคราะห์ความแตกต่างของระดับความเจ็บปวดของกล้ามเนื้อขาที่เป็นผลมาจากโปรแกรมการทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัวที่แตกต่างกัน ออกจากการวิเคราะห์ความแตกต่างของระดับความเจ็บปวดของกล้ามเนื้อขาที่เป็นผลมาจากระยะเวลาที่ใช้ในการฟื้นตัวของกล้ามเนื้อที่ต่างกัน ดังแสดงในตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (ตารางผนวกที่ ฉ12)

จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยความแตกต่างของระดับความเจ็บปวดของกล้ามเนื้อขา ภายในกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม พบว่า ระดับความเจ็บปวดของกล้ามเนื้อขา ในกลุ่มควบคุมมีค่าสูงสุดที่ภายหลัง 48ชั่วโมงและระดับความเจ็บปวดของกล้ามเนื้อขา ในกลุ่มทดลองที่ 1และกลุ่มทดลองที่ 2 มีค่าสูงสุดที่ภายหลัง 24 ชั่วโมงและระดับความเจ็บปวดของกล้ามเนื้อขา ของกลุ่มตัวอย่างทุกกลุ่มมีการลดลงเมื่อเวลาผ่านไป โดยในกลุ่มทดลองที่ 2 ระดับความเจ็บปวดของกล้ามเนื้อขา ที่เกิดขึ้น

มีค่าน้อยกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองที่ 1 และระดับความเจ็บปวดของกล้ามเนื้อขา ที่ภายหลัง 72 ชั่วโมงสามารถฟื้นตัวได้ใกล้เคียง สู่ระดับก่อนมีการระบมของกล้ามเนื้อ

จากการวิเคราะห์หาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของระดับความเจ็บปวดของกล้ามเนื้อขา ระหว่างกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่มในแต่ละช่วงเวลาเดียวกันกับ ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและช่วงการเคลื่อนไหวของข้อเข่าโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (ตารางผนวกที่ ฉ12) จากข้อมูลที่แสดงในตารางที่ 6 พบว่า

1. ระดับความเจ็บปวดของกล้ามเนื้อขาที่ทดสอบภายหลังกล้ามเนื้อระบมจากการออกกำลังกายทันที (0 ชั่วโมง) ไม่แตกต่างกันระหว่างกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองที่ 1 และ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p = .18$)

2. ภายหลังทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัวตามโปรแกรมที่แตกต่างกันเป็นเวลา 24 ชั่วโมง พบว่า ระดับความเจ็บปวดของกล้ามเนื้อขา ระหว่างกลุ่มตัวอย่าง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยกลุ่มควบคุม กับกลุ่มทดลองที่ 2 และกลุ่มทดลองที่ 1 กับกลุ่มทดลองที่ 2 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p < .05$) แต่ระหว่างกลุ่มควบคุมกับกลุ่มทดลองที่ 1 ระดับความเจ็บปวดของกล้ามเนื้อขา ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยกลุ่มควบคุมกับกลุ่มทดลองที่ 1 มีการเพิ่มขึ้นของระดับความเจ็บปวดของกล้ามเนื้อขา มากที่สุดใกล้เคียงกัน มีค่าแตกต่างกันเพียง 0.76 ในขณะที่กลุ่มทดลองที่ 2 มีการเพิ่มขึ้นของระดับความเจ็บปวดของกล้ามเนื้อขา น้อยกว่ากลุ่มควบคุมกับกลุ่มทดลองที่ 1 ซึ่งมีความแตกต่างกัน เท่ากับ 1.87 และ 2.63 ตามลำดับ

3. ภายหลังทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัวตามโปรแกรมที่แตกต่างกันเป็นเวลา 48 ชั่วโมง พบว่า ระดับความเจ็บปวดของกล้ามเนื้อขา ระหว่างกลุ่มตัวอย่าง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p < .05$) โดยพบว่ายังมีลักษณะเดียวกันกับภายหลัง 24 ชั่วโมง คือในกลุ่มทดลองที่ 2 ระดับความเจ็บปวดของกล้ามเนื้อขา แตกต่างจากกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองที่1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยกลุ่มทดลองที่ 2 มีระดับความเจ็บปวดของกล้ามเนื้อขาน้อยกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองที่ 1 โดยมีค่าแตกต่างกัน เท่ากับ 3.17และ 2.28 ตามลำดับ

4. ภายหลังทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัวตามโปรแกรมที่แตกต่างกันเป็นเวลา 72 ชั่วโมง พบว่า ระดับความเจ็บปวดของกล้ามเนื้อขา ระหว่างกลุ่มตัวอย่าง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยพบว่ายังมีลักษณะเดียวกันกับภายหลัง 48 ชั่วโมง คือในกลุ่มทดลองที่ 2 ระดับความเจ็บปวดของกล้ามเนื้อขา แตกต่างจากกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองที่1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากการวิเคราะห์ เพื่อหาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระดับความเจ็บปวดของกล้ามเนื้อขาภายหลังฟื้นตัวจากการระบมระหว่างกลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่ม พบว่า สอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัยที่ว่าการฟื้นตัวของกล้ามเนื้อที่ระบมหลังออกกำลังกาย ด้วยวิธีการที่แตกต่างกัน มีผลให้ระดับความเจ็บปวดของกล้ามเนื้อขามีการฟื้นตัวที่แตกต่างกัน

การวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระดับความเจ็บปวดของกล้ามเนื้อขาที่เกิดขึ้นภายหลังการทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัวด้วยโปรแกรมการรักษาเป็นระยะเวลาต่างกันที่ 0 24 48 และ 72 ชั่วโมง โดยใช้วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ(ตารางผนวกที่ ฉ14) พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงของระดับความเจ็บปวดของกล้ามเนื้อขาภายในกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังแสดงในตารางที่ 5 และตารางผนวกที่ ฉ15 ดังนี้

1. ภายในกลุ่มควบคุมเมื่อทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัวที่ระยะเวลาต่างกัน ระดับความเจ็บปวดของกล้ามเนื้อขาภายหลังเกิดการระบมที่ 24 ชั่วโมง มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมาก โดยมีค่าแตกต่างจากก่อนการระบม 4.81 และยังเพิ่มขึ้นใน 48 ชั่วโมง แต่เมื่อภายหลัง 72 ชั่วโมงระดับความเจ็บปวดของกล้ามเนื้อขามีค่าลดลง แต่ยังไม่ฟื้นตัวสู่ระดับความเจ็บปวดของกล้ามเนื้อขาก่อนการระบม โดยมีค่าแตกต่างจากก่อนการระบมกับภายหลัง 72 ชั่วโมง เท่ากับ 3.34

2. ภายในกลุ่มทดลองที่ 1 เมื่อทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัวที่ระยะเวลาต่างกันระดับความเจ็บปวดของกล้ามเนื้อขา ภายหลังเกิดการระบมที่ 24 ชั่วโมง เพิ่มขึ้นอย่างมากและมีค่าสูงสุด โดยมีค่าแตกต่างจากก่อนการระบม 5.57 และระดับความเจ็บปวดของกล้ามเนื้อขามีการลดลงใน 48 และ 72 ชั่วโมง ตามลำดับ แต่ระดับความเจ็บปวดของกล้ามเนื้อขายังไม่ฟื้นตัวสู่ระดับความเจ็บปวดของกล้ามเนื้อขาก่อนการระบม โดยมีค่าแตกต่างจากก่อนการระบมกับภายหลัง 72 ชั่วโมง เท่ากับ 2.91

3. ภายในกลุ่มทดลองที่ 2 เมื่อทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัวจากการระบมด้วยระยะเวลาต่างกัน ระดับความเจ็บปวดของกล้ามเนื้อขา ภายหลังการเกิดความระบมที่ 24 ชั่วโมง มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมาก และมีค่าสูงสุด โดยมีค่าความแตกต่างจากก่อนการระบม 2.94 และระดับความเจ็บปวดของกล้ามเนื้อขา มีการลดลงใน 48 และ 72 ชั่วโมง ตามลำดับ และสามารถฟื้นตัวได้ใกล้เคียงกับก่อนเกิดการระบม โดยมีค่าแตกต่างจากก่อนการระบมกับภายหลัง 72 ชั่วโมง เท่ากับ 0.33 ซึ่งเป็นกลุ่มตัวอย่างเดียวที่มีระดับความเจ็บปวดของกล้ามเนื้อขาเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ($\bar{X} \pm$ S.E.) ของระดับความเจ็บปวดของกล้ามเนื้อขา ของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม ก่อนและภายหลังกล้ามเนื้อระบมที่ 0 24 48 และ 72 ชั่วโมง

กลุ่มตัวอย่าง	ก่อนการระบมของกล้ามเนื้อ [@]	ภายหลังการระบมของกล้ามเนื้อ			
		0[@]	24[@]	48[@]	72[@]
กลุ่มควบคุม	0.00	0.00 ± 0.00	4.81 ± 0.41 [a,b]	5.16 ± 0.26 [a,b]	3.34 ± 0.22 [a,b,c,d]
กลุ่มทดลองที่ 1	0.00	0.43 ± 0.24	5.57 ± 0.55 [a,b]	4.27 ± 0.42 [a,b]	2.91 ± 0.25 [a,b,c,d]
กลุ่มทดลองที่2	0.00	0.22 ± 0.15	2.94 ± 0.43 [a,b,#,£]	1.99 ± 0.29 [a,b, #,£]	0.33 ± 0.17 [a,c,d,#,£]

หมายเหตุ @ วิเคราะห์ข้อมูลโดยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว

a แตกต่างจากก่อนการระบมของกล้ามเนื้อในกลุ่มเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

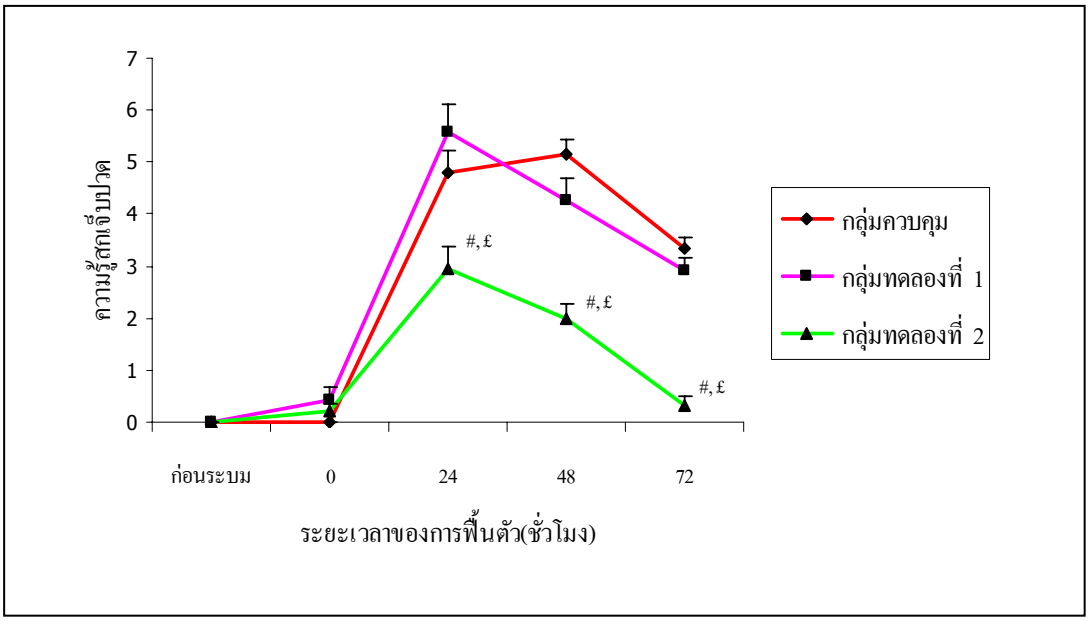
b แตกต่างจากภายหลังการระบมที่ 0 ชั่วโมง ในกลุ่มเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

c แตกต่างจากภายหลังการระบมที่ 24 ชั่วโมง ในกลุ่มเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

d แตกต่างจากภายหลังการระบมที่ 48 ชั่วโมง ในกลุ่มเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

แตกต่างจากกลุ่มควบคุมที่ระยะเวลาเดียวกัน

£ แตกต่างจากกลุ่มทดลองที่ 1 ที่ระยะเวลาเดียวกัน



\# แตกต่างจากกลุ่มควบคุมที่ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติ .05

£ แตกต่างจากกลุ่มทดลองที่1 ที่ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติ .05

ภาพที่ 6 แสดงระดับความเจ็บปวดของกล้ามเนื้อขาของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม ในช่วงเวลาต่าง ๆ

จากภาพที่ 6 แสดงให้เห็นว่าภายหลังที่กล้ามเนื้อระบมและทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัวด้วยวิธีที่แตกต่างกัน พบว่า มีการเพิ่มขึ้นของระดับความเจ็บปวดของกล้ามเนื้อขาในทุกกลุ่มตัวอย่างภายหลังกล้ามเนื้อระบมจากการออกกำลังกายที่ 24 ชั่วโมง โดยกลุ่มทดลองที่ 1 มีระดับความเจ็บปวดของกล้ามเนื้อขาสูงสุดและมีการเพิ่มขึ้นใกล้เคียง กับกลุ่มควบคุม ในกลุ่มทดลองที่ 2 มีการเพิ่มขึ้นของระดับความเจ็บปวดของกล้ามเนื้อขาน้อยที่สุด โดยมีค่าความแตกต่างของระดับความเจ็บปวดของกล้ามเนื้อขา ระหว่างก่อนการระบมของกล้ามเนื้อกับภายหลังระบมที่ 24 ชั่วโมง เท่ากับ 2.94 และในทุกกลุ่มมีแนวโน้มว่าระดับความเจ็บปวดของกล้ามเนื้อขาลดลงเมื่อระยะเวลาของการฟื้นตัวผ่านไป 48 และ 72 ชั่วโมง ตามลำดับ แต่มีเพียงกลุ่มทดลองที่ 2 พบว่าระดับความเจ็บปวดของกล้ามเนื้อขา สามารถฟื้นตัวได้ใกล้เคียงกับก่อนการระบมของกล้ามเนื้อหลังออกกำลังกาย โดยมีค่าแตกต่างกัน 0.33 และการฟื้นตัวของระดับความเจ็บปวดของกล้ามเนื้อขา ในกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองที่ 1 ไม่แตกต่างกันตลอดทุกช่วงเวลา และไม่สามารถฟื้นตัวกลับมาภายหลัง 72 ชั่วโมง นั่นแสดงให้เห็นว่า การใช้ความเย็นร่วมกับการออกกำลังกายภายในน้ำ สามารถทำให้ระดับความเจ็บปวดของกล้ามเนื้อขา ฟื้นตัวได้ดีกว่าการใช้ความเย็นเพียงอย่างเดียว หรือการใช้ความเย็น

ร่วมกับการแช่ในน้ำทั้งนี้ การปวดระบมกล้ามเนื้อที่เกิดขึ้นในกลุ่มตัวอย่าง เป็นการปวดที่เกิดขึ้นภายหลังการออกกำลังกายไป 24 – 48 ชั่วโมง และยังมีอาการอยู่อีกหลายวัน ซึ่งจากงานวิจัยนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ William *et al.* (1992) ที่ศึกษาผลของการนวดด้วยน้ำแข็ง การนวดด้วยน้ำแข็งร่วมกับการออกกำลังกาย และการออกกำลังกาย ที่มีต่อการป้องกันและรักษาการระบมของกล้ามเนื้อ โดยรายงานว่า อาการปวดมักเกิดในขณะมีการเคลื่อนไหว หรือมีแรงกดจากการบีบนวดภายหลังการออกกำลังกายไปแล้ว 24-48 ชั่วโมงในทุกกลุ่ม แต่กลุ่มที่มีการออกกำลังกายพบว่ามีอาการปวดน้อยกว่ากลุ่มอื่น ซึ่งสนับสนุนการศึกษาของ Smith (1991) ที่กล่าวว่ามีแรงดันไปกระตุ้นตัวรับความรู้สึกเจ็บปวดคือ free nerve ending ซึ่งเกิดจากการบวมและมีการคั่งของของเหลวภายในเซลล์กล้ามเนื้อ โดยเฉพาะบริเวณช่องว่างระหว่างเซลล์ (intracellular) ซึ่งเป็นบริเวณที่ขยายตัวได้น้อย และสอดคล้องกับ Clarkson and Newham (1995) ที่กล่าวว่าสารเคมีที่ร่างกายหลั่งออกมาในขบวนการอักเสบได้แก่ bradykinin, serotonin และ histamine ไปกระตุ้นตัวรับความรู้สึกเจ็บปวดทำให้เกิดการเจ็บปวด จากงานวิจัยในครั้งนี้ พบว่า การออกกำลังกายในน้ำเป็นวิธีการที่ทำให้เกิดการปวดระบมน้อยที่สุดและสามารถฟื้นตัวได้ใกล้เคียงกับก่อนการระบม โดยใช้เวลาน้อยกว่าวิธีการรักษาอื่น ทั้งนี้การออกกำลังกายในน้ำทำให้เกิดการเคลื่อนย้ายของสารเคมีที่ไปกระตุ้นตัวรับความรู้สึกเจ็บปวด ผ่านทางกระแสเลือดโดยการออกกำลังกายทำให้เกิดการไหลเวียนของเลือดได้ดีขึ้น ร่วมกับแรงดันของน้ำที่เกิดขึ้นในขณะเคลื่อนไหวในน้ำส่งเสริมให้มีการเคลื่อนย้ายสารเคมีที่เป็นตัวกระตุ้นความเจ็บปวดได้ดีขึ้น จึงทำให้มีความเจ็บปวดน้อยกว่ากลุ่มอื่น และสามารถฟื้นตัวได้ใกล้เคียงกับก่อนการระบมของกล้ามเนื้อหลังออกกำลังกาย

ตอนที่ 5 เส้นรอบวงของขา

จากการศึกษาผลของ การทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัวจากการระบมที่มีต่อการบวมของขา โดยการวัดเส้นรอบวงของขา ในกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม พบว่าก่อนทำให้กล้ามเนื้อเกิดการระบมในกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 มีค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของเส้นรอบวงของขาเท่ากับ 44.13 ±1.05, 46.73±1.13 และ 47.15±1.19 เซนติเมตร ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 6 เมื่อทำการทดสอบทางสถิติ ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแล้วพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p = .17$)

ภายหลังจากที่กลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม ออกกำลังกายจนกล้ามเนื้อระบมและทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัวตามโปรแกรมที่กำหนดให้ในแต่ละกลุ่มแล้ว ได้มีการวัดเส้นรอบวงของขา อีก 4 ครั้ง

ในทันทีภายหลังจากการออกกำลังกายให้กล้ามเนื้อระบม (0 ชั่วโมง) ภายหลังกล้ามเนื้อระบมจากการออกกำลังกายที่ 24 48 และ 72 ชั่วโมง ผลการทดสอบ ดังแสดงในตารางที่ 6 และภาพที่ 4 และเมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางแบบวัดซ้ำ ดังแสดงในตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน 2 ทางแบบวัดซ้ำ (ตารางผนวกที่ ฉ16) พบว่า ปฏิสัมพันธ์ระหว่างวิธีการทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัวและระยะเวลาการฟื้นตัวจากการระบมไม่มีผลกระทบต่อขนาดเส้นรอบวงของขาอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ($p > .05$) นั่นแสดงว่า วิธีการทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัวที่แตกต่างกันและระยะเวลาการฟื้นตัวที่แตกต่างกัน ไม่ส่งผลต่อเส้นรอบวงของขาแตกต่างกัน

จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยความแตกต่างของเส้นรอบวงของขา ภายในกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม พบว่า เส้นรอบวงของขาในกลุ่มตัวอย่างทุกกลุ่มมีการเพิ่มขึ้นสูงสุด ที่ภายหลัง 24 ชั่วโมง และเส้นรอบวงของขามีการลดลงที่ภายหลัง 48 และ 72 ชั่วโมง ตามลำดับ และเมื่อวิเคราะห์หาความแตกต่างค่าเฉลี่ยของเส้นรอบวงขา ระหว่างกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม ในแต่ละช่วงเวลา ได้แก่ ก่อนการระบมของกล้ามเนื้อ ภายหลังกล้ามเนื้อระบมจากการออกกำลังกายทันที (0) 24 48 และ 72 ชั่วโมง โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (ตารางผนวกที่ ฉ17) จากข้อมูลของเส้น รอบวงขาที่แสดงในตารางที่ 6 พบว่า

1. เส้นรอบวงของขาที่ทดสอบภายหลังกล้ามเนื้อระบมจากการออกกำลังกายทันที (0 ชั่วโมง) ไม่แตกต่างกันระหว่างกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. ภายหลังทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัวตามโปรแกรมที่แตกต่างกันเป็นเวลา 24 ชั่วโมง พบว่า เส้นรอบวงของขา ระหว่างกลุ่มตัวอย่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ภายหลังทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัวตามโปรแกรมที่แตกต่างกันเป็นเวลา 48 ชั่วโมง พบว่า เส้นรอบวงของขา ระหว่างกลุ่มตัวอย่าง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. ภายหลังทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัวตามโปรแกรมที่แตกต่างกันเป็นเวลา 72 ชั่วโมง พบว่า เส้นรอบวงของขา ระหว่างกลุ่มตัวอย่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากการวิเคราะห์ เพื่อหาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของเส้นรอบวงของขา ภายหลังฟื้นตัวจากการระบมระหว่างกลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่ม ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวพบว่าไม่สอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัยที่ว่า การฟื้นตัวของกล้ามเนื้อที่ระบมหลังออกกำลังกาย โดยการทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัวด้วยวิธีการที่แตกต่างกัน มีผลให้การบวมของกล้ามเนื้อที่ระบมจากการออกกำลังกาย โดยวัดจากเส้นรอบวงของขา มีการฟื้นตัวที่แตกต่างกัน

การวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเส้นรอบวงของขา ที่เกิดขึ้นภายหลังทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัว ด้วยโปรแกรมการทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัวเป็นระยะเวลาต่างกันที่ 0 24 48 และ 72 ชั่วโมง โดยใช้วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ (ตารางผนวกที่ ฉ19) พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงของเส้นรอบวงของขาภายในกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังแสดงในตารางที่ 6 และตารางผนวกที่ ฉ20 ดังนี้

1. ภายในกลุ่มควบคุมเมื่อทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัวที่ระยะเวลาต่างกัน เส้นรอบวงของขาภายหลังเกิดการระบมมีการเพิ่มขึ้นทันที และภายหลังเกิดการระบมที่ 24 ชั่วโมง มีค่าเพิ่มขึ้นมากที่สุด โดยมีค่าแตกต่างจากก่อนการระบม 0.90 เซนติเมตร และค่อยๆลดลงภายหลังเกิดการระบมที่ 48 และ 72 ชั่วโมงตามลำดับ แต่เส้นรอบวงของขา ยังไม่ฟื้นตัวสู่เส้นรอบวงของขาก่อนการระบม โดยมีค่าแตกต่างจากก่อนการระบมกับภายหลังเกิดการระบมที่ 72 ชั่วโมง เท่ากับ 0.34 เซนติเมตร

2. ภายในกลุ่มทดลองที่ 1 เมื่อทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัวที่ระยะเวลาต่างกัน เส้นรอบวงของขาภายหลังเกิดการระบมมีการเพิ่มขึ้นมากที่สุด โดยมีค่าแตกต่างจากก่อนการระบม 0.60 เซนติเมตร และมีค่าใกล้เคียงกับภายหลังการระบมที่ 24 ชั่วโมงโดยมีค่าแตกต่างกัน 0.55 เซนติเมตร และค่อยๆลดลงภายหลังเกิดการระบมที่ 48 และ 72 ชั่วโมงตามลำดับ และเส้นรอบวงของขามีการฟื้นตัวได้ใกล้เคียงกับเส้นรอบวงของขาก่อนการระบม โดยมีค่าแตกต่างจากก่อนการระบมกับภายหลังเกิดการระบมที่ 72 ชั่วโมง เท่ากับ0.02 เซนติเมตร

3. ภายในกลุ่มทดลองที่ 2 เมื่อทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัวจากการระบมด้วยระยะเวลาต่างกัน เส้นรอบวงของขาภายหลังเกิดการระบมมีการเพิ่มขึ้นทันที และที่ภายหลังเกิดการระบมที่ 24 ชั่วโมง มีค่าเพิ่มขึ้นมากที่สุด โดยมีค่าแตกต่างจากก่อนการระบม 0.80 เซนติเมตร และค่อย ๆ ลดลงภายหลังเกิดการระบมที่ 48 และ 72 ชั่วโมงตามลำดับ และเส้นรอบวงของขายังไม่ฟื้นตัวสู่เส้นรอบวงของขาก่อนการระบม โดยมีค่าแตกต่างจากก่อนการระบมกับภายหลังเกิดการระบมที่ 72 ชั่วโมง เท่ากับ 0.27 เซนติเมตร

ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ($\bar{X} \pm$ S.E.) ของเส้นรอบวงของขาของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม ก่อนและภายหลังกล้ามเนื้อระบมที่ 0 24 48 และ 72 ชั่วโมง

(หน่วย: เซนติเมตร)

กลุ่มตัวอย่าง	ก่อนการระบมของกล้ามเนื้อ [@]	ภายหลังการระบมของกล้ามเนื้อ			
		0[@]	24[@]	48[@]	72[@]
กลุ่มควบคุม	44.13 ± 1.05	44.63 ± 1.03 [a]	45.03 ± 1.00[a]	44.92 ± 0.96[a]	44.47 ± 0.99[a,c,d]
กลุ่มทดลองที่ 1	46.73 ± 1.13	47.33 ± 1.08 [a]	47.28 ± 1.08 [a]	47.20 ± 1.12[a]	46.75 ± 1.14 [b,c,d]
กลุ่มทดลองที่ 2	47.15 ± 1.19	47.48 ± 1.18 [a]	47.95 ± 1.21 [a,b]	47.92 ± 1.15 [a,b]	47.42 ± 1.17 [a,c,d]

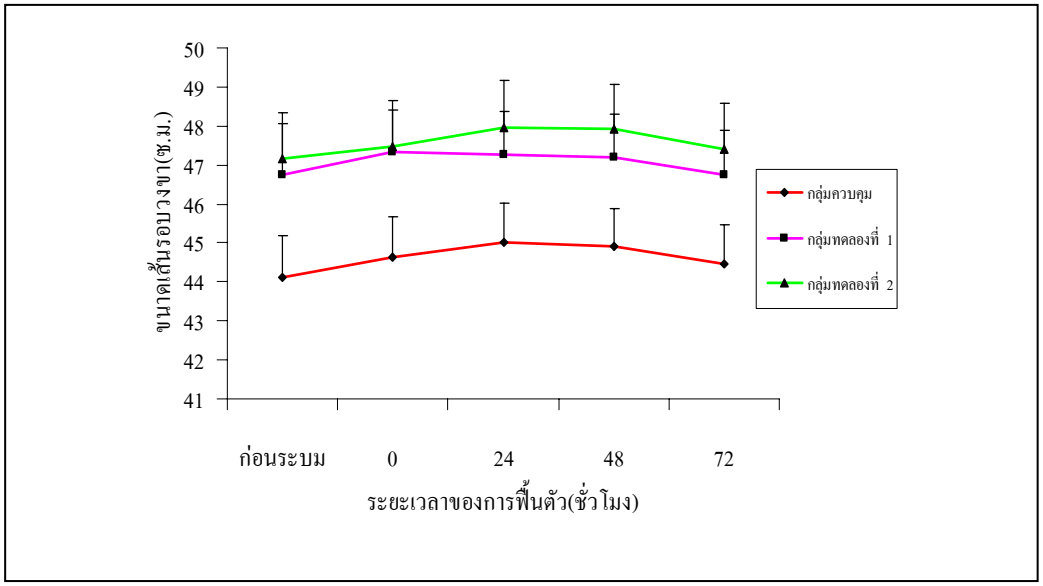
หมายเหตุ @ วิเคราะห์ข้อมูลโดยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว

a แตกต่างจากก่อนการระบมของกล้ามเนื้อในกลุ่มเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

b แตกต่างจากภายหลังการระบมที่ 0 ชั่วโมง ในกลุ่มเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

c แตกต่างจากภายหลังการระบมที่ 24 ชั่วโมง ในกลุ่มเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

d แตกต่างจากภายหลังการระบมที่ 48 ชั่วโมง ในกลุ่มเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05



ภาพที่ 7 แสดงเส้นรอบวงขาของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม ในช่วงเวลาก่อนการระบมของกล้ามเนื้อ และภายหลังการฟื้นตัวของกล้ามเนื้อที่ 0 24 48 และ 72 ชั่วโมง

จากภาพที่ 7 แสดงให้เห็นว่าภายหลังที่กล้ามเนื้อระบมและทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัวด้วยวิธีที่แตกต่างกัน พบว่า มีการเพิ่มขึ้นของเส้นรอบวงของขาในทุกกลุ่มตัวอย่าง ทันทีหลังออกกำลังกายที่ทำให้กล้ามเนื้อระบม (0 ชั่วโมง) และที่ภายหลังเกิดการระบมที่ 24 ชั่วโมงมีการเพิ่มขึ้นมากที่สุดในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองที่ 2 แต่ในกลุ่มทดลองที่ 1 มีการเพิ่มขึ้นมากที่สุดที่ ภายหลังระบมจากการออกกำลังกายทันที (0 ชั่วโมง) และในทุกกลุ่มจะมีค่าลดลงเมื่อเวลาผ่านไป 48 และ 72 ชั่วโมงตามลำดับ โดยในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองที่ 2 มีการลดลงของเส้นรอบวงของขาแต่ไม่สามารถฟื้นตัวได้เท่าเดิม แต่ในกลุ่มทดลองที่ 1 เส้นรอบวงขาสามารถฟื้นตัวได้ใกล้เคียงกับก่อนเกิดการระบม โดยมีความแตกต่างของเส้นรอบวงของขา ระหว่างก่อนการระบมของกล้ามเนื้อกับภายหลังเกิดการระบมที่ 72 ชั่วโมง เท่ากับ 0.02 เซนติเมตร

ถึงแม้ว่าค่าเฉลี่ยของเส้นรอบวงของขาที่บ่งบอกถึงการบวมของขา ที่ทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัวด้วยวิธีที่แตกต่างกัน มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่มีข้อสังเกตว่าในกลุ่มทดลองที่ 1 ที่ใช้การนวดด้วยน้ำแข็งร่วมกับการแช่ในน้ำ มีค่าเฉลี่ยของเส้นรอบวงของขาเพิ่มขึ้นน้อยที่สุด และสามารถฟื้นตัวได้ใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยของเส้นรอบวงขาก่อนการระบม นั่นแสดงให้เห็นว่าการนวดด้วยน้ำแข็งร่วมกับการแช่ในน้ำมีส่วนช่วยให้การบวมของกล้ามเนื้อเกิดขึ้นไม่มากนัก เมื่อเทียบกับการนวดด้วยน้ำแข็งอย่างเดียว และการนวดด้วยน้ำแข็งร่วมกับออก

กำลังกายในน้ำ สุวิทย์ (2545) กล่าวว่า การบวมที่เกิดขึ้นภายหลังการออกกำลังกายแบบ eccentric contraction เกิดขึ้นจากมีการฉีกขาดของเยื่อหุ้มเซลล์กล้ามเนื้อ โดยทันทีของการฉีกขาด เส้นเลือดจะหดตัว และหลังจากนั้น 5 – 10 นาที ต่อมาเส้นเลือดจะมีการขยายตัวเล็กน้อยเพื่อให้เลือดมาเลี้ยงบริเวณที่บาดเจ็บมากขึ้น โดยปกติผนังหลอดเลือดจะมีรูกระจายทั่วไปเหมือนรูตะแกรง สารละลายต่างๆเช่นโปรตีน เอ็นไซม์ ภายในหลอดเลือดไม่สามารถเล็ดลอดออกนอกหรือเข้าสู่เซลล์ได้ ดังนั้นเมื่อเส้นเลือดมีการขยายตัวรูตะแกรงจะขยายตัวออก ทำให้โปรตีนในพลาสมาและของเหลวสามารถเล็ดลอดออกไปได้ และเซลล์กล้ามเนื้อที่บาดเจ็บเริ่มมีการเสื่อมและตาย จะไปกระตุ้นให้มีการหลั่งสารเคมีตัวกลาง เพื่อไปกระตุ้นเม็ดเลือดขาวและเซลล์กำจัดขยะให้เคลื่อนเข้ามาทำลายซึ่งสารเคมีตัวกลางเหล่านี้จะไปกระตุ้นให้เส้นเลือดขยายตัวมากกว่าเดิมหลายเท่าจึงทำให้รูตะแกรงนี้ขยายถ่างออกเพียงพอให้พลาสมาซึ่งรวมเอาเม็ดสารต่าง ๆ ซึมออกมากองอยู่ในช่องว่างระหว่างเซลล์มากขึ้นจึงทำให้เกิดการบวม จากการที่ใช้การนวดน้ำแข็ง การนวดน้ำแข็งร่วมกับการแช่ในน้ำและการนวดน้ำแข็งร่วมกับการออกกำลังกายในน้ำ พบว่าไม่สามารถช่วยในการลดบวมที่เกิดจากการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อได้ เนื่องจากกระบวนการอักเสบยังเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งสอดคล้องกับ Howatson *et al*. (2003) ที่ศึกษาผลของการนวดน้ำแข็งที่มีต่อการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อภายหลังการออกกำลังกาย การวิจัยครั้งนี้ถึงแม้ว่าจะไม่สามารถช่วยในการลดบวมที่เกิดจากการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อได้ แต่ในกลุ่มที่นวดน้ำแข็งร่วมกับการแช่ในน้ำ มีการบวมน้อยกว่าในทุกกลุ่มและสามารถฟื้นตัวได้ใกล้เคียงกับก่อนการระบมนั้น เนื่องจากแรงดันของน้ำที่เกิดขึ้นในขณะแช่ในน้ำไปลดการขยายตัวของหลอดเลือดทำให้สารต่างๆโดยเฉพาะพลาสมา ไม่ให้หลุดลอดออกมาอยู่ในช่องว่างระหว่างเซลล์มากขึ้น จึงทำให้ในกลุ่มนี้มีการบวมน้อยกว่าทุกกลุ่ม แรงดันน้ำยังมีผลต่อการบวมจากการระบมของกล้ามเนื้อภายหลังการออกกำลังกาย ที่ทำให้มีขนส่งออกซิเจนไปยังกล้ามเนื้อลดลงทำให้เซลล์กล้ามเนื้อถูกทำลายมากขึ้น (Friden and Lieber, 2001) โดยแรงดันน้ำไปช่วยลดการซึมผ่านของ leucocytes และ monocytes ที่เกิดจากการทำลายเซลล์กล้ามเนื้อในระยะแรกของการอักเสบ ทำให้สามารถลดบวมได้ แต่ในกลุ่มที่มีการออกกำลังกายในน้ำพบว่าแรงดันของน้ำที่เกิดขึ้นจะมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาที่มีการเคลื่อนไหวจึงไม่สามารถช่วยลดการขยายตัวของหลอดเลือด จึงทำให้สารต่าง ๆ ยังหลุดลอดออกมาอยู่ในช่องว่างระหว่างเซลล์เป็นผลให้เกิดการบวมที่มากขึ้น

ตอนที่ 6 ระดับเอ็นไซม์ ครีเอทีน ไคเนส

จากการศึกษาผลของการทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัวจากการระบมที่มีต่อระดับเอ็นไซม์ครีเอทีน ไคเนส โดยการเจาะเลือดจากกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม ก่อนออกกำลังกายที่ทำให้กล้ามเนื้อระบม ในกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 พบว่า มีค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อน มาตรฐานเท่ากับ 102.80 ± 11.99, 90.60 ± 10.84 และ 101.10 ± 8.27 ยูนิต/ลิตร ตามลำดับ ดังแสดง ในตารางที่ 7 เมื่อทำการทดสอบทางสถิติ ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแล้ว พบว่า ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p = .67$)

ภายหลังจากที่กลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม ออกกำลังกายจนกล้ามเนื้อระบมและทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัวตามโปรแกรมที่กำหนดให้ในแต่ละกลุ่มแล้ว ได้มีการเจาะเลือดจากกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม อีก 4 ครั้ง ในทันทีภายหลังจากการออกกำลังกายให้กล้ามเนื้อระบม (0 ชั่วโมง) ภายหลังกล้ามเนื้อระบม 24 48 และ 72 ชั่วโมง ผลการทดสอบ ดังแสดงในตารางที่ 7 และภาพที่ 8 และเมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางแบบวัดซ้ำ พบว่า การทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัวโดยใช้โปรแกรมและระยะเวลาการฟื้นตัวของกล้ามเนื้อที่แตกต่างกันส่งผลต่อระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนส อย่างมีปฏิสัมพันธ์กัน ($p < .05$) นั่นแสดงว่าวิธีการทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัวที่แตกต่างกันและระยะเวลา การฟื้นตัวที่แตกต่างกัน จะส่งผลต่อระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนส แตกต่างกัน ดังแสดงในตาราง วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ตารางผนวกที่ ฉ21) และจากการมีปฏิสัมพันธ์นี้ จึงทำให้ต้องแยกดำเนินการวิเคราะห์ความแตกต่างของระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนส ที่เป็นผลมาจากโปรแกรมการทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัวที่แตกต่างกัน ออกจากการวิเคราะห์ความแตกต่างของระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนส ที่เป็นผลมาจากระยะเวลาที่ใช้ในการฟื้นตัวของกล้ามเนื้อที่ต่างกัน

จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยความแตกต่างของระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนส ภายในกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม พบว่า ระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนส ในกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 มีค่าสูงสุด ภายหลังกล้ามเนื้อระบมจากการออกกำลังกายที่ 24 ชั่วโมง และระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนสของกลุ่มตัวอย่างทุกกลุ่ม มีค่าลดลงเมื่อเวลาผ่านไป โดยระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนส ที่เกิดขึ้นในกลุ่มควบคุมมีค่าน้อยกว่าในกลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 และระดับระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนส ภายหลังกล้ามเนื้อระบมจากการออกกำลังกายที่ 72 ชั่วโมง สามารถฟื้นตัวได้ใกล้เคียงสู่ ระดับก่อนมีการระบมของกล้ามเนื้อในทุกกลุ่ม

จากการวิเคราะห์หาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของระดับระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนส ระหว่างกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่มในแต่ละช่วงเวลา โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว จากข้อมูลที่แสดงในตารางที่ 7 และตารางผนวกที่ ฉ22 พบว่า

1. ระดับระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนส ที่ทดสอบภายหลังกล้ามเนื้อระบมจากการออกกำลังกายทันที(0 ชั่วโมง) ไม่แตกต่างกัน ระหว่างกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. ภายหลังการทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัวตามโปรแกรมที่แตกต่างกันเป็นเวลา 24 ชั่วโมง พบว่าระดับระดับเอ็นไซม์ ครีเอทีนไคเนส ระหว่างกลุ่มตัวอย่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ภายหลังการทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัวตามโปรแกรมที่แตกต่างกันเป็นเวลา 48 ชั่วโมง พบว่าระดับระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนส ระหว่างกลุ่มตัวอย่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. ภายหลังการทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัวตามโปรแกรมที่แตกต่างกันเป็นเวลา 72 ชั่วโมง พบว่าระดับระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนส ระหว่างกลุ่มตัวอย่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากการวิเคราะห์ เพื่อหาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของระดับระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนส ภายหลังฟื้นตัวจากการระบมระหว่างกลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่มด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว พบว่า ไม่สอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัยที่ว่าการฟื้นตัวของกล้ามเนื้อที่ระบมหลังออกกำลังกาย โดยทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัวด้วยวิธีการที่แตกต่างกัน มีผลให้ระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนส มีการฟื้นตัวที่แตกต่างกัน

การวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระดับเอ็นไซม์ ครีเอทีนไคเนส ที่เกิดขึ้นภายหลังการทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัว ด้วยโปรแกรมเป็นระยะเวลาต่างกันที่ 0 24 48 และ 72 ชั่วโมง โดยใช้วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ (ตารางผนวกที่ ฉ24) พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงของระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนส ภายในกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p < .05$) ดังแสดงในตารางที่ 7 และตารางผนวกที่ ฉ25 ดังนี้

1. ภายในกลุ่มควบคุมเมื่อทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัวที่ระยะเวลาต่างกันระดับ เอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนส ภายหลังเกิดการระบมมีการเพิ่มขึ้นทันที และที่ภายหลังการระบมที่ 24 ชั่วโมง มีค่าเพิ่มขึ้นมากที่สุด โดยมีค่าแตกต่างจากก่อนการระบม 435.30 ยูนิต/ลิตร และค่อย ๆ ลดลง ภายหลังการระบมที่ 48 และ 72 ชั่วโมงตามลำดับ และระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนส ยังไม่ฟื้นตัวสู่ระดับเอ็นไซม์ ครีเอทีนไคเนส ก่อนการระบม โดยมีค่าแตกต่างจากก่อนการระบมกับภายหลังการระบมที่ 72 ชั่วโมง เท่ากับ 56.40 ยูนิต/ลิตร

2. ภายในกลุ่มทดลองที่ 2 เมื่อทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัวที่ระยะเวลาต่างกันระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนส ภายหลังเกิดการระบมมีการเพิ่มขึ้นทันที และที่ภายหลังการระบมที่ 24 ชั่วโมง มีค่าเพิ่มขึ้นมากที่สุด โดยมีค่าแตกต่างจากก่อนการระบม 508.30 ยูนิต/ลิตร และค่อย ๆ ลดลง ภายหลังการระบมที่ 48 และ 72 ชั่วโมงตามลำดับโดยที่ภายหลังการระบมที่ 48 ชั่วโมงระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนส มีค่าใกล้เคียงกับภายหลังการระบมที่ 24 ชั่วโมง และระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนส ยังไม่ฟื้นตัวสู่ ระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนส ก่อนการระบมโดยมีค่าแตกต่างจากก่อนการระบมกับภายหลังการระบมที่ 72 ชั่วโมง เท่ากับ 42.50 ยูนิต/ลิตร

3. ภายในกลุ่มทดลองที่ 2 เมื่อทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัวที่ระยะเวลาต่างกันระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนส ภายหลังเกิดการระบมมีการเพิ่มขึ้นทันที และที่ภายหลังการระบมที่ 24 ชั่วโมง มีค่าเพิ่มขึ้นมากที่สุด โดยมีค่าแตกต่างจากก่อนการระบม 496.60 ยูนิต/ลิตร และค่อย ๆ ลดลง ภายหลัง การระบมที่ 48 และ 72 ชั่วโมงตามลำดับ และระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนสยังไม่ฟื้นตัวสู่ระดับ เอ็นไซม์ ครีเอทีนไคเนสก่อนการระบม โดยมีค่าแตกต่างจากก่อนการระบมกับภายหลังการระบมที่72ชั่วโมง เท่ากับ 41.90 ยูนิต/ลิตร

ตารางที่ 7 ค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ($\bar{X} \pm$ S.E.) ของระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนส ของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม ก่อนและภายหลังกล้ามเนื้อระบมที่ 0 24 48 และ 72 ชั่วโมง

(หน่วย: ยูนิต/ลิตร)

กลุ่มตัวอย่าง	ก่อนการระบมของกล้ามเนื้อ[@]	ภายหลังการระบมของกล้ามเนื้อ			
		0[@]	24[@]	48[@]	72[@]
กลุ่มควบคุม	102.80 ± 11.99	170.40 ± 16.43[a]	538.10 ± 10.74[a,b]	493.40 ± 14.19[a,b,c]	159.20 ± 9.18[a,b,c,d]
กลุ่มทดลองที่ 1	90.60 ± 10.84	133.40 ± 15.49[a]	598.90 ± 58.09[a,b]	590.60 ± 45.26[a,b]	133.10 ± 11.98[a,c,d]
กลุ่มทดลองที่ 2	101.10 ± 8.27	135.30 ± 10.31[a]	597.90 ± 28.19[a,b]	553.90 ± 25.19[a,b,c]	143.00 ± 11.19[a,c,d]

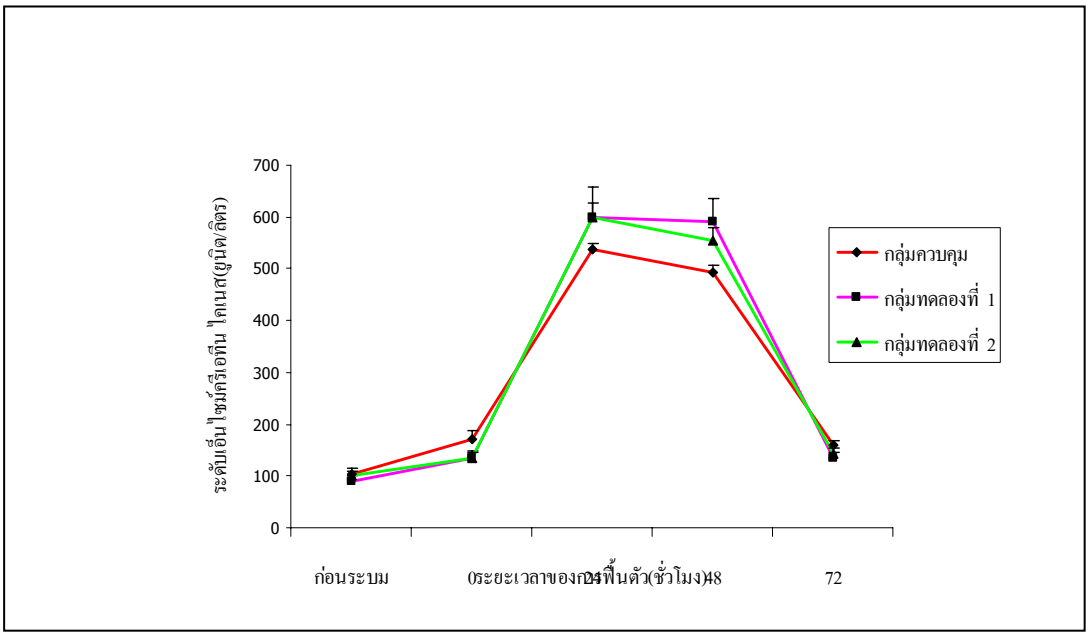
หมายเหตุ @ วิเคราะห์ข้อมูลโดยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว

a แตกต่างจากก่อนการระบมของกล้ามเนื้อในกลุ่มเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

b แตกต่างจากภายหลังการระบมที่ 0 ชั่วโมง ในกลุ่มเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

c แตกต่างจากภายหลังการระบมที่ 24 ชั่วโมง ในกลุ่มเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

d แตกต่างจากภายหลังการระบมที่ 48 ชั่วโมง ในกลุ่มเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05



ภาพที่ 8 แสดงระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนส ของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม ในช่วงเวลาต่างๆ

จากภาพที่ 8 แสดงให้เห็นว่าภายหลังที่กล้ามเนื้อระบมและทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัวด้วยวิธีที่แตกต่างกัน พบว่า มีการเพิ่มขึ้นของ เอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนส ในทุกกลุ่มตัวอย่าง ทันทีหลังออกกำลังกายที่ทำให้กล้ามเนื้อระบม (0 ชั่วโมง) และภายหลังการระบมที่ 24 ชั่วโมงมีการเพิ่มขึ้นมากที่สุดในทุกกลุ่มตัวอย่าง และมีค่าลดลงเมื่อเวลาผ่านไป 48 และ 72 ชั่วโมงตามลำดับ โดยในทุกกลุ่มตัวอย่าง เอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนส ไม่สามารถฟื้นตัวได้เท่ากับก่อนกล้ามเนื้อระบม การเพิ่มขึ้นของเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนส ที่หลั่งออกนอกเซลล์เนื่องมาจากการฉีกขาดของเยื่อหุ้มเซลล์กล้ามเนื้อและมีการกำจัดออกอย่างช้า ๆ เข้าสู่กระแสเลือด ซึ่งพบว่าในกลุ่มตัวอย่างทุกกลุ่ม เอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนส มีการเปลี่ยนแปลงที่ไม่แตกต่างกัน ซึ่งไม่สอดคล้องกับ William *et al.* (1992) ที่ศึกษาผลของการนวดน้ำแข็ง การนวดน้ำแข็งร่วมกับการออกกำลังกาย และการออกกำลังกายที่มีต่อการระบมของกล้ามเนื้อ พบว่าในกลุ่มที่มีการออกกำลังกาย และกลุ่มที่นวดน้ำแข็งร่วมกับการออกกำลังกายการเพิ่มขึ้นของเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนส จะเกิดขึ้นภายหลัง 72 ชั่วโมงและเพิ่มขึ้นน้อยกว่ากลุ่มที่นวดน้ำแข็งอย่างเดียว โดยอธิบายว่าเกี่ยวข้องกับทฤษฎีการฉีกขาดของเนื้อเยื่อ โดยพบว่าเนื้อเยื่อของกล้ามเนื้อเมื่อมีการออกกำลังกายอย่างต่อเนื่อง ภายหลังออกกำลังกายอย่างหนัก จะช่วยลดการบาดเจ็บเสียหายของกล้ามเนื้อ ทำให้เยื่อหุ้มเซลล์เกิดการเสียหายน้อยลง จึงทำให้เอ็นไซม์ครีเอทีน ไคเนส เล็ดลอดออกจากเซลล์กล้ามเนื้อและเข้าสู่กระแสเลือดลดลง แต่งานวิจัยครั้งนี้พบว่าถึงแม้ เอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนส ในกลุ่มที่มีการออกกำลังกายในน้ำจะไม่

สอดคล้องกับของ William *et al*. (1992) แต่ค่าเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนส มีค่าน้อยกว่าในกลุ่มอื่นที่ไม่ได้มีการออกกำลังกายร่วมด้วย ดังนั้นการออกกำลังกายในน้ำในการวิจัยครั้งนี้ยังต้องมีการปรับปรุงโปรแกรมให้เหมาะสม เพื่อให้เอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนส มีค่าที่ลดลงซึ่งบ่งบอกว่ากล้ามเนื้อมีการเสียหายที่น้อยลงและสามารถฟื้นตัวได้เร็วขึ้น

จากการศึกษาผลของ การทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัวภายหลังการระบมจากการออกกำลังกายด้วยการใช้โปรแกรมที่แตกต่างกัน 3 วิธี ได้แก่ การนวดด้วยน้ำแข็ง การนวดด้วยน้ำแข็งร่วมกับการแช่น้ำและการนวดด้วยน้ำแข็งร่วมกับการออกกำลังกายในน้ำ พบว่า ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ช่วงการเคลื่อนไหวของข้อเข่า และระดับความเจ็บปวดของกล้ามเนื้อขา ของกลุ่มทดลองที่ 2 ที่ใช้การนวดด้วยน้ำแข็งร่วมกับการออกกำลังกายในน้ำ มีการฟื้นตัวของกล้ามเนื้อจากการระบมได้ดีกว่า กลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองที่ 1 ที่ใช้การนวดด้วยน้ำแข็ง และการนวดด้วยน้ำแข็งร่วมกับการแช่น้ำ ที่ภายหลังกล้ามเนื้อระบมจากการออกกำลังกายที่ 24 48 และ 72 ชั่วโมง แต่การบวมของกล้ามเนื้อที่วัดได้จากเส้นรอบวงของขา และระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนสในเลือดของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม มีการฟื้นตัวที่ไม่แตกต่างกันในทุกช่วงเวลา ทั้งนี้เนื่องจากการใช้ความเย็นเป็นการรักษาพยาบาลเบื้องต้น ที่ทำให้กล้ามเนื้อบาดเจ็บน้อยลง โดยความเย็นทำให้หลอดเลือดหดตัว ลดระยะเวลาการอักเสบและลดบวม ซึ่งกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่มได้รับการนวดด้วยน้ำแข็ง จึงทำให้เส้นรอบวงของขา และระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนสในเลือดของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่มไม่แตกต่างกัน จึงเห็นได้ว่าการทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัวภายหลังระบมจากการออกกำลังกายนั้น ควรมีการออกกำลังกายต่อเนื่องที่ไม่หนักมากโดยเฉพาะการออกกำลังกายในน้ำนั้น ทำให้มีผลดีต่อการฟื้นตัวของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ช่วงการเคลื่อนไหวของข้อต่อ และระดับความเจ็บปวดของกล้ามเนื้อ ซึ่งการฟื้นตัวนี้เพียงพอแล้ว ที่กล้ามเนื้อสามารถกลับมาทำงานในการออกกำลังกายอย่างต่อเนื่องได้ เพื่อคงสภาพการทำงานของกล้ามเนื้อ ในการทำกิจกรรมการออกกำลังกายได้ อย่างต่อเนื่องต่อไป

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาผลของการนวดด้วยน้ำแข็ง การนวดด้วยน้ำแข็งร่วมกับการแช่น้ำและการนวดด้วยน้ำแข็งร่วมกับการออกกำลังกายในน้ำ ที่มีต่อการฟื้นตัวของกล้ามเนื้อภายหลังระบมของกล้ามเนื้อจากการออกกำลังกาย ในกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักศึกษาหญิง วิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนี จังหวัดนครศรีธรรมราช ที่มีอายุอยู่ระหว่าง 19 – 21 ปี กลุ่มตัวอย่างทำการทดลองโดยทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัว 3 วิธีคือ การนวดด้วยน้ำแข็ง การนวดด้วยน้ำแข็งร่วมกับการแช่น้ำและการนวดด้วยน้ำแข็งร่วมกับการออกกำลังกายในน้ำ โดยใช้ ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา ช่วงการเคลื่อนไหวของข้อเข่า ระดับความเจ็บปวดของกล้ามเนื้อขา เส้นรอบวงของขา และระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนสในเลือด ภายหลังการระบมจากการออกกำลังกายทันที (0ชั่วโมง) 24 ,48 และ 72 ชั่วโมง ของกลุ่มตัวอย่าง เป็นตัวบ่งชี้ถึงความสามารถในการฟื้นตัวของกล้ามเนื้อภายหลังระบมจากการออกกำลังกาย ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. โปรแกรมการทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัวมีปฏิสัมพันธ์กับระยะเวลาของการฟื้นตัวจากการระบม ซึ่งมีผลกระทบต่อ ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ช่วงการเคลื่อนไหวของข้อเข่า ความเจ็บปวดของกล้ามเนื้อขา ระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนส แต่ไม่มีผลกระทบต่อ เส้นรอบวงของขา นั่นคือโปรแกรมการทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัวที่แตกต่างกันส่งผลให้ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ช่วงการเคลื่อนไหวของข้อเข่า ความเจ็บปวดของกล้ามเนื้อ ระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนสต่างกันหรือไม่นั้น ขึ้นอยู่กับระยะเวลาของการฟื้นตัว หรือระยะเวลาของการฟื้นตัวที่แตกต่างกันส่งผลให้ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ช่วงการเคลื่อนไหวของข้อเข่า ความเจ็บปวดของกล้ามเนื้อขา ระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนส ต่างกันหรือไม่นั้น ขึ้นอยู่กับโปรแกรมการทำให้กล้ามเนื้อฟื้นตัวด้วย

2. ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาภายในกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม ลดลงมากที่สุดภายหลังกล้ามเนื้อระบมจากการออกกำลังกายที่ 24 ชั่วโมง และมีค่าเพิ่มขึ้นที่ภายหลังกล้ามเนื้อระบมจากการออกกำลังกายที่ 48 และ 72 ชั่วโมง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งนี้กลุ่มทดลองที่ 2 ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา สามารถฟื้นตัวสู่ความแข็งแรงเดิมได้

3. ช่วงการเคลื่อนไหวของข้อเข่าภายในกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม ลดลงมากที่สุดภายหลังกล้ามเนื้อระบมจากการออกกำลังกายที่ 24 ชั่วโมง และมีค่าเพิ่มขึ้นภายหลังกล้ามเนื้อระบมจากการออกกำลังกายที่ 48 และ 72 ชั่วโมง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งนี้กลุ่มทดลองที่ 2 ช่วงการเคลื่อนไหวของข้อเข่าสามารถฟื้นตัวได้ใกล้เคียงกับก่อนการระบม

4. ระดับความเจ็บปวดของกล้ามเนื้อขา ภายในกลุ่มทดลองที่1 และกลุ่มทดลองที่ 2 เพิ่มขึ้นมากที่สุดภายหลังกล้ามเนื้อระบมจากการออกกำลังกายที่ 24 ชั่วโมง และมีค่าลดลงภายหลังกล้ามเนื้อระบมจากการออกกำลังกายที่ 48 และ 72 ชั่วโมง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ภายในกลุ่มควบคุม มีระดับความเจ็บปวดของกล้ามเนื้อขา เพิ่มขึ้นมากที่สุดภายหลังกล้ามเนื้อระบมจากการออกกำลังกายที่ 48 ชั่วโมง และมีค่าลดลง ภายหลังกล้ามเนื้อระบมจากการออกกำลังกายที่ 72 ชั่วโมง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

5. เส้นรอบวงของขาภายในกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม มีการเพิ่มขึ้นสูงสุด ภายหลังกล้ามเนื้อระบมจากการออกกำลังกายที่ 24ชั่วโมง และเส้นรอบวงของขามีการลดลงภายหลังกล้ามเนื้อระบมจากการออกกำลังกายที่ 48 และ 72 ชั่วโมง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

6. ระดับระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนส ภายในกลุ่มตัวอย่างทุกกลุ่ม มีการเพิ่มขึ้นภายหลังกล้ามเนื้อระบมจากการออกกำลังกายทันที และที่ภายหลังกล้ามเนื้อระบมที่ 24 ชั่วโมง มีค่าเพิ่มขึ้นมากที่สุด และค่อย ๆ ลดลงภายหลังกล้ามเนื้อระบมที่ 48 และ 72 ชั่วโมงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

7. ภายหลังกล้ามเนื้อระบมจากการออกกำลังกายที่ 24 และ 48 ชั่วโมง กลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองที่ 1 มีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ quadriceps femoris แตกต่างกับ กลุ่มทดลองที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีแนวโน้มว่า กลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองที่ 1 มีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ quadriceps femoris ลดลงมากกว่ากลุ่มทดลองที่ 2 และภายหลังกล้ามเนื้อระบมจากการออกกำลังกายที่ 72 ชั่วโมง ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ quadriceps femoris ระหว่างกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

8. ภายหลังกล้ามเนื้อระบมจากการออกกำลังกายที่ 24 48 และ 72 ชั่วโมง กลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองที่ 1 มีช่วงการเคลื่อนไหวของข้อเข่าแตกต่างกับ กลุ่มทดลองที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05โดยมีแนวโน้มว่า กลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองที่ 1 มีช่วงการเคลื่อนไหวของข้อเข่าลดลงมากกว่ากลุ่มทดลองที่ 2

9. ภายหลังกล้ามเนื้อระบมจากการออกกำลังกายที่ 24 48 และ 72 ชั่วโมง กลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองที่ 1 มีระดับความเจ็บปวดของกล้ามเนื้อขาแตกต่างกับกลุ่มทดลองที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05โดยมีแนวโน้มว่า กลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองที่ 1 มีระดับความเจ็บปวดของกล้ามเนื้อขาเพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มทดลองที่ 2

10. ภายหลังกล้ามเนื้อระบมจากการออกกำลังกายที่ 24 48 และ 72 ชั่วโมง พบว่าเส้นรอบวงของขา ระหว่างกลุ่มตัวอย่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

11. ภายหลังกล้ามเนื้อระบมจากการออกกำลังกายที่ 24 48 และ 72 ชั่วโมง ระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนส ระหว่างกลุ่มตัวอย่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะจากการทำวิจัยครั้งนี้

1. ควรมีการติดตามถึงกิจวัตรประจำวันของกลุ่มตัวอย่าง เพื่อใช้ในการศึกษาตัวแปรที่มีความเกี่ยวข้องกับผลของการทำให้มีการฟื้นตัวของกล้ามเนื้อ

2. ควรมีการวัดระดับกรดแลคติกร่วมด้วย

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการศึกษาผลของการฟื้นตัวของกล้ามเนื้อภายหลังจากการระบมเป็นระยะเวลาต่อไปอีกจนกว่าจะมีการฟื้นตัวสู่ภาวะปกติ

2. ควรมีการศึกษาผลของการฟื้นตัวของกล้ามเนื้อภายหลังจากการระบม ในกลุ่มกล้ามเนื้อมัดอื่น เช่น กล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง แขน เป็นต้น

3. ควรมีการศึกษาผลของการออกกำลังกายในน้ำลึก และการออกกำลังกายในน้ำตื้นที่มีต่อฟื้นตัวของกล้ามเนื้อภายหลังจากการระบมจากการออกกำลังกาย

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กัลยพงษ์ จตุรพาณิชย์. 2545. ระบบกล้ามเนื้อ, น.118-134. ใน เลียงชัย ลิ้มล้อมวงศ์ และ สุรวัฒน์ จรวัฒน์, บรรณาธิการ. **สรีรวิทยา.** ภาควิชาสรีรวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, กรุงเทพฯ.

กนกทิพย์ สว่างใจธรรม. 2548. **ผลของการออกกำลังกายในน้ำที่มีต่อช่วงการเคลื่อนไหวข้อเข่าในผู้ป่วยหญิงที่มีภาวะข้อเข่าเสื่อม**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

กองวิทยาศาสตร์การกีฬา การกีฬาแห่งประเทศไทย. 2536. **การฝึกสมรรถภาพทางกาย**. โรงพิมพ์ไทยมิตรการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

เจริญ กระบวนรัตน์. 2547. **เอกสารประกอบการเรียนวิชาหลักการฝึกทางการกีฬา**. ภาควิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา. คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

นาฏวิมล งามศิริจิตต์. 2535. **เอกสารประกอบการสอนวิชากายวิภาคศาสตร์ประยุกต์**. คณะกายภาพบำบัด มหาวิทยาลัยรังสิต, กรุงเทพฯ.

บุญเรียง ขจรศิลป์. 2545. **สถิติวิจัย 1**. พิมพ์ครั้งที่ 8. หจก. พี.เอ็น.การพิมพ์, กรุงเทพฯ.

_____. 2547. **การวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลในการวิจัยโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for Windows Version 10-12**. พิมพ์ครั้งที่ 1. เอส. พี. เอ็น. การพิมพ์ จำกัด, กรุงเทพฯ.

ราตรี สุดทรวง. 2535. **ประสาทสรีรวิทยา**. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

วิชัย วนดุรงค์วรรณ. 2534. **บาดเจ็บการกีฬา**. พิมพ์ครั้งที่ 1. คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล, กรุงเทพฯ.

สุพิตร สมาหิโต. 2547. **เอกสารประกอบการเรียนวิชาจิตวิทยาการกีฬา**. ภาควิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา. คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุวิทย์ อริยชัยกุล. 2545. **เอกสารประกอบการอบรมเชิงปฏิบัติการเรื่องกายภาพบำบัดทางการกีฬาขั้นพื้นฐาน.** ภาควิชากายภาพบำบัด คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่

อรอุมา บุณยารมย์. 2540. **การเปรียบเทียบการกระตุ้นกล้ามเนื้อด้วยไฟฟ้ากระแสฟาราดิคกับกระแสอินเตอร์เฟอเรนเชียลที่มีต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อควอไดเซพส์ฟีมอรีส**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Arborelius, M Jr.,Ul Balldin., B Lilja and CEG Lundgren. 1972. Hemodynamic changes in man during immersion with the head above water. **Aerospace Medicine**. 43: 592-5980.

Bove, A.A. 2002. Medical disorders related to diving. **Journal of Intensive Care Medicine**. 17: 75-86.

Chleboun, G.S., J.N. Howell, R.R. Conaster and J.J. Giesey. 1998. Relationship between muscle swelling and stiffness after eccentric exercise. **Medicine and Science in Sports and exercise.** 30: 529-535.

Clarkson, P.M. and D.J. Newham. 1995. Associations between muscle soreness, damage and fatigue. In Gandevia S.C., R.M. Enoka, A.J. Macomas, D.G. Stuart and C.K Thomas. Fatigue: **Neural and muscular mechanisms**. Plenum Press, New York.

Clarkson, P.M. and S.P. Sayers. 1999. Etiology of exercise-induced muscle damage**.** **Canada Journal of Applied Physiology.** 24: 234 -248.

Coffey, V., M. Leveritt and N. Gill. 2004. Effect of recovery modality on 4-hour repleated treadmill running performance and changes in physiological variables. **Journal of Science and Medicine in sport**. 7 (1): 1-10.

Dowzer, C., N. Reilly and T. Cable. 1998. Effect of deep and shallow water running on spinal shrinkage. **British Journal of Sports Medicine**. 32:44-48.

Eston, R. and D. Peters. 1999. Effects of cold water immersion on the symptoms of exercise-induced muscle injury. **Journal of Sports Science**. 17: 231-238.

Friden, J. and R. L. Lieber. 2001. Eccentric exercise – induced injuries to contractile and cytoskeletal muscle fibre components. **Acta Physiologica Scandinavica**. 171: 321-326.

Ganong, W.F. 1998. Excitable tissue. **Muscle in Review of Medical Physiology**. 16th ed. Appleton & Lange, East Norwalk.

Grant, A.E. 1964. Massage with ice (cryokinetics) in treatment of painful conditions of the musculoskeletal system. **Arch Physical Medicine & Rehabilitation**. 45:233-238.

Gulick, D.T., I.F. Kimura, M. Silter, A. Paolone and J.D. Kelly. 1996. Various treatment techniques on sign and symptoms of delayed onset muscle soreness. **Journal of Athletic training**. 31: 145-152.

Guyton, A.R. and J.E. Hall. 1997. Nerve and Muscle. In: **Human Physiology and Mechanisms of Disease**. 6thed. W.B. Saunders Company, Philadelphia.

Hasson, S., W. Barnes, M. Hunter and J. Williams. 1989. Therapeutic effect of high speed voluntary muscle contractions on muscle soreness and muscle performance**.** **Journal of Orthopedic and Sports Physical Therapy**. 10: 499-504.

Hilliard, R., S. Schneider, S. Bishop and M. Guilliams. 2003. Strength gains following different combined concentric and eccentric exercise regimens. **Aviation, Space, and Environmental Medicine**. 74: 342-347.

Hollander, D., R. Durand, J. Trynicki, D. Larock, V. Castracane and E. Hebert. 2003. RPE, pain and physiological adjustment to concentric and eccentric contraction. **Medicine & Science in Sports & Exercise**. 35: 1017-1025.

Horstmann, T., F. Mayer, J. Maschmann, A. Niess, K. Roecker and H. Dickhuth. 2001. Metabolic reaction after concentric and eccentric endurance-exercise of the knee and ankle. **Medicine & Science in Sports & Exercise**. 33: 791-795.

Howatson, G. and K.A. Van Someren. 2003. Ice massage effects on exercise induced muscle damage. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**. 43: 500-505.

Huey, L. and R. Forster. 1993. **The Complete Waterpower Workout Book.** Random House, New York.

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. **Journal of Athletic training**. 27(3): 208-217.

Knight, K.L. 1995. **Cryotherapy in Sport Injury Management**. Champaign IL. Human Kinetics.

MacIntyre, D.L., W.D. Reid and D.C. Mckenzie. 1995. Delayed muscle soreness. **Sports Meddicine**. 20: 24-40

Marginson, V. and R.G. Eston . 2002. Symptoms of exercise-induced muscle damage in boys and men following two bouts of eighty plyometric jumps. **Journal of Physiology**. 539: 75.

McArdle, W.D., F.I. Katch and V.L. Katch. 1991. **Exercise Physiology: Energy, Nutrition And Human Performance**. 3rd edition. PA: Lea Febiger, Philadelphia.

McGlynn, G. 1999. **Dynamics of Fitness: A Practical Approach**. 5th ed. The MaGraw Hill Companies, San Fancisco.

Meeusen, R and P. Lievens. 1986. The use of cryotherpy in sports injuries. **Sports Medicine.** 3: 398-414.

Meyer, R.I. 1990. Practice setting for kinesiotherpy-aquatics. **Clinical Kinesiology**. 44(1): 12-13.

Pauletto, B. 1991. **Strength Training for Coaches**. Leisure Press, Champaign, Illinois.

Proske, U. and D.L. Morgan. 2001. Muscle damage from eccentric exercise: mechanism, mechanism signs, adaptation and clinical applications. **Journal of Physiology.** 537.2: 333-345.

Reilly, T., N.T. Cable and C.N. Dowzer. 2002. The effect of deep-water running. In P.T. Macabe(Ed.). **Contemporary ergonomics**. Taylor & Francis, London.

Smith, L.L. 1991. Acute inflammation: the underlying mechanism in delayed onset muscle soreness. **Medicine and Science and Sports and Exercise** 23: 542-551.

Stauber, W.T. 1996. Delayed onset muscle soreness and muscle pain, pp. 92-97. In J. Zachazewski, D. Magee and W. Quillen(Ed.) **Athletic Injuries and Rehabilitation**. W.B. Saunders company, Sydney.

Stiskal, D. 2003. **Aquatics and physical Therapy: Clinical and Community Approaches for Persons with Arthritis.** Available source: http://www.aquaticpt.org/events/8648.pdf, January 4,2006.

Tiidus, P.M. 1997. Manual massage and recovery of muscle function following exercise: A literature review. **Journal of Sports Physical Therapy.** 25: 107-112.

Vaile, J. 2003. The effect of recovery strategy on symptoms of delayed onset of muscle soreness (doms). **Unpublished report completed in partial fulfillment of the Bachelor of Sport and Exercise Science Degree**. Waikato Institute of Technology Hamilton, New Zealand.

Vaile, J., A.J. Blazevich and N. Gill. 2004. The effect of contrast therapy on symptoms of delayed onset of muscle soreness. **Unpublished paper**. Waikato Institute of Technology Hamilton, New Zealand.

Westerbald, H., S. Duty and D.G. Allen. 1993. Intracellular calcium concentration during low frequency fatigue in isolated single fibers of mouse skeletal muscle. **Journal of Applied Physiology.** 75: 382-388.

Wilcock, I., M. Cronin and W.A. Hing. 2006. Water immersion, active recovery and passive recovery effects on explosive exercise and blood plasma fraction. **Journal of Sports Sciences** 11: 95-101.

Wilder, R. P., D. Brennan and D.E. Schotte. 1993. A standard measure for exercise prescription for aqua running. **American Journal of Sports Medicine**. 21: 45-48 .

William, K.I., D. Earlene, M. William and A. Shauna. 1992. The effects of ice massage, ice massage with exercise and exercise on the prevention and treatment of delayed onset muscle soreness. **Journal of Athletic Training**. 3: 208-217.

Wyatt, F.B., S. Milan, R.C. Manske and R. Deere. 2001. The effects of aquatic and traditional exercise programs on persons with knee osteoarthritis. **Journal Strength and Conditioning Research**. 15(3): 337-40.

Yackzan, L.,C. Adams and K.T. Francis. 1984. The effect of ice massage on delayed muscle soreness. **American Orthopedic Social Sports Medicine**. 12: 159-65.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจโปรแกรมการฟื้นตัวจากการระบมของกล้ามเนื้อ
ภายหลังการออกกำลังกาย

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบโปรแกรมการฟื้นตัวจากการระบมของกล้ามเนื้อภายหลังการออกกำลังกาย

1. แพทย์หญิงจันทร์จิรา ก๋งอุบล
   แพทย์เวชศาสตร์ฟื้นฟู โรงพยาบาลมหาราชนครศรีธรรมราช จังหวัดนครศรีธรรมราช

2. นายแพทย์ไพศาล ดำขำ
   แพทย์ศัลยกรรมกระดูกและข้อ โรงพยาบาลมหาราชนครศรีธรรมราช จังหวัดนครศรีธรรมราช

3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์อภิลักษณ์ เทียนทอง
   อาจารย์ประจำคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ

4. นางเรณู ชูโชติ
   นักกายภาพบำบัด โรงพยาบาลมหาราชนครศรีธรรมราช จังหวัดนครศรีธรรมราช

5. อาจารย์พิชชานี จริยพงศ์
   อาจารย์ประจำภาควิชากายภาพบำบัด คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ จังหวัดนครศรีธรรมราช

ภาคผนวก ข

แบบบันทึกข้อมูล คำยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย

และแบบสอบถามในการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง

แบบบันทึกข้อมูล

ลำดับที่..... กลุ่มทดลองที่ ☐ 1. Ice massage

☐ 2. Ice massage with water immersion

☐ 3. Ice massage with aquatic exercise

วันที่...../...../25..... อายุ.....ปี น้ำหนัก.....กิโลกรัม ส่วนสูง.....เมตร

ความดันโลหิต...../.....ม.ม.ปรอท

ตารางบันทึกผล

พารามิเตอร์ที่วัด	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง				
		0 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	48 ชั่วโมง	72 ชั่วโมง	96 ชั่วโมง
ช่วงการเคลื่อนไหวของข้อเข่า flexion/extension(องศา)						
ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ Quadriceps กิโลกรัม						
เส้นรอบวงกล้ามเนื้อ Quadriceps (ซม.)						
ระดับความเจ็บปวด (0-10)						
ระดับเอนไซม์ครีเอทีนไคเนสในพลาสมา (ยูนิตร/ลิตร)						

<u>คำยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย</u>

โครงการวิจัยเรื่อง ผลของการนวดด้วยน้ำแข็ง การนวดด้วยน้ำแข็งร่วมกับการแช่น้ำและการนวดด้วยน้ำแข็งร่วมกับการออกกำลังกายในน้ำ ที่มีต่อการฟื้นตัวของกล้ามเนื้อภายหลังระบมจากการออกกำลังกาย จัดทำขึ้นเพื่อการรักษาการฟื้นตัวของการระบมกล้ามเนื้อตามที่ผู้วิจัยกำหนด รายละเอียดต่างๆต่อไปนี้จะช่วยให้ท่านใช้ประกอบการตัดสินใจเข้าร่วมโครงการวิจัย

โครงการนี้ประกอบด้วยการตรวจร่างกายโดยนักกายภาพบำบัด การขอข้อมูลเกี่ยวกับประวัติสุขภาพและการรักษา พฤติกรรมการออกกำลังกาย การวัดอาการและอาการแสดงของการระบมกล้ามเนื้อ ได้แก่ ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ช่วงการเคลื่อนไหวของข้อเข่า การประเมินระดับความเจ็บปวด การวัดเส้นรอบวงของกล้ามเนื้อขาเพื่อประเมินการบวมจากการระบมของท่าน นอกจากนี้ การเจาะเลือดเพื่อนำเลือดไปวิเคราะห์หาระดับเอนไซม์ครีเอทีน ไคเนส อยู่ภายใต้การดูแลของนักเทคนิคการแพทย์

ภายหลังจากการทดสอบ ท่านจะได้เข้าร่วมปฏิบัติตามโปรแกรมการรักษาที่ผู้วิจัยจัดขึ้น โดยการรักษาด้วย การนวดน้ำแข็ง การนวดน้ำแข็งร่วมกับการแช่ในน้ำและการนวดน้ำแข็งร่วมกับการออกกำลังกายในน้ำโดยการรักษาในแต่ละวิธีจะได้รับการรักษา 4 ครั้ง และมีการตรวจร่างกายก่อนการรักษาและภายหลังการรักษา โดยเฉพาะการเจาะเลือดจะเจาะเลือดรวม 5 ครั้ง ทั้งนี้โครงการนี้เป็นการทำให้เกิดการระบมของกล้ามเนื้อภายหลังการออกกำลังกาย และการกระทำต่าง ๆ ที่ผู้วิจัยปฏิบัติต่อท่านเป็นการกระทำภายใต้จรรยาบรรณแห่งวิชาชีพกายภาพบำบัดและท่านจะได้รับสิทธิต่าง ๆ ตามคำประกาศสิทธิผู้ป่วยทุกประการ

หากท่านเข้าใจถึงสิทธิประโยชน์ที่จะได้รับ อัตราเสี่ยงและสิทธิในการถอนตัวออกจากงานวิจัย ในกรณีไม่พึงประสงค์จะเข้าร่วมวิจัยนี้ต่อไป การถอนตัวออกจากงานวิจัยนี้จะไม่มีผลกระทบใด ๆ ต่อการรักษาที่พึงให้ต่อท่านต่อภายหลังการถอนตัว นอกจากนี้ผู้วิจัยสามารถที่จะให้ท่านถอนตัวออกจากงานวิจัยนี้ได้ ถ้าเห็นว่าท่านไม่สามารถปฏิบัติตามคำแนะนำได้ หรือมีเหตุผลอื่นอันสมควร

ข้าพเจ้า.....รับทราบและเข้าใจรายละเอียดในโครงการวิจัยและยินยอมเข้าร่วมการศึกษาครั้งนี้ โดยลงลายมือชื่อไว้เป็นหลักฐาน

ลงชื่อ.....	ลงชื่อ.....	ลงชื่อ.....
( )	( )	( )
ผู้เข้าร่วมวิจัย	ผู้วิจัย	พยาน

แบบสอบถามในการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างก่อนเข้าร่วม
โปรแกรมการระบมของกล้ามเนื้อภายหลังการออกกำลังกายและการรักษารูปแบบต่างๆ

1. ข้อมูลพื้นฐาน

ชื่อ.....นามสกุล.....อายุ.....ปี
ส่วนสูง.....ซม. น้ำหนัก.....กก. ชีพจรขณะพัก.....ครั้งต่อนาที
ความดันโลหิตบน.....ม.ม.ปรอท ล่าง.....ม.ม.ปรอท

2. ขอให้ท่านตอบคำถามต่อไปนี้ตามความเป็นจริง โดยขีดเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องหน้าคำถาม

ใช่	ไม่ใช่	
.....	.....	1. แพทย์ระบุว่าท่านมีปัญหาเกี่ยวกับข้อสะโพกและข้อเข่าถ้าออกกำลังกายจะเป็นอันตราย
.....	.....	2. ท่านมีอาการปวดกล้ามเนื้อต้นขาเป็นประจำ
.....	.....	3. ปัจจุบันท่านมีอาการบาดเจ็บที่กล้ามเนื้อต้นขา
.....	.....	4. แพทย์ระบุว่าท่านมีปัญหาเกี่ยวกับการรับความรู้สึก
.....	.....	5. แพทย์ระบุว่าท่านเป็นโรคทางระบบประสาท
.....	.....	6. ท่านออกกำลังกายเป็นประจำ อย่างน้อย 3 วันต่อสัปดาห์ (โปรดระบุ).....
.....	.....	7. ปัจจุบันท่านเป็นนักวิ่งที่วิ่งฝึกซ้อมเป็นประจำ หรือออกกำลังกายกล้ามเนื้อต้นขาโดยใช้เครื่องออกกำลังกายแบบมีแรงต้าน
.....	.....	8. ท่านมีปัญหาร่างกายอย่างอื่นที่ยังไม่กล่าวถึงที่ไม่ควรออกกำลังกาย (โปรดระบุ).....

ข้าพเจ้ายินยอมเข้าร่วมโปรแกรมการระบมของกล้ามเนื้อภายหลังการออกกำลังกายและการรักษารูปแบบต่างๆในการวิจัยครั้งนี้

ลงชื่อ.....
( )
ผู้เข้าร่วมในการวิจัย

ลงชื่อ.....
( )
ผู้ดำเนินการวิจัย

วันที่...../...../.....

ภาคผนวก ค

โปรแกรมการออกกำลังกายที่ทำให้เกิดการระบมของกล้ามเนื้อ

โปรแกรมการออกกำลังกายที่ทำให้เกิดการระบมของกล้ามเนื้อ

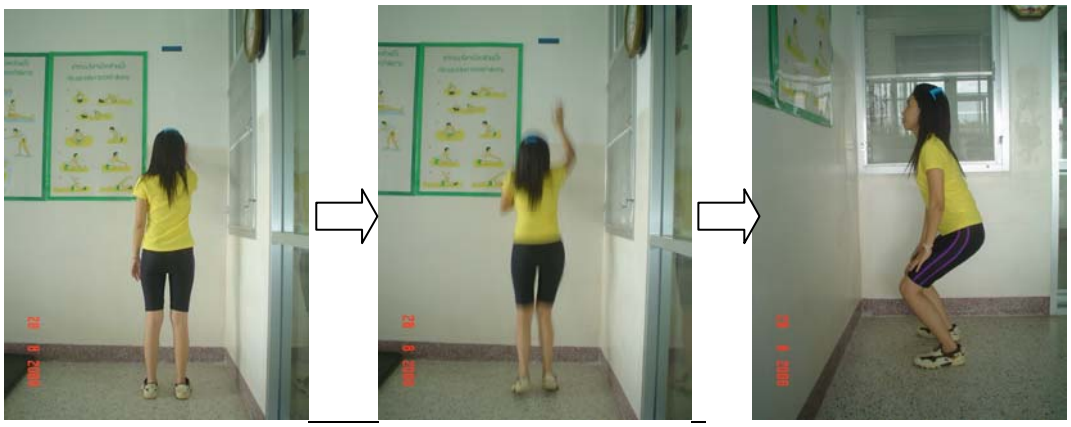
รูปแบบการออกกำลังกาย

เป็นการออกกำลังกายที่ทำให้กล้ามเนื้อเกิดการระบมด้วยการกระโดดขึ้นในแนวดิ่ง (vertical jump) โดยสวมใส่เสื้อผ้าและรองเท้าที่เหมาะกับการออกกำลังกาย ซึ่งมีการปฏิบัติดังต่อไปนี้ (Marginson and Eston,2002)

1. กระโดดขึ้นในแนวดิ่งให้สูงสุดโดยก่อนกระโดดให้เอาผงชอล์กป้ายที่ปลายนิ้วเพื่อทำสัญลักษณ์ไว้ที่ผนังเพื่อใช้เป็นตัวกำหนดความสูงของการกระโดด

2. ให้กระโดด 10 เซตๆละ 10 ครั้ง โดยการกระโดดทุกครั้งต้องพยายามรักษาความสูงให้ได้ไม่ต่ำกว่าที่ทำสัญลักษณ์ไว้ และเมื่อลงสู่พื้นพยายามให้ข้อเข่างอประมาณ 90 องศาและการกระโดดในแต่ละครั้งให้ทำต่อเนื่องกันจนครบ 10 ครั้ง

3. ในแต่ละเซตของการกระโดดให้พัก 1 นาที



ภาคผนวก ง

โปรแกรมการฟื้นตัวจากการระบมของกล้ามเนื้อภายหลังการออกกำลังกาย

โปรแกรมการฟื้นตัวจากการระบมของกล้ามเนื้อภายหลังการออกกำลังกาย
ด้วยการนวดด้วยน้ำแข็งร่วมกับการนั่งพัก

โปรแกรมการฟื้นตัวของกล้ามเนื้อที่ระบมจากการออกกำลังกายนี้ ให้กลุ่มตัวอย่างได้รับการนวดด้วยน้ำแข็งและให้นั่งพักโดยปฏิบัติดังนี้

1. ให้กลุ่มตัวอย่างนั่งบนเก้าอี้และนวดบริเวณกล้ามเนื้อ Quadriceps femoris ของขาทั้ง 2 ข้างด้วยก้อนน้ำแข็ง ที่ทำได้โดยนำแก้วกระดาษหรือแก้วพลาสติก ขนาด 250 มิลลิลิตร (8 ออนซ์) บรรจุน้ำให้เต็มแล้วนำไปแช่ในช่องแช่แข็งของตู้เย็นจนกลายเป็นน้ำแข็งห้ามกดหรือออกแรงนวดเพราะจะทำให้ส่วนที่ได้รับบาดเจ็บเกิดการชอกช้ำมากขึ้นไปอีก โดยเคลื่อนให้ทั่วกล้ามเนื้อ และเคลื่อนก้อนน้ำแข็งเป็นวงกลม (circular) ขึ้นลงตามความยาวกล้ามเนื้อ (stroking) เป็นเวลา 15 นาที โดยไม่ต้องเช็ดน้ำที่เกิดจากการละลายของน้ำแข็งออก (Isabell *et al*.,1992)

2. ภายหลังจากการนวดด้วยน้ำแข็งให้นั่งพักต่อเป็นเวลา 15 นาที

3. ปฏิบัติเป็นเวลา 3วันๆละ 1 ครั้งโดยแต่ละครั้งห่างกัน 24 ชั่วโมง

ภาพผนวกที่ ง1 แสดงก้อนน้ำแข็ง(ice ball) ที่ใช้นวดคลึงกล้ามเนื้อ

โปรแกรมการฟื้นตัวจากการระบมของกล้ามเนื้อภายหลังการออกกำลังกาย
ด้วยการนวดด้วยน้ำแข็งร่วมกับการแช่ในน้ำ

โปรแกรมการฟื้นตัวของกล้ามเนื้อที่ระบมจากการออกกำลังกายนี้ ให้กลุ่มตัวอย่างได้รับการนวดด้วยน้ำแข็งและให้แช่ร่างกายในน้ำระดับอก โดยปฏิบัติดังนี้

1. ให้กลุ่มตัวอย่างนั่งบนเก้าอี้และนวดบริเวณกล้ามเนื้อ Quadriceps femoris ของขาทั้ง 2 ข้างด้วยก้อนน้ำแข็งที่ทำได้โดยนำแก้วกระดาษหรือแก้วพลาสติก ขนาด 250 มิลลิลิตร (8 ออนซ์) บรรจุน้ำให้เต็มแล้วนำไปแช่ในช่องแช่แข็งของตู้เย็นจนกลายเป็นน้ำแข็งห้ามกดหรือออกแรงนวดเพราะจะทำให้ส่วนที่ได้รับบาดเจ็บเกิดการชอกช้ำมากขึ้นไปอีก โดยเคลื่อนให้ทั่วกล้ามเนื้อ และเคลื่อนก้อนน้ำแข็งเป็นวงกลม (circular) ขึ้นลงตามความยาวกล้ามเนื้อ (stroking) เป็นเวลา 15 นาที โดยไม่ต้องเช็ดน้ำที่เกิดจากการละลายของน้ำแข็งออก

2. ภายหลังจากการนวดด้วยน้ำแข็งให้กลุ่มตัวอย่างแช่ร่างกายในน้ำ โดยให้ระดับน้ำมีความลึกระดับอก อุณหภูมิของน้ำเท่ากับระดับปกติของสภาวะอากาศในวันที่ทดลองโดยอยู่ในช่วง 27-30 องศาเซลเซียส ให้กลุ่มตัวอย่างแช่ในน้ำโดยยืนจับขอบสระนิ่งๆ ขาเคลื่อนไหวให้น้อยที่สุด เป็นเวลา 15 นาที

3. ปฏิบัติเป็นเวลา 3วันๆละ 1 ครั้งโดยแต่ละครั้งห่างกัน 24 ชั่วโมง

โปรแกรมการฟื้นตัวของกล้ามเนื้อภายหลังระบมจากการออกกำลังกาย
ด้วยการนวดน้ำแข็งร่วมกับการออกกำลังกายในน้ำ

โปรแกรมการออกกำลังกายสำหรับการฟื้นตัวของกล้ามเนื้อที่ระบมจากการออกกำลังกายนี้ ให้กลุ่มตัวอย่างทำการออกกำลังกายในน้ำภายหลังจากนวดด้วยน้ำแข็งบริเวณ กล้ามเนื้อ Quadriceps femoris ของขาทั้ง 2 ข้างที่ทำได้โดยนำแก้วกระดาษหรือแก้วพลาสติก ขนาด 250 มิลลิลิตร (8 ออนซ์) บรรจุน้ำให้เต็มแล้วนำไปแช่ในช่องแช่แข็งของตู้เย็นจนกลายเป็นน้ำแข็งห้ามกดหรือออกแรงนวด โดยให้ระดับน้ำมีความลึกระดับอกของกลุ่มตัวอย่าง อุณหภูมิของน้ำเท่ากับระดับปกติของสภาวะอากาศในวันที่ทดลองโดยอยู่ในช่วง 27-30 องศาเซลเซียส ให้กลุ่มตัวอย่างสวมใส่ชุดที่สะดวกต่อการเคลื่อนไหวและไม่ทำให้เกิดแรงต้านทานในขณะที่เคลื่อนไหวในน้ำ การออกกำลังกายใช้เวลาทั้งหมด 15 นาที ทำการทดลอง 3 วันๆละ 1 ครั้ง เวลา 17.00-18.00 การออกกำลังกายแบ่งออกเป็น 4 ช่วงดังนี้

1. ช่วงอบอุ่นร่างกาย (warm up)

1.1 เดินอยู่กับที่ยกเข่าสูง (marching)

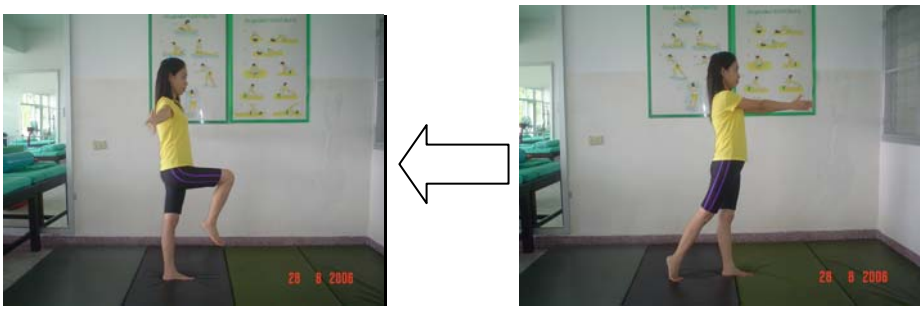
ย่ำเท้าอยู่กับที่ ยกเข่าให้สูงที่สุด แกว่งแขนสลับกับขา ให้มีช่วงการเคลื่อนไหวกว้างมากขึ้น แขนเคลื่อนไหวได้ทุกทิศทาง ย่ำเท้า 30 ครั้ง (1 นาที) ดังรูป

1.2 เดินหน้าในระดับน้ำตื้น (shallow walking forward)

เดินไปข้างหน้าโดยใช้แขนทั้ง 2 ข้างช่วยดันน้ำไปข้างหลัง เริ่มด้วยก้าวเท้าซ้ายเหยียดตรงไปข้างหน้า งอศอกทั้งสองข้างหันฝ่ามือเข้าหาลำตัวดังรูป เมื่อก้าวเท้าซ้ายลงน้ำหนักแล้วเหยียดแขนทั้ง 2 ข้างดันน้ำไปข้างหลังจะมีแรงช่วยให้เดินไปข้างหน้าได้ง่ายขึ้น แล้วก้าวเท้าขวาเดินหน้าต่อไป เดิน 10 ก้าว (1 นาที)

1.3 เดินถอยหลังในระดับน้ำตื้น (shallow walking backward)

เดินถอยไปด้านหลัง เริ่มจากเหยียดขาซ้ายไปข้างหลัง กางฝ่ามือระดับศอกดังรูป เมื่อลงน้ำหนักที่เท้าซ้ายในขณะที่เคลื่อนตัวให้ใช้ฝ่ามือดันน้ำไปข้างหน้าเหยียดแขนให้สุด แล้วก้าวขาขวาเดินสลับกันไป 10 ก้าว (1 นาที)



2. ช่วงยืดเหยียดกล้ามเนื้อ (pre-stretching)

การยืดในและท่าพยายามยืดนกระทั่งรู้สึกตึงมากโดยที่ไม่เจ็บ และหยุดนิ่งค้างไว้ 10-15 วินาที และไม่ควรเคลื่อนไหวในลักษณะของการกระตุก กระชาก หรือขย่ม มีการหายใจช้า ๆ หรือตามสบายโดยไม่กลั้นหายใจ (เจริญ, 2547)

2.1 ยืดกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า (quadriceps stretch)

ยืดกล้ามเนื้อด้านหน้าต้นขา ปลายขา และกล้ามเนื้องอสะโพกข้างขวา โดยยืนบนขาซ้าย งอเข่าขวาพับขึ้นชิดด้านหลังสะโพก มือขวาจับปลายเท้าขวาดึงเข้าให้ตึงบริเวณต้นขาด้านหน้า และดึงออกไปทางด้านหลังมากยิ่งขึ้นจะยืดกล้ามเนื้องอสะโพก ยืดค้างไว้ และทำสลับอีกข้างเช่นเดียวกัน

2.2 ยืดกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง และน่อง (hamstring and calf stretch)

ยืดกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังและน่องข้างขวา โดยยืนบนขาซ้าย ยกขาขวาเหยียดตรงขึ้นยันกับผนังด้านข้างของสระน้ำ สูงในระดับที่ทำได้โดยเข่าไม่งอ โน้มตัวลงเอื้อมมือจับให้ถึงปลายเท้ายืดค้างไว้ แล้วทำสลับข้างซ้ายเช่นเดียวกัน

3. การออกกำลังกายให้กล้ามเนื้อทำงาน (muscle pumping workout)

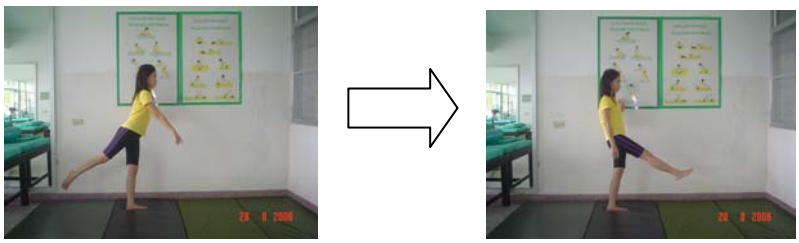
การออกกำลังกายในขั้นตอนนี้เพื่อเป็นการเร่งขบวนการซ่อมแซม และกำจัดสารที่ก่อให้เกิดความเจ็บปวด ได้แก่ prostaglandin, serotonin และ histamine และเหนี่ยวนำให้เม็ดเลือดขาวและเซลล์กำจัดขยะออกมาจับกินของเสีย รวมทั้งเร่งให้มีการซ่อมสร้างเส้นใยกล้ามเนื้อมากขึ้น และอาศัยแรงดันน้ำช่วยในการลดบวม ทำให้ของเหลวที่คั่งค้างอยู่ในช่องว่างระหว่างเซลล์ลดลง ไปมีผลในการช่วยลดการกระตุ้นตัวรับความเจ็บปวดที่กล้ามเนื้อ ทำให้อาการปวดลดลงได้ และการที่มีการออกกำลังกายเป็นการช่วยการชะลอ การลดลงของความแข็งแรงในกล้ามเนื้อได้ ใช้เวลาประมาณ 5 นาที โดยทำ ท่าละ10ครั้ง

3.1 เหยียดเข่า (quad extension)

ยกขาซ้ายให้ต้นขาขนานกับระดับผิวน้ำ งอเข่า งอสะโพก 90 องศา ปลายเท้างุ้มลง เตะขาขึ้นเหยียดเข่าให้ตรงมากเท่าที่สามารถทำได้ แล้วงอกลับมาท่าเริ่มต้น

3.2 แกว่งขาหน้า หลัง (leg swings)

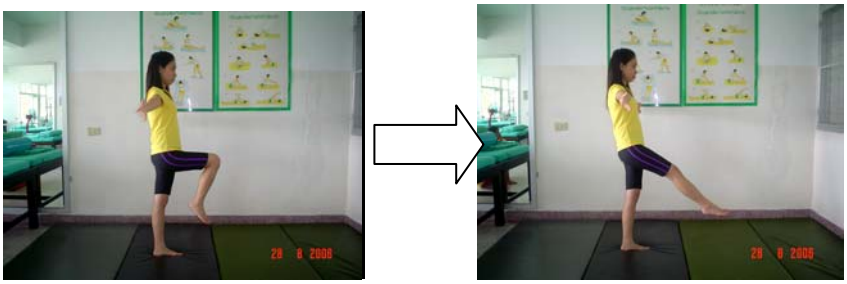
ยืนลงน้ำหนักบนขาข้างขวา ยกขาซ้ายเหยียดตรง ไปข้างหน้าพร้อมเหยียดแขนขวาไปข้างหน้า แกว่งขาซ้ายไปข้างหลังพร้อมแขนขวา แขนซ้ายแกว่งตรงข้ามกับขา ดังรูป



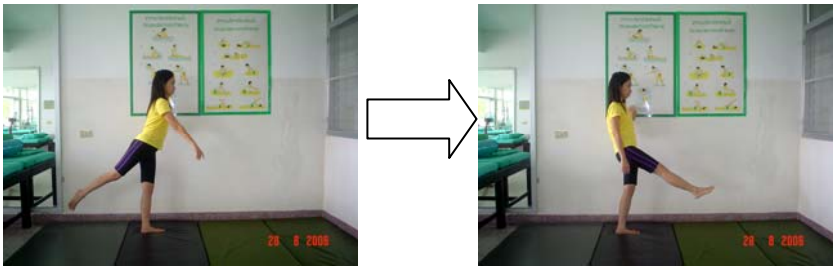
4. ช่วงการบริหารเพื่อการผ่อนคลายกล้ามเนื้อ (relaxation and cool down)

บริหารตามขั้นตอนที่ 3 โดยการเคลื่อนไหวให้ทำช้ากว่าท่าบริหารในขั้นตอนที่ 3 หลังจากนั้นให้บริหารตามท่าที่ใช้ในขั้นตอนที่ 2 โดยการยืดให้รู้สึกตึงมากโดยที่ไม่เจ็บและยืดค้างไว้ 10 วินาทีท่าละ 3 ครั้ง จากนั้นให้เดินแกว่งแขนสลับขา 1นาที โดยมีการบริหารการผ่อนคลายกล้ามเนื้อดังนี้

4.1 เหยียดเข่า (quad extension)



4.2 แกว่งขาหน้า หลัง (leg swings)



4.3 ยืดกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า (quadriceps stretch)

4.4 ยืดกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง และน่อง (hamstring and calf stretch)

ภาคผนวก จ

- การทดสอบความแข็งแรงแบบไอโซเมตริกของกล้ามเนื้อ
- การวัดช่วงการเคลื่อนไหวของข้อเข่า
- แบบวัดความรู้สึกเจ็บปวด visual analogue scale
- การวัดเส้นรอบวงของขา
- การวัดระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนส

การทดสอบความแข็งแรงแบบไอโซเมตริกของกล้ามเนื้อ Quadriceps femoris

การทดสอบความแข็งแรงแบบไอโซเมตริกของกล้ามเนื้อ มีวิธีดำเนินการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้ (อรอุมา, 2540)

1. จัดท่าของกลุ่มตัวอย่างให้อยู่ในท่านั่งบนโต๊ะเอ็น.เค. โดยให้สะโพกอยู่ในท่างอ 120 องศา และข้อเข่าอยู่ในท่างอ 60 องศา แขนเหยียดตรง และมือจับที่บริเวณขอบข้างของโต๊ะเอ็น.เค.

2. ใช้แถบผ้ายึดลำตัว เชิงกราน ต้นขา และข้อเท้าของกลุ่มตัวอย่างขณะทำการทดสอบความแข็งแรงแบบไอโซเมตริก

3. ต่อเครื่องวัดแรงบีบมือจากโต๊ะเอ็น.เค.ไปยังตะขอเกี่ยวเหล็ก เส้นเชือก suspension และแถบผ้ารัดข้อเท้า ตามลำดับ หลังจากนั้นปรับสเกลเครื่องวัดแรงบีบมือที่ใช้ในการวัดความแข็งแรงแบบไอโซเมตริกให้อยู่ในตำแหน่งที่ “0” กิโลกรัม

4. อธิบายวิธีทดสอบให้กลุ่มตัวอย่างทราบ และให้ทดลองปฏิบัติจนทำได้อย่างถูกต้อง โดยให้ฝึกปฏิบัติคนละ 3 ครั้ง

5. ให้กลุ่มตัวอย่างออกแรงเหยียดเข่าของขาให้แรงที่สุดเท่าที่สามารถจะทำได้เพื่อต้านกับแถบผ้ารัดข้อเท้าที่รัดที่ข้อเท้า ซึ่งแถบผ้ารัดข้อเท้าจะต่ออยู่กับเส้นเชือก suspension ตะขอเกี่ยวเหล็กและเครื่องวัดแรงบีบมือ ตามลำดับ อ่านสเกลบนเครื่องวัดแรงบีบมือ โดยทำการทดสอบ 3 ครั้ง เวลาพักระหว่างครั้ง 2 นาที บันทึกค่าที่มากที่สุดที่กลุ่มตัวอย่างแต่ละคนทำได้ ค่าที่ได้ถือว่าเป็นค่าความแข็งแรงแบบไอโซเมตริกของกล้ามเนื้อ Quadriceps femoris (สำหรับขาข้างที่ไม่ได้รับการทดสอบอนุญาตให้ปล่อยขาได้ตามสบาย)

6. ทำการทดสอบความแข็งแรงแบบไอโซเมตริกก่อนการทดลอง ภายหลังการทดลองทันที ภายหลังการทดลอง 24 , 48 และ 72 ชั่วโมง

ภาพผนวกที่ จ1 การทดสอบความแข็งแรงแบบไอโซเมตริกของกล้ามเนื้อ Quadriceps femoris

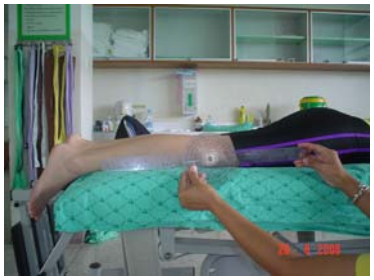
การวัดช่วงการเคลื่อนไหวของข้อเข่า

การงอ – การเหยียด (flexion / extension) = 130˚ /0˚ /0˚

1. ตำแหน่งเริ่มต้น เข่าเหยียดตรง อยู่ในระนาบเดียวกัน
2. การจัดท่า นอนคว่ำ ปลายเท้าอยู่นอกเตียง
3. การจัดวางเครื่องมือ
   - แกนคงที่(Stationary arm) ขนานต้นขา ด้านข้าง
   - แกนหมุน(Movable arm) ขนานขาท่อนล่าง
   - จุดหมุน(Axis) ข้างรอยต่อของข้อเข่า(Joint line)
4. การเคลื่อนไหวช่วย(Compensory movement) มีการเคลื่อนที่ของกระดูกเชิงกราน หรืองอสะโพกข้างเดียวกัน

หมายเหตุ การเหยียดข้อเข่าเหมือนการงอแต่ทำในทิศตรงกันข้ามและในบางรายอาจพบสภาวะเข่าแอ่น (hyperextension)

ที่มา: นาฏวิมล (2535)



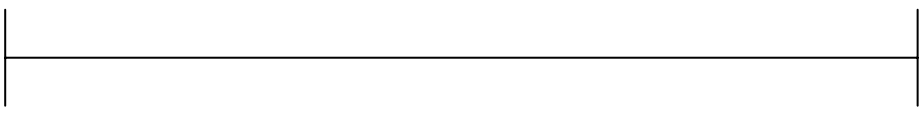
ภาพผนวกที่ จ2 แสดงท่าเริ่มต้นของการวัดช่วงการเคลื่อนไหวของข้อเข่า

ภาพผนวกที่ จ3 แสดงท่าสิ้นสุดของการวัดช่วงการเคลื่อนไหวของข้อเข่า

การวัดความเจ็บปวดระบมของกล้ามเนื้อ Quadriceps femoris

1. เครื่องมือที่ใช้วัด

visual analogue scale (VAS) เป็นเครื่องมือวัดที่ประกอบด้วยเส้นตรงหนึ่งเส้นยาว 10 เซนติเมตร ที่ปลายข้างหนึ่งของเส้นมีคำว่า ไม่มีความเจ็บปวดเลย (no muscle soreness) และที่ปลายอีกข้างมีคำว่า มีความเจ็บปวดมากที่สุดเท่าที่จะมีได้ (muscle were too sore to move) ดังภาพ ผู้ถูกทดสอบจะประเมินระดับความเข้มของความรู้สึกเจ็บปวด โดยการทำเครื่องหมายลงบนเส้นตรง ณ จุดที่คิดว่าแทนระดับความเข้มของความรู้สึกเจ็บปวดในขณะนั้น คะแนนความเข้มของความรู้สึกเจ็บปวดที่วัดได้มาจากระยะห่างที่วัดจากจุดที่ไม่มีความเจ็บปวด ไปถึงเครื่องหมายที่ทำไว้ (Marginson and Eston, 2002)



ไม่มีความเจ็บปวด มีความเจ็บปวดมาก

2. วิธีการวัด

ยืนขาทั้ง 2 ข้างเหยียดตรง มือทั้ง 2 ข้างจับที่สะเอว จากนั้นให้ค่อย ๆ ย่อเข่าลงจนเข่างอประมาณ 90 องศา สอบถามความเจ็บปวด และให้ทำเครื่องหมายที่เครื่องมือวัดระดับความเจ็บปวด (Marginson and Eston, 2002) แล้ววัดระยะทางจากจุดที่ไม่มีความเจ็บปวดเลย ไปถึงเครื่องหมายที่ทำไว้ซึ่งสามารถอ่านค่าได้เป็นหน่วยมิลลิเมตร

การวัดเส้นรอบวงของกล้ามเนื้อ Quadriceps femoris

(นาฏวิมล, 2535)

1. ตำแหน่งเริ่มต้น ขาเหยียดตรงอยู่ในระนาบเดียวกัน

2. การจัดท่า นอนหงายขาเหยียดตรง

3. ตำแหน่งอ้างอิงที่ใช้วัด

3.1 ปุ่มกระดูก Anterior superior iliac spine, ASIS ของกระดูก Ilium
3.2 ปุ่มกระดูก Tibial tubercle ของกระดูก tibia

4. วิธีวัด

1. ทำเครื่องหมายไว้ที่ ปุ่มกระดูก ASIS และ Tibial tubercle

2. ใช้สายวัดวัดระยะจากปุ่มกระดูกทั้ง 2 เพื่อหาความยาวทั้งหมดไว้จากนั้นให้หาตำแหน่งกึ่งกลางของความยาวและบันทึกค่าที่วัดได้ไว้ พร้อมทำเครื่องหมายไว้ที่ขา

3. ใช้สายวัด วัดเส้นรอบวงของกล้ามเนื้อขาตรงตำแหน่งที่ทำเครื่องหมายไว้ และบันทึกค่าที่วัดได้มีหน่วยเป็น เซ็นติเมตร

ภาพผนวกที่ จ4 แสดงตำแน่งของปุ่มกระดูก ASIS

ภาพผนวกที่ จ5 แสดงตำแน่งของปุ่มกระดูก Tibial tubercle

ภาพผนวกที่ จ6 แสดงตำแหน่งที่ใช้วัดเส้นรอบวงของขา

ภาพผนวกที่ จ7 แสดงการวัดเส้นรอบวงของขา

วิธีการหาระดับเอ็นไซม์ ครีเอทีนไคเนส

การเก็บตัวอย่างเลือด

1. ใช้ยางรัดที่ต้นแขนเหนือต่อเส้นเลือดที่จะเจาะเลือด

2. ใช้แอลกอฮอล์เช็ดทำความสะอาดบริเวณเส้นเลือดที่จะเจาะ

3. ใช้อุปกรณ์เจาะเลือดที่เส้นเลือด amtecubital vein ปริมาณ 5 มิลลิลิตร

4. นำเลือดที่เจาะได้ใส่ในหลอดบรรจุเลือด และบันทึกหมายเลขลำดับของสิ่งส่งตรวจก่อนนำส่งห้องตรวจ

การหาระดับเอ็นไซม์ ครีเอทีนไคเนส

1. นำเลือดตัวอย่างที่ยอมให้เกิดการแข็งตัวใส่ในเครื่องวิเคราะห์หาระดับ เอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนส (The Oympus analysers automatically) เพื่อคำนวณหาค่าเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนสของตัวอย่าง เลือด ด้วยเทคนิค KE 37 °C โดยใช้แสง ultraviolet ส่องไปยังซีรัมที่ได้จากการปั่นเลือดตัวอย่าง ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส

2. การทดสอบหาระดับเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนส อยู่ภายใต้การควบคุมมาตรฐานของ International Federation of Clinical Chemistry (IFCC)

3. เครื่องวิเคราะห์หาระดับเอ็นไซม์ครีเอทีน ไคเนส จะอ่านค่าของระดับ เอ็นไซม์ ครีเอทีน ไคเนสโดยคำนวณความสามารถของการดูดกลืนแสง ultraviolet มีหน่วยเป็น ยูนิตต่อลิตร

4. บันทึกค่าที่ได้

ภาคผนวก ฉ

ค่าสถิติของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ช่วงการเคลื่อนไหวของข้อเข่า ความเจ็บปวดระบม
ของกล้ามเนื้อ เส้นรอบวงของขา และระดับอิ่นไซม์ครีเอทีนไคเนสในเลือด

ตารางผนวกที่ ฉ1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางแบบวัดซ้ำของค่าเฉลี่ยความแข็งแรงกล้ามเนื้อ Quadriceps femoris ก่อนการระบม ภายหลังจากการระบม ที่ 0 24 48 ชั่วโมง และ ภายหลังจากการระบม 72 ชั่วโมง

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p
ระหว่างสมาชิก	13720.87	29			
วิธีการ	551.90	2	275.95	0.57	0.57
สมาชิก	13168.97	27	487.74		
ภายในสมาชิก	14315.29	120			
ระยะเวลาการฟื้นตัวจากการระบม	9393.92	4	2348.48	127.88	0.00*
ปฏิสัมพันธ์ระหว่างวิธีการฟื้นตัวและระยะเวลาฟื้นตัวจากการระบม	2937.99	8	367.25	19.99	0.00*
ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสมาชิกและระยะเวลาฟื้นตัวจากการระบม	1983.38	108	18.36		
รวม	28036.16	149			

$p < .05$ ($F_{8,108} = 2.02$)

ตารางผนวกที่ ฉ2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ Quadriceps femoris ภายหลังระบมจากการออกกำลังกายที่ 0 24 48 และ 72 ชั่วโมง ระหว่างกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p
<u>ภายหลังกล้ามเนื้อระบมที่ 0 ชั่วโมง</u>					
ระหว่างกลุ่ม	400.05	2	200.03	2.02	0.15
ภายในกลุ่ม	2673.75	27	99.03		
รวม	3073.80	29			
<u>ภายหลังกล้ามเนื้อระบมที่ 24 ชั่วโมง</u>					
ระหว่างกลุ่ม	1093.55	2	546.78	4.04	0.03*
ภายในกลุ่ม	3653.15	27	135.30		
รวม	4746.70	29			
<u>ภายหลังกล้ามเนื้อระบมที่ 48 ชั่วโมง</u>					
ระหว่างกลุ่ม	968.07	2	484.03	4.42	0.02*
ภายในกลุ่ม	2956.98	27	109.51		
รวม	3925.05	29			
<u>ภายหลังกล้ามเนื้อระบมที่ 72 ชั่วโมง</u>					
ระหว่างกลุ่ม	649.61	2	324.80	2.77	0.80
ภายในกลุ่ม	3165.12	27	117.22		
รวม	3814.73	29			

$p < .05$ ($F_{2,27} = 3.35$)

ตารางผนวกที่ ฉ3 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อระหว่าง กลุ่มตัวอย่าง[a] ภายหลังการระบมของกล้ามเนื้อที่ 0 24 48 และ 72 ชั่วโมง

(หน่วย: กิโลกรัม)

ภายหลังการระบมของกล้ามเนื้อ	กลุ่มตัวอย่าง	กลุ่มทดลองที่		
		กลุ่มควบคุม	1	2
0 ชั่วโมง				
	กลุ่มควบคุม	-	3.30	8.85
	กลุ่มทดลองที่ 1		-	5.55
	กลุ่มทดลองที่ 2			-
24 ชั่วโมง				
	กลุ่มควบคุม	-	1.40	13.45*
	กลุ่มทดลองที่ 1		-	12.05
	กลุ่มทดลองที่ 2			-
48 ชั่วโมง				
	กลุ่มควบคุม	-	0.10	12.10*
	กลุ่มทดลองที่ 1		-	12.00*
	กลุ่มทดลองที่ 2			-
72 ชั่วโมง				
	กลุ่มควบคุม	-	0.00	10.85
	กลุ่มทดลองที่ 1		-	8.40
	กลุ่มทดลองที่ 2			-

หมายเหตุ a เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ โดยวิธีของ Tukey

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางผนวกที่ ฉ4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำของค่าเฉลี่ยของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ Quadriceps femeris ก่อนการระบมของกล้ามเนื้อ ภายหลังการระบมที่ 0 24 48 และ 72 ชั่วโมง ของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p
<u>กลุ่มควบคุม</u>					
ระหว่างสมาชิก	2241.72	9	249.08		
ภายในสมาชิก	7662.80	40			
ระยะเวลาการฟื้นตัวจากการระบม	7142.12	4	1785.53	123.45	0.00*
ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสมาชิกและระยะเวลาการฟื้นตัวจากการระบม	52.68	36	14.46		
รวม	9904.52	49			
<u>กลุ่มทดลองที่ 1</u>					
ระหว่างสมาชิก	5990.20	9			
ภายในสมาชิก	6780.40	40	1443.58	51.25	0.00*
ระยะเวลาการฟื้นตัวจากการระบม	5774.33	4	28.17		
ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสมาชิกและระยะเวลาการฟื้นตัวจากการระบม	1014.07	36			
รวม	12778.60	49			
<u>กลุ่มทดลองที่ 2</u>					
ระหว่างสมาชิก	4233.62	9	470.40		
ภายในสมาชิก	349.90	40			
ระยะเวลาการฟื้นตัวจากการระบม	245.77	4	61.44	21.47	0.00*
ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสมาชิกและระยะเวลาการฟื้นตัวจากการระบม	104.13	36	2.89		
รวม	4583.52	49			

$p < .05$ ($F_{4,36} = 261$)

ตารางผนวกที่ ฉ5 ผลเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อภายในกลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่ม[a] ก่อนการระบมของกล้ามเนื้อ และภายหลังกล้ามเนื้อระบมที่ 0 24 48 และ 72 ชั่วโมง

(หน่วย: กิโลกรัม)

กลุ่มตัวอย่าง	ช่วงเวลา	ภายหลังกล้ามเนื้อระบม (ชั่วโมง)			
		0	24	48	72
กลุ่มควบคุม	ก่อนการระบมของกล้ามเนื้อ	0.3	26.60*	25.20*	19.45*
	หลังการระบมที่ 0 ชั่วโมง		26.90*	25.50*	19.75*
	หลังการระบมที่ 24 ชั่วโมง			1.40	7.15*
	หลังการระบมที่ 48 ชั่วโมง				5.75*
กลุ่มทดลองที่ 1	ก่อนการระบมของกล้ามเนื้อ	0.15	22.05*	21.95*	16.30*
	หลังการระบมที่ 0 ชั่วโมง		22.20*	22.10*	16.45*
	หลังการระบมที่ 24 ชั่วโมง			0.10	5.75*
	หลังการระบมที่ 48 ชั่วโมง				5.65*
กลุ่มทดลองที่ 2	ก่อนการระบมของกล้ามเนื้อ	0.05	4.55*	4.50*	0.00
	หลังการระบมที่ 0 ชั่วโมง		4.60*	4.55*	0.05
	หลังการระบมที่ 24 ชั่วโมง			0.05	4.55*
	หลังการระบมที่ 48 ชั่วโมง				4.50*

หมายเหตุ a เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ โดยวิธีของ Tukey

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางผนวกที่ ฉ6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางแบบวัดซ้ำของช่วงการเคลื่อนไหวของข้อเข่า ก่อนการระบมของกล้ามเนื้อ ภายหลังการระบม ที่ 0 24 48 และ 72 ชั่วโมง

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p
ระหว่างสมาชิก	2314.37	29			
วิธีการ	85.37	2	42.69	0.52	0.60
สมาชิก	2229.00	27	82.56		
ภายในสมาชิก	3521.60	120			
ระยะเวลาการฟื้นตัวจากการระบม	2511.24	4	627.81	96.75	0.00*
ปฏิสัมพันธ์ระหว่างวิธีการฟื้นตัวและระยะเวลาฟื้นตัวจากการระบม	309.56	8	38.70	5.97	0.00*
ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสมาชิกและระยะเวลาฟื้นตัวจากการระบม	700.80	108			
รวม	5835.97	149			

$p < .05$ ($F_{8,108} = 2.02$)

ตารางผนวกที่ ฉ7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของค่าเฉลี่ยช่วงการเคลื่อนไหว ภายหลังระบมจากการออกกำลังกายที่ 0 24 48 และ 72 ชั่วโมง ระหว่างกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p
ภายหลังกล้ามเนื้อระบมที่ 0 ชั่วโมง					
ระหว่างกลุ่ม	240	2	1.20	0.07	0.93
ภายในกลุ่ม	442.40	27	16.39		
รวม	444.80	29			
ภายหลังกล้ามเนื้อระบมที่ 24 ชั่วโมง					
ระหว่างกลุ่ม	309.26	2	154.63	17.19	0.00*
ภายในกลุ่ม	242.90	27	8.99		
รวม	352.16	29			
ภายหลังกล้ามเนื้อระบมที่ 48 ชั่วโมง					
ระหว่างกลุ่ม	286.07	2	143.03	9.24	0.00*
ภายในกลุ่ม	417.80	27	15.47		
รวม	703.87	29			
ภายหลังกล้ามเนื้อระบมที่ 72 ชั่วโมง					
ระหว่างกลุ่ม	235.47	2	117.73	5.03	0.01*
ภายในกลุ่ม	631.50	27	23.39		
รวม	866.97				

$p < .05$ ($F_{2,27} = 3.35$)

ตารางผนวกที่ ฉ8 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของช่วงการเคลื่อนไหวข้อเข่าระหว่างกลุ่มตัวอย่าง[a] ภายหลังการระบมของกล้ามเนื้อที่ 0 24 48 และ 72 ชั่วโมง

(หน่วย: องศา)

ภายหลังการระบมของกล้ามเนื้อ	กลุ่มตัวอย่าง	กลุ่มทดลองที่		
		กลุ่มควบคุม	1	2
0 ชั่วโมง				
	กลุ่มควบคุม	-	0.00	0.60
	กลุ่มทดลองที่ 1			0.60
	กลุ่มทดลองที่ 2			-
24 ชั่วโมง				
	กลุ่มควบคุม	-	1.70	5.80*
	กลุ่มทดลองที่ 1		-	7.50*
	กลุ่มทดลองที่ 2			-
48 ชั่วโมง				
	กลุ่มควบคุม	-	0.10	6.50*
	กลุ่มทดลองที่ 1		-	6.60*
	กลุ่มทดลองที่ 2			-
72 ชั่วโมง				
	กลุ่มควบคุม	-	2.60	6.80*
	กลุ่มทดลองที่ 1		-	4.20*
	กลุ่มทดลองที่ 2			-

หมายเหตุ a เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ โดยวิธีของ Tukey

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางผนวกที่ ฉ9 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำของค่าเฉลี่ยช่วงการเคลื่อนไหวของ ข้อเข่า ก่อนการระบมของกล้ามเนื้อ ภายหลังการระบม ที่ 0 24 48 และ 72 ชั่วโมง ของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p
<u>กลุ่มควบคุม</u>					
ระหว่างสมาชิก	176.90	9	19.65		
ภายในสมาชิก	2217.60	40			
ระยะเวลาการฟื้นตัวจากการระบม	2068.40	4	517.10	124.76	0.00*
ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสมาชิกและระยะเวลาการฟื้นตัวจากการระบม	149.20	36	4.14		
รวม	2344.50	49			
<u>กลุ่มทดลองที่ 1</u>					
ระหว่างสมาชิก	750.82	9	83.42		
ภายในสมาชิก	2690.40	40			
ระยะเวลาการฟื้นตัวจากการระบม	2353.72	4	588.43	62.91	0.00*
ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสมาชิกและระยะเวลาการฟื้นตัวจากการระบม	336.68	36	9.35		
รวม	3441.22	49			
<u>กลุ่มทดลองที่ 2</u>					
ระหว่างสมาชิก	488.88	9	54.32		
ภายในสมาชิก	898.80	40			
ระยะเวลาการฟื้นตัวจากการระบม	624.28	4	156.07	20.47	0.00*
ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสมาชิกและระยะเวลาการฟื้นตัวจากการระบม	274.52	36	7.63		
รวม	1387.68	49			

$p < .05$ ($F_{4,36} = 261$)

ตารางผนวกที่ ฉ10 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของช่วงการเคลื่อนไหวข้อเข่าภายในกลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่ม[a] ก่อนการระบมของกล้ามเนื้อ และภายหลังกล้ามเนื้อระบมที่ 0 24 48 และ 72 ชั่วโมง

(หน่วย: องศา)

กลุ่มตัวอย่าง	ช่วงเวลา	ภายหลังกล้ามเนื้อระบม (ชั่วโมง)			
		0	24	48	72
กลุ่มควบคุม	ก่อนการระบมของกล้ามเนื้อ	0.00	15.20*	13.20*	9.10*
	หลังการระบมที่ 0 ชั่วโมง		15.20*	13.20*	9.10*
	หลังการระบมที่ 24 ชั่วโมง			2.00*	6.10*
	หลังการระบมที่ 48 ชั่วโมง				4.10*
กลุ่มทดลองที่ 1	ก่อนการระบมของกล้ามเนื้อ	0.00	16.90*	13.30*	6.50*
	หลังการระบมที่ 0 ชั่วโมง		16.90*	13.30*	6.50*
	หลังการระบมที่ 24 ชั่วโมง			3.60*	10.40*
	หลังการระบมที่ 48 ชั่วโมง				6.80*
กลุ่มทดลองที่2	ก่อนการระบมของกล้ามเนื้อ	0.00	8.80*	6.10*	1.70*
	หลังการระบมที่ 0 ชั่วโมง		8.80*	6.10*	1.70*
	หลังการระบมที่ 24 ชั่วโมง			2.70*	7.10*
	หลังการระบมที่ 48 ชั่วโมง				4.40*

หมายเหตุ a เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ โดยวิธีของ Tukey

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางผนวกที่ ฉ11 การวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางแบบวัดซ้ำของค่าเฉลี่ยระดับความเจ็บปวด ก่อนการระบม ภายหลังจากการระบม ที่ 0 24 48 ชั่วโมง และภายหลังจากการระบม ที่ 72 ชั่วโมง

แหล่งความแปรปรวน	SS	Df	MS	F	p
ระหว่างสมาชิก	105.21	29			
วิธีการ	80.41	2	40.20	43.78	0.00*
สมาชิก	24.80	27	0.91		
ภายในสมาชิก	637.41	120			
ระยะเวลาการฟื้นตัวจากการระบม	490.47	4	122.61	158.93	0.00*
ปฏิสัมพันธ์ระหว่างวิธีการฟื้นตัวและระยะเวลาฟื้นตัวจากการระบม	63.62	8	7.95	0.31	0.00*
ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสมาชิกและระยะเวลาฟื้นตัวจากการระบม	83.32	108	0.77		
รวม	742.62	149			

$p < .05$ ($F_{8,108} = 2.02$)

ตารางผนวกที่ ฉ12 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของค่าเฉลี่ยระดับความเจ็บปวด ภายหลังระบมจากการออกกำลังกายที่ 0 24 48 และ 72 ชั่วโมง ระหว่างกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p
ภายหลังกล้ามเนื้อระบมที่ 0 ชั่วโมง					
ระหว่างกลุ่ม	0.92	2	0.46	1.79	0.18
ภายในกลุ่ม	6.14	27	0.25		
รวม	7.86	29			
ภายหลังกล้ามเนื้อระบมที่ 24 ชั่วโมง					
ระหว่างกลุ่ม	36.64	2	18.31	8.32	0.00*
ภายในกลุ่ม	59.43	27	2.20		
รวม	96.07	29			
ภายหลังกล้ามเนื้อระบมที่ 48 ชั่วโมง					
ระหว่างกลุ่ม	53.46	2	26.73	24.94	0.00*
ภายในกลุ่ม	28.93	27	1.07		
รวม	82.39	29			
ภายหลังกล้ามเนื้อระบมที่ 72 ชั่วโมง					
ระหว่างกลุ่ม	53.00	2	26.50	55.84	0.00*
ภายในกลุ่ม	12.81	27	0.47		
รวม	65.81	29			

$p < .05$ ($F_{2,27} = 3.35$)

ตารางผนวกที่ ฉ13 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของระดับความเจ็บปวด ระหว่างกลุ่มตัวอย่าง[a] ภายหลังการระบมของกล้ามเนื้อที่ 0 24 48 และ 72 ชั่วโมง

ภายหลังการระบมของกล้ามเนื้อ	กลุ่มตัวอย่าง	กลุ่มทดลองที่		
		กลุ่มควบคุม	1	2
0 ชั่วโมง				
	กลุ่มควบคุม	-	0.43	0.22
	กลุ่มทดลองที่ 1		-	0.21
	กลุ่มทดลองที่ 2			-
24 ชั่วโมง				
	กลุ่มควบคุม	-	0.76	1.87*
	กลุ่มทดลองที่ 1		-	2.63*
	กลุ่มทดลองที่ 2			-
48 ชั่วโมง				
	กลุ่มควบคุม	-	0.89	3.17*
	กลุ่มทดลองที่ 1		-	2.28*
	กลุ่มทดลองที่ 2			-
72 ชั่วโมง				
	กลุ่มควบคุม	-	0.43	3.01*
	กลุ่มทดลองที่ 1		-	2.58*
	กลุ่มทดลองที่ 2			-

หมายเหตุ a เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ โดยวิธีของ Tukey

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางผนวกที่ ฉ14 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำของค่าเฉลี่ยของระดับความเจ็บปวดของกล้ามเนื้อขาก่อนการระบมของกล้ามเนื้อ ภายหลังการระบมที่ 0 24 48 และ 72 ชั่วโมงของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p
<u>กลุ่มควบคุม</u>					
ระหว่างสมาชิก	7.67	9	0.85		
ภายในสมาชิก	272.58	40			
ระยะเวลาการฟื้นตัวจากการระบม	254.86	4	63.71	129.39	0.00*
ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสมาชิกและระยะเวลาการฟื้นตัวจากการระบม	17.72	36	0.49		
รวม	280.25	49			
<u>กลุ่มทดลองที่ 1</u>					
ระหว่างสมาชิก	8.55	9	0.95		
ภายในสมาชิก	277.18	40			
ระยะเวลาการฟื้นตัวจากการระบม	231.68	4	57.92	45.82	0.00*
ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสมาชิกและระยะเวลาการฟื้นตัวจากการระบม	45.50	36	1.26		
รวม	285.73	49			
<u>กลุ่มทดลองที่ 2</u>					
ระหว่างสมาชิก	8.57	9	0.15		
ภายในสมาชิก	87.65	40			
ระยะเวลาการฟื้นตัวจากการระบม	67.55	4	16.88	30.25	0.00*
ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสมาชิกและระยะเวลาการฟื้นตัวจากการระบม	20.10	36	0.56		
รวม	96.22	49			

$p < .05$ ($F_{4,36} = 261$)

ตารางผนวกที่ ฉ15 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของความเจ็บปวด ภายในกลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่ม[a] ก่อนการระบมของกล้ามเนื้อ และภายหลังกล้ามเนื้อระบมที่ 0 24 48 และ 72 ชั่วโมง

กลุ่มตัวอย่าง	ช่วงเวลา	ภายหลังกล้ามเนื้อระบม (ชั่วโมง)			
		0	24	48	72
กลุ่มควบคุม	ก่อนการระบมของกล้ามเนื้อ	0.00	4.81*	5.16*	3.34*
	หลังการระบมที่ 0 ชั่วโมง		4.81*	5.16*	3.34*
	หลังการระบมที่ 24 ชั่วโมง			0.35	1.47*
	หลังการระบมที่ 48 ชั่วโมง				1.82*
กลุ่มทดลองที่ 1	ก่อนการระบมของกล้ามเนื้อ	0.43	5.57*	4.27*	2.91*
	หลังการระบมที่ 0 ชั่วโมง		5.14*	3.84*	2.48*
	หลังการระบมที่ 24 ชั่วโมง			1.30	2.66*
	หลังการระบมที่ 48 ชั่วโมง				1.36*
กลุ่มทดลองที่2	ก่อนการระบมของกล้ามเนื้อ	0.22	2.94*	1.99*	0.33*
	หลังการระบมที่ 0 ชั่วโมง		2.72*	1.77*	0.11
	หลังการระบมที่ 24 ชั่วโมง			0.95	2.61*
	หลังการระบมที่ 48 ชั่วโมง				1.66*

หมายเหตุ a เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ โดยวิธีของ Tukey

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางผนวกที่ ฉ16 การวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางแบบวัดซ้ำของค่าเฉลี่ยของเส้นรอบวงของขาก่อนการระบม ภายหลังจากการระบม ที่ 0 24 48 และ 72 ชั่วโมง

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p
ระหว่างสมาชิก	2270.18	29			
วิธีการ	327.15	2	168.58	2.27	0.12
สมาชิก	1943.03	27	77.96		
ภายในสมาชิก	713.37	120			
ระยะเวลาการฟื้นตัวจากการระบม	10.22	4		0.42	0.79
ปฏิสัมพันธ์ระหว่างวิธีการฟื้นตัวและ			2.56		
ระยะเวลาฟื้นตัวจากการระบม	47.17	8		0.97	0.46
ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสมาชิกและ			5.89		
ระยะเวลาฟื้นตัวจากการระบม	655.98	108			
			6.07		
รวม					

$p < .05$ ($F_{8,108} = 2.02$)

ตารางผนวกที่ ฉ17 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของค่าเฉลี่ยรอบวงของขา ภายหลังระบมจาก การออกกำลังกายที่ 0 24 48 และ 72 ชั่วโมง ระหว่างกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองที่1 และกลุ่มทดลองที่ 2

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p
ภายหลังกล้ามเนื้อระบมที่ 0 ชั่วโมง					
ระหว่างกลุ่ม	51.45	2	25.72	2.12	0.13
ภายในกลุ่ม	326.37	27	12.08		
รวม	326.37	29			
ภายหลังกล้ามเนื้อระบมที่ 24 ชั่วโมง					
ระหว่างกลุ่ม	46.79	2	23.39	1.92	0.16
ภายในกลุ่ม	327.48	27	12.12		
รวม	374.27	29			
ภายหลังกล้ามเนื้อระบมที่ 48 ชั่วโมง					
ระหว่างกลุ่ม	49.05	2	24.52	2.07	0.14
ภายในกลุ่ม	319.33	27	11.82		
รวม	368.38	29			
ภายหลังกล้ามเนื้อระบมที่ 72 ชั่วโมง					
ระหว่างกลุ่ม	47.83	2	23.91	1.95	0.16
ภายในกลุ่ม	330.84	27	12.25		
รวม	378.67	29			

$p < .05$ ($F_{2,27} = 3.35$)

ตารางผนวกที่ ฉ18 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเส้นรอบวงของขา ระหว่างกลุ่มตัวอย่าง[a] ภายหลังการระบมของกล้ามเนื้อที่ 0 24 48 และ 72 ชั่วโมง

(หน่วย: เซนติเมตร)

ภายหลังการระบมของกล้ามเนื้อ	กลุ่มตัวอย่าง	กลุ่มทดลองที่		
		กลุ่มควบคุม	1	2
0 ชั่วโมง				
	กลุ่มควบคุม	-	2.70	2.85
	กลุ่มทดลองที่ 1		-	0.15
	กลุ่มทดลองที่ 2			-
24 ชั่วโมง				
	กลุ่มควบคุม	-	2.25	2.92
	กลุ่มทดลองที่ 1		-	-
	กลุ่มทดลองที่ 2			0.67
48 ชั่วโมง				-
	กลุ่มควบคุม	-	2.28	
	กลุ่มทดลองที่ 1		-	3.00
	กลุ่มทดลองที่ 2			0.72
72 ชั่วโมง				-
	กลุ่มควบคุม	-	2.28	
	กลุ่มทดลองที่ 1		-	2.95
	กลุ่มทดลองที่ 2			0.67
				-

หมายเหตุ a เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ โดยวิธีของ Tukey

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางผนวกที่ ฉ19 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำของค่าเฉลี่ยเส้นรอบวงของขา ก่อนการระบมของกล้ามเนื้อ ภายหลังการระบมที่ 0 24 48 และ 72 ชั่วโมง ของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p
<u>กลุ่มควบคุม</u>					
ระหว่างสมาชิก	461.63	9	51.29		
ภายในสมาชิก	10.02	40			
ระยะเวลาการฟื้นตัวจากการระบม	5.19	4	1.29	9.68	0.00*
ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสมาชิกและระยะเวลาการฟื้นตัวจากการระบม	4.83	36	0.13		
รวม	471.65	49			
<u>กลุ่มทดลองที่ 1</u>					
ระหว่างสมาชิก	552.61	9	61.40		
ภายในสมาชิก	6.29.2007	40			
ระยะเวลาการฟื้นตัวจากการระบม	3.50	4	0.87	11.16	0.00*
ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสมาชิกและระยะเวลาการฟื้นตัวจากการระบม	279	36	0.07		
รวม	558.90	49			
<u>กลุ่มทดลองที่ 2</u>					
ระหว่างสมาชิก	623.70	9	69.30		
ภายในสมาชิก	6.81	40			
ระยะเวลาการฟื้นตัวจากการระบม	4.73	4	1.18	20.48	0.00*
ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสมาชิกและระยะเวลาการฟื้นตัวจากการระบม	2.08	36	0.05		
รวม	630.51	49			

$p < .05$ ($F_{4,36} = 261$)

ตารางผนวกที่ ฉ20 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย เส้นรอบวงของขา ภายในกลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่ม[a] ก่อนการระบมของกล้ามเนื้อ และภายหลังระบมของกล้ามเนื้อที่ 0 24 48 และ 72 ชั่วโมง

(หน่วย: เซนติเมตร)

กลุ่มตัวอย่าง	ช่วงเวลา	ภายหลังกล้ามเนื้อระบม (ชั่วโมง)			
		0	24	48	72
กลุ่มควบคุม	ก่อนการระบมของกล้ามเนื้อ	0.50*	0.90*	0.79*	0.34*
	หลังการระบมที่ 0 ชั่วโมง		0.40	0.29	0.16
	หลังการระบมที่ 24 ชั่วโมง			0.11	0.56*
	หลังการระบมที่ 48 ชั่วโมง				0.45*
กลุ่มทดลองที่ 1	ก่อนการระบมของกล้ามเนื้อ	0.60*	0.55*	0.47*	0.02
	หลังการระบมที่ 0 ชั่วโมง		0.05	0.13	0.58*
	หลังการระบมที่ 24 ชั่วโมง			0.08	0.53*
	หลังการระบมที่ 48 ชั่วโมง				0.45*
กลุ่มทดลองที่2	ก่อนการระบมของกล้ามเนื้อ	0.33*	0.80*	0.77*	0.27*
	หลังการระบมที่ 0 ชั่วโมง		0.47*	0.44*	0.06
	หลังการระบมที่ 24 ชั่วโมง			0.03	0.53*
	หลังการระบมที่ 48 ชั่วโมง				0.50*

หมายเหตุ a เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ โดยวิธีของ Tukey

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางผนวกที่ ฉ21 การวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางแบบวัดซ้ำของค่าเฉลี่ยของ เอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนส ก่อนการระบม ภายหลังจากการระบม ที่ 0 24 48 และ 72 ชั่วโมง

แหล่งความแปรปรวน	SS	Df	MS	F	p
ระหว่างสมาชิก	225635.50	29			
วิธีการ	6722.04	2	3361.02	0.41	0.66
สมาชิก	218913.46	27	8107.91		
ภายในสมาชิก	2486700.00	120			
ระยะเวลาการฟื้นตัวจากการระบม	1907977.33	4	476904.33	100.68	0.00*
ปฏิสัมพันธ์ระหว่างวิธีการฟื้นตัวและระยะเวลาฟื้นตัวจากการระบม	67056.23	8	8382.03	1.77	0.09
ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสมาชิกและระยะเวลาฟื้นตัวจากการระบม	511666.44	108	4737.65		
รวม	2712335.50	149			

$p < .05$ ($F_{8,108} = 2.02$)

ตารางผนวกที่ ฉ22 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของค่าเฉลี่ยของเอ็นไซม์ ครีเอทีนไคเนส ภายหลังระบมจากการออกกำลังกายที่ 0 24 48 และ 72 ชั่วโมง ระหว่าง กลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p
ภายหลังกล้ามเนื้อระบมที่ 0 ชั่วโมง					
ระหว่างกลุ่ม	8682.06	2	4341.03	2.11	0.14
ภายในกลุ่ม	55454.90	27	2053.88		
รวม	84136.96	29			
ภายหลังกล้ามเนื้อระบมที่ 24 ชั่วโมง					
ระหว่างกลุ่ม	24167.46	2	12083.73	0.84	0.44
ภายในกลุ่ม	385563.90	27	14280.14		
รวม	409731.36	29			
ภายหลังกล้ามเนื้อระบมที่ 48 ชั่วโมง					
ระหว่างกลุ่ม	36583.26	2	18291.63	2.16	0.13
ภายในกลุ่ม	228115.70	27	8448.73		
รวม	264648.96	29			
ภายหลังกล้ามเนื้อระบมที่ 72 ชั่วโมง					
ระหว่างกลุ่ม	3472.20	2	1736.10	1.47	0.24
ภายในกลุ่ม	31776.50	27	1176.90		
รวม	35248.70	29			

$p < .05$ ($F_{2,27} = 3.35$)

ตารางผนวกที่ ฉ23 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของเอ็นไซม์ ครีเอทีนไคเนส ระหว่างกลุ่มตัวอย่าง [a] ภายหลังการระบมของกล้ามเนื้อที่ 0 24 48 และ 72 ชั่วโมง

(หน่วย: ยูนิต/ลิตร)

ภายหลังการระบมของกล้ามเนื้อ	กลุ่มตัวอย่าง	กลุ่มทดลองที่		
		กลุ่มควบคุม	1	2
0 ชั่วโมง				
	กลุ่มควบคุม	-	37.00	35.10
	กลุ่มทดลองที่ 1		-	1.90
	กลุ่มทดลองที่ 2			-
24 ชั่วโมง				
	กลุ่มควบคุม	-	60.80	59.60
	กลุ่มทดลองที่ 1		-	1.20
	กลุ่มทดลองที่ 2			-
48 ชั่วโมง				
	กลุ่มควบคุม	-	77.20	70.50
	กลุ่มทดลองที่ 1		-	6.70
	กลุ่มทดลองที่ 2			-
72 ชั่วโมง				
	กลุ่มควบคุม	-	26.10	16.20
	กลุ่มทดลองที่ 1		-	9.90
	กลุ่มทดลองที่ 2			-

หมายเหตุ a เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ โดยวิธีของ Tukey

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางผนวกที่ ฉ24 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำของค่าเฉลี่ยเอ็นไซม์ ครีเอทีนไคเนส ก่อนการระบมของกล้ามเนื้อ ภายหลังการระบมที่ 0 24 48 และ 72 ชั่วโมง ของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p
<u>กลุ่มควบคุม</u>					
ระหว่างสมาชิก	23365.38	9	2596.15		
ภายในสมาชิก	1743403.20	40			
ระยะเวลาการฟื้นตัวจากการระบม	1693431.68	4	423357.92	304.99	0.00*
ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสมาชิกและระยะเวลาการฟื้นตัวจากการระบม	49971.52	36	1388.09		
รวม	2007032.58	49			
<u>กลุ่มทดลองที่ 1</u>					
ระหว่างสมาชิก	182970.48	9	14385.49		
ภายในสมาชิก	3077992.32	40			
ระยะเวลาการฟื้นตัวจากการระบม	2728147.80	4	682036.97	70.18	0.00*
ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสมาชิกและระยะเวลาการฟื้นตัวจากการระบม	349844.52	36	9717.30		
รวม	3260962	49			
<u>กลุ่มทดลองที่ 2</u>					
ระหว่างสมาชิก	102909.60	9	11434.40		
ภายในสมาชิก	2495024.40	40			
ระยะเวลาการฟื้นตัวจากการระบม	2442346.00	9	610586.50	417.27	0.00*
ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสมาชิกและระยะเวลาการฟื้นตัวจากการระบม	52678.40	36	1463.29		
รวม	2597934.00	49			

$p < .05$ ($F_{4,36} = 261$)

ตารางผนวกที่ ฉ25 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของเอ็นไซม์ ครีเอทีนไคเนส ภายในกลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่ม[a] ก่อนการระบมของกล้ามเนื้อ และภายหลังกล้ามเนื้อระบมที่ 0 24 48 และ 72 ชั่วโมง

(หน่วย: ยูนิต/ลิตร)

กลุ่มตัวอย่าง	ช่วงเวลา	ภายหลังกล้ามเนื้อระบม (ชั่วโมง)			
		0	24	48	72
กลุ่มควบคุม	ก่อนการระบมของกล้ามเนื้อ		435.30*	390.60*	56.40*
	หลังการระบมที่ 0 ชั่วโมง	67.60*	367.70*	323.00*	11.20*
	หลังการระบมที่ 24 ชั่วโมง			44.70*	378.90*
	หลังการระบมที่ 48 ชั่วโมง				334.20*
กลุ่มทดลองที่1	ก่อนการระบมของกล้ามเนื้อ		508.30*	500.00*	42.50*
	หลังการระบมที่ 0 ชั่วโมง	42.80*	465.50*	457.20*	0.30
	หลังการระบมที่ 24 ชั่วโมง			8.30	465.80*
	หลังการระบมที่ 48 ชั่วโมง				457.50*
กลุ่มทดลองที่2	ก่อนการระบมของกล้ามเนื้อ		496.60*	452.80*	41.90*
	หลังการระบมที่ 0 ชั่วโมง		462.40*	418.60*	7.70
	หลังการระบมที่ 24 ชั่วโมง	34.20*		43.80*	454.70*
	หลังการระบมที่ 48 ชั่วโมง				410.90*

หมายเหตุ a เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ โดยวิธีของ Tukey

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นายสยาม เพิ่มเพ็ชร์
วัน เดือน ปี ที่เกิด	7 มิถุนายน 2511
สถานที่เกิด	ประเทศเวียดนาม
ประวัติการศึกษา	ปี พ.ศ. 2530 สำเร็จการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนมัธยมสาธิตวัดพระศรีมหาธาตุ วิทยาลัยครู พระนคร ปี พ.ศ. 2534 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตรบัณฑิต (กายภาพบำบัด) จากมหาวิทยาลัยรังสิต
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	นักกายภาพบำบัด 6
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	กลุ่มงานเวชกรรมฟื้นฟู โรงพยาบาลมหาราช โรงพยาบาลมหาราชนครศรีธรรมราช