ผลของการใช้โฟมโรลลิ่งและการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหวที่มีต่อแรงบิด

และระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดในนักกีฬาฟุตซอล

นายณัฐพงษ์ ทองลอย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา
คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2559
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECTS OF FOAM ROLLING AND ACTIVE RECOVERY ON TORQUE AND BLOOD LACTATE CONCENTRATION IN FUTSAL PLAYERS

Mr. Natthapong Thongloy

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Sports Science
Faculty of Sports Science
Chulalongkorn University
Academic Year 2016

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของการใช้โฟมโรลลิ่งและการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหวที่มีต่อแรงบิดและระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดในนักกีฬาฟุตซอล
โดย	นายณัฐพงษ์ ทองลอย
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์การกีฬา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิภาวดี ลี้มิ่งสวัสดิ์

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วันชัย บุญรอด)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิภาวดี ลี้มิ่งสวัสดิ์)

.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร.ทศพร ยิ้มลมัย)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไวพจน์ จันทร์เสม)

ณัฐพงษ์ ทองลอย : ผลของการใช้โฟมโรลลิ่งและการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหวที่มีต่อแรงบิดและระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดในนักกีฬาฟุตซอล (EFFECTS OF FOAM ROLLING AND ACTIVE RECOVERY ON TORQUE AND BLOOD LACTATE CONCENTRATION IN FUTSAL PLAYERS) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ. ดร.วิภาวดี ลี้มิ่งสวัสดิ์, 119 หน้า.

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลของการใช้โฟมโรลลิ่งและการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหวที่มีต่อแรงบิดและระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดในนักกีฬาฟุตซอล กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักกีฬาฟุตซอลของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2559 เพศชาย อายุระหว่าง 18-24 ปี จำนวน 17 คน ผู้เข้าร่วมวิจัยทุกคนเข้ารับโปรแกรมที่ทำให้เกิดความล้าด้วยเครื่องไอโซคิเนติก แล้วเข้ารับการทดลองทั้ง 2 รูปแบบ คือ การใช้โฟมโรลลิ่ง และการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหว เป็นเวลา 8 นาที การทดลองแต่ละรูปแบบเว้นระยะห่างอย่างน้อย 1 สัปดาห์ ทำการบันทึกค่าแรงบิดของกล้ามเนื้อและระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือด ก่อนให้โปรแกรมที่ทำให้เกิดความล้า ก่อนการทดลอง หลังการทดลองทันที และหลังการทดลอง 12 นาที นำผลมาวิเคราะห์ทางสถิติ หาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เปรียบเทียบผลด้วยค่าทีรายคู่ (Paired t-test) และวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำ (One-way ANOVA with repeated measures) ของแรงบิดของกล้ามเนื้อและระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือด ก่อนให้โปรแกรมที่ทำให้เกิดความล้า ก่อนการทดลอง หลังการทดลองทันที และหลังการทดลอง 12 นาที

ผลการวิจัยพบว่า ค่าเฉลี่ยของแรงบิดของกล้ามเนื้อและค่าเฉลี่ยของระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือด หลังการทดลองทันที ระหว่างการใช้โฟมโรลลิ่งและการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหว ไม่พบความแตกต่าง เมื่อเปรียบเทียบก่อนการทดลองและหลังการทดลองทันที ของการใช้โฟมโรลลิ่งและการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหว พบว่า แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังนั้น การใช้โฟมโรลลิ่งและการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหวสามารถเพิ่มแรงบิดของกล้ามเนื้อและสามารถลดระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดได้

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์การกีฬา ลายมือชื่อนิสิต .....

ปีการศึกษา 2559 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

5878306139 : MAJOR SPORTS SCIENCE
KEYWORDS: FOAM ROLLING / RECOVERY / FORCE / BLOOD LACTATE

NATTHAPONG THONGLOY: EFFECTS OF FOAM ROLLING AND ACTIVE RECOVERY ON TORQUE AND BLOOD LACTATE CONCENTRATION IN FUTSAL PLAYERS. ADVISOR: ASST. PROF.WIPAWADEE LEEMINGSAWAT, Ph.D., 119 pp.

The purposes of the study were to compare between the effects of foam rolling and active recovery on torque and blood lactate concentration in futsal players. The subjects were seventeen male futsal players of Chulalongkorn University, aged between 18-24 years old in 2016 academic year. All subjects participated in a fatigue program by using isokinetic dynamometer, then attended experiments in two methods of 8 minutes recovery which were using foam rolling and active recovery by spacing between each recovery method at least one week. Torque and blood lactate concentration level were measured at rest before participating the fatigue program, before experiment, immediately after experiment and 12 minutes after experiment. The obtained data were analysed by calculating mean and standard deviation, and the data were compared within group by using paired t-test. One-way ANOVA with repeated measures also used to determine the significant differences of torque and blood lactate concentration level at rest before participating the fatigue program, before experiment, immediately after experiment and 12 minutes after experiment.

The results were as follows: There was no difference between the means of torque and blood lactate concentration level immediately after experiment in foam rolling group and active recovery group. The comparison of the data before and immediately after experiment in foam rolling group and active recovery group revealed that there was difference at the significance level of .05. This indicates that using foam rolling and active recovery effectively increase torque and decrease blood lactate concentration level.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Field of Study: Sports Science Student's Signature .....

Academic Year: 2016 Advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิภาวดี ลิ้มิ่งสวัสดิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งได้กรุณาสละเวลา ให้คำปรึกษา คำแนะนำ ตรวจแก้ไขข้อบกพร่อง ติดตามความก้าวหน้าในการดำเนินการวิจัย และข้อคิดเห็นต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยตระหนักและซาบซึ้งในพระคุณเป็นอย่างยิ่ง ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ได้แก่ อาจารย์ ดร.ทศพร ยิ้มลมัย และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ไวพจน์ จันทร์เสม ที่ได้กรุณาให้ข้อคิด คำแนะนำ และตรวจแก้ไข ปรับปรุงข้อบกพร่องต่าง ๆ อันส่งผลให้วิทยานิพนธ์นี้มีสมบูรณ์และความถูกต้องยิ่งขึ้น

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุทธนะ ติงศภัทิย์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมศรี ปานพันธุ์โพธิ์ อาจารย์ ดร. เบญจพล เบญจพลากร และอาจารย์ชัชฎาพร พิทักษ์เสถียรกุล ที่ให้คำแนะนำข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ผู้วิจัยขอขอบคุณพี่ ๆ เพื่อน ๆ แขนงวิทยาศาสตร์การกีฬา และแขนงอื่น ๆ ทุกท่าน สำหรับความช่วยเหลือ คำแนะนำต่าง ๆ และกำลังใจ และผู้ช่วยวิจัย นักกีฬาฟุตซอลชายของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยทุกท่าน ที่ได้เสียสละเวลาและแรงกาย เพื่อให้ความร่วมมือในการทำวิจัยจนสำเร็จลุล่วงอย่างดี

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และญาติพี่น้องทุกท่าน ที่ให้คอยเลี้ยงดู อบรมสั่งสอน และให้การสนับสนุนในเรื่องการศึกษาตลอดมา ทั้งทางด้านกำลังทรัพย์และกำลังใจ ทำให้ผ่านพ้นอุปสรรคต่าง ๆ ในระหว่างการทำวิทยานิพนธ์มาได้ และส่งผลให้สามารถประสบความสำเร็จในการเรียนครั้งนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญแผนภูมิ ..... ฐ

สารบัญภาพ ..... ฑ

บทที่ 1 บทนำ 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

ปัญหาในการวิจัย 5

สมมุติฐานของการวิจัย 5

วัตถุประสงค์ของการวิจัย 5

ขอบเขตของการวิจัย 5

ข้อตกลงเบื้องต้นของการวิจัย 6

ข้อจำกัดของการวิจัย 6

คำจำกัดความของการวิจัย 6

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย 7

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 8

ระบบพลังงานที่ใช้ในการออกกำลังกาย 9

ระบบกล้ามเนื้อ 12

ความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อ 26

กรดแลคติกกับการออกกำลังกาย 29

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หน้า

การฟื้นตัวจากการออกกำลังกาย 33
ไอโซคิเนติก 36
โฟมโรลเลอร์ 38
งานวิจัยในประเทศ 41
งานวิจัยต่างประเทศ 45
กรอบแนวคิดในการวิจัย 47
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย 48
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 48
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 50
ขั้นตอนการวิจัยและการเก็บรวบรวมข้อมูล 51
การวิเคราะห์ข้อมูล 58
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 59
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 84
สรุปผลการวิจัย 84
อภิปรายผลการวิจัย 86
ข้อเสนอแนะจากการวิจัย 90
รายการอ้างอิง 91
ภาคผนวก 97
ภาคผนวก ก 98
ภาคผนวก ข 106
ภาคผนวก ค 107
ภาคผนวก ง 109
ภาคผนวก จ 111

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

ภาคผนวก ฉ 115

ภาคผนวก ช 116

ภาคผนวก ซ 117

ภาคผนวก ฌ 118

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 119

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 แสดงคุณสมบัติของใยกล้ามเนื้อชนิดต่าง ๆ (Brown, Miller and Eason, 2006 ; Costill and Kenny, 2008 ; ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร์และสิทธา พงษ์พิบูลย์, 2554).... 17

ตารางที่ 2 แสดงการฟื้นตัวของระบบพลังงานประเภทต่าง ๆ (ชูศักดิ์ เวชแพศย์ และกันยา ปาละวิวัธน์, 2536)..... 36

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลพื้นฐานของผู้เข้าร่วมวิจัย จำนวน 17 คน..... 61

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่าแรงบิดของกล้ามเนื้อ ระหว่างก่อนการทดลอง และหลังการทดลองทันที ของการใช้โฟมโรลลิ่ง..... 62

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่าแรงบิดของกล้ามเนื้อ ระหว่างก่อนการทดลอง และหลังการทดลองทันที ของการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหว..... 63

ตารางที่ 6 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่าแรงบิดของกล้ามเนื้อ หลังการทดลองทันที ระหว่างการใช้โฟมโรลลิ่ง และการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหว..... 64

ตารางที่ 7 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือด ระหว่างก่อนการทดลอง และหลังการทดลองทันที ของการใช้โฟมโรลลิ่ง..... 65

ตารางที่ 8 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือด ระหว่างก่อนการทดลอง และหลังการทดลองทันที ของการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหว..... 66

ตารางที่ 9 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือด หลังการทดลองทันที ระหว่างการใช้โฟมโรลลิ่ง และการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหว..... 67

ตารางที่ 10 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ยของค่าแรงบิดของกล้ามเนื้อ ก่อนให้โปรแกรมที่ทำให้เกิดความล้า ก่อนการทดลอง หลังการทดลองทันที และหลังการทดลอง 12 นาที ของการใช้โฟมโรลลิ่ง..... 68

ตารางที่ 11 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือด ก่อนให้โปรแกรมที่ทำให้เกิดความล้า ก่อนการทดลอง หลังการทดลองทันที และหลังการทดลอง 12 นาที ของการใช้โฟมโรลลิ่ง..... 70

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 12 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำของค่าเฉลี่ยของค่าแรงบิดของกล้ามเนื้อก่อนให้โปรแกรมที่ทำให้เกิดความล้า ก่อนการทดลอง หลังการทดลองทันที และหลังการทดลอง 12 นาที ของการใช้โฟมโรลลิ่ง 71

ตารางที่ 13 เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ของค่าแรงบิดของกล้ามเนื้อ ท่าเหยียดเข่า (Extension) ก่อนให้โปรแกรมที่ทำให้เกิดความล้า ก่อนการทดลอง หลังการทดลองทันที และหลังการทดลอง 12 นาที ของการใช้โฟมโรลลิ่ง..... 72

ตารางที่ 14 เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ของค่าแรงบิดของกล้ามเนื้อ ท่างอเข่า (Flexion) ก่อนให้โปรแกรมที่ทำให้เกิดความล้า ก่อนการทดลอง หลังการทดลองทันที และหลังการทดลอง 12 นาที ของการใช้โฟมโรลลิ่ง 73

ตารางที่ 15 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำของค่าเฉลี่ยของค่าแรงบิดของกล้ามเนื้อก่อนให้โปรแกรมที่ทำให้เกิดความล้า ก่อนการทดลอง หลังการทดลองทันที และหลังการทดลอง 12 นาที ของการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหว..... 74

ตารางที่ 16 เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ของค่าแรงบิดของกล้ามเนื้อ ท่าเหยียดเข่า (Extension) ก่อนให้โปรแกรมที่ทำให้เกิดความล้า ก่อนการทดลอง หลังการทดลองทันที และหลังการทดลอง 12 นาที ของการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหว 75

ตารางที่ 17 เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ของค่าแรงบิดของกล้ามเนื้อ ท่างอเข่า (Flexion) ก่อนให้โปรแกรมที่ทำให้เกิดความล้า ก่อนการทดลอง หลังการทดลองทันที และหลังการทดลอง 12 นาที ของการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหว..... 76

ตารางที่ 18 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำของค่าเฉลี่ยของระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือด ก่อนให้โปรแกรมที่ทำให้เกิดความล้า ก่อนการทดลอง หลังการทดลองทันที และหลังการทดลอง 12 นาที ของการใช้โฟมโรลลิ่ง 77

ตารางที่ 19 เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ของระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือด ก่อนให้โปรแกรมที่ทำให้เกิดความล้า ก่อนการทดลอง หลังการทดลองทันที และหลังการทดลอง 12 นาที ของการใช้โฟมโรลลิ่ง 78

ตารางที่ 20 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำของค่าเฉลี่ยของระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือด ก่อนให้โปรแกรมที่ทำให้เกิดความล้า ก่อนการทดลอง หลังการทดลองทันที และหลังการทดลอง 12 นาที ของการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหว..... 79

ตารางที่ 21 เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ของระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือด ก่อนให้โปรแกรมที่ทำให้เกิดความล้า ก่อนการทดลอง หลังการทดลองทันที และหลังการทดลอง 12 นาที ของการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหว..... 80

สารบัญแผนภูมิ

หน้า

แผนภูมิที่ 1 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของค่าแรงบิดของกล้ามเนื้อ ในท่าเหยียดเข่า (Extension) ก่อนให้โปรแกรมที่ทำให้เกิดความล้า ก่อนการทดลอง หลังการทดลองทันที และหลังการทดลอง 12 นาที ระหว่างการใช้โฟมโรลลิ่ง และการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหว 81

แผนภูมิที่ 2 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของค่าแรงบิดของกล้ามเนื้อ ในท่างอเข่า (Flexion) ก่อนให้โปรแกรมที่ทำให้เกิดความล้า ก่อนการทดลอง หลังการทดลองทันที และหลังการทดลอง 12 นาที ระหว่างการใช้โฟมโรลลิ่ง และการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหว 82

แผนภูมิที่ 3 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือด ก่อนให้โปรแกรมที่ทำให้เกิดความล้า ก่อนการทดลอง หลังการทดลองทันที และหลังการทดลอง 12 นาที ระหว่างการใช้โฟมโรลลิ่ง และการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหว 83

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 กล้ามเนื้อควอดไดรเซปส์ (Quadriceps) 25
ภาพที่ 2 กล้ามเนื้อแฮมสตริงส์ (Hamstring)..... 26
ภาพที่ 3 แสดงลักษณะของโฟมโรลเลอร์ชนิดต่าง ๆ 39
ภาพที่ 4 โฟมโรลเลอร์ ที่เป็นทรงกระบอก ผิวมีลักษณะเป็นลายตะแกรง (Grid foam roller) ยี่ห้อ ทริกเกอร์ พ้อยท์ (Trigger point) 41
ภาพที่ 5 กรอบแนวคิดในการวิจัย 47
ภาพที่ 6 แผนภาพขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 57
ภาพที่ 7 การอบอุ่นร่างกาย..... 108
ภาพที่ 8 การยืดเหยียดกล้ามเนื้อ 110
ภาพที่ 9 การใช้โฟมโรลลิ่ง..... 114

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ฟุตซอล (Futsal) มาจากภาษาสเปนและโปรตุเกสว่า “Futbol หรือ Futebol” และนำมาจากภาษาฝรั่งเศสและภาษาสเปนว่า “Salon หรือ Sala” เป็นกีฬาที่ได้รับความนิยมและสนใจกันอย่างแพร่หลายทั้งในประเทศและต่างประเทศ จะเห็นได้จากมีการจัดการแข่งขันในระดับต่าง ๆ ทั้งในระดับชาติ และระดับนานาชาติ เกิดขึ้นครั้งแรกในปี ค.ศ. 1930 โดยที่โจอัน คาร์ลอส เซเรียนี (Juan Carlos Ceriani) คิดค้นการเล่นฟุตบอล 5 คน เพื่อนำมาแข่งขันในระดับเยาวชนของวายเอ็มซีเอ (YMCA) ที่ประเทศอุรุกวัย ในเวลาต่อมากีฬาฟุตซอลได้แพร่หลายออกไปทั่วในอเมริกา โดยเฉพาะที่ประเทศบราซิลเป็นจุดศูนย์กลางในการพัฒนาการเล่นกีฬาฟุตซอลอย่างต่อเนื่อง มีการแข่งขันระหว่างประเทศครั้งแรก ใช้ชื่อว่า “การแข่งขันอเมริกาใต้คัพ ครั้งที่ 1” ในปี ค.ศ. 1965 ซึ่งประเทศบราซิลเป็นทีมที่ชนะเลิศ ต่อมามีการจัดการการแข่งขันชิงแชมป์โลกครั้งที่ 1 ในปี ค.ศ.1982 ที่ประเทศบราซิล โดยการจัดขึ้นภายใต้การควบคุมของฟีฟุซซ่า (Fifusa) ซึ่งในปัจจุบันได้ถูกรวมไว้เป็นสมาชิกของฟีฟ่า (Federation International Football Association: FIFA) ตั้งแต่ปี 1989 ประเทศบราซิลเป็นทีมชนะเลิศ (กรมพลศึกษา, 2555)

สำหรับประเทศไทยเริ่มจัดการแข่งขันอย่างเป็นทางการเมื่อประมาณปี พ.ศ. 2535-2536 โดยความร่วมมือระหว่างสมาคมฟุตบอลแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ กับบริษัทรีบอค (กรมพลศึกษา, 2555) และต่อมามีการเล่นกันอย่างแพร่หลายตั้งแต่ระดับเยาวชนรวมถึงประชาชนทั่วไป ปัจจุบันมีการจัดการแข่งขันถึงระดับชิงแชมป์โลก ภายใต้การรับรองการแข่งขันโดยสหพันธ์ฟุตบอลนานาชาติหรือฟีฟ่า ในปี 2555 ประเทศไทยได้เป็นเจ้าภาพในการจัดการแข่งขันชิงแชมป์โลกครั้งที่ 7 เรียกว่า “การแข่งขันฟีฟ่า ฟุตซอล เวิลด์คัพ ไทยแลนด์” (FIFA FUTSAL WORLD CUP THAILAND 2012) มีทีมที่เข้าร่วมการแข่งขันจาก 24 ประเทศทั่วโลก จึงเห็นได้ว่ากีฬาฟุตซอลเป็นกีฬาที่ทั่วโลกให้ความสนใจเป็นอย่างมาก (กรมพลศึกษา, 2558) ซึ่งมีรูปแบบการเล่นและการแข่งขันที่ตื่นเต้นเร้าใจ มีการปะทะกันและลักษณะการเคลื่อนไหวแบบเกมรุกสลับเกมรับตลอดเวลา โดยมีการเคลื่อนไหวของร่างกายระหว่างการเล่นในรูปแบบต่าง ๆ มากมาย เช่น การเดิน (Walking) การวิ่งเหยาะๆ (Jogging) การวิ่ง (Running) การวิ่งเร็วช่วงสั้น ๆ (Sprinting) การกระโดด (Jumping) แรมโมส แคมโป้ และคณะ (Ramos-Campo *et al.,* 2016) กล่าวว่า ในกีฬาประเภททีม เช่น ฟุตซอล ถือว่าเป็นเรื่องปกติที่กล้ามเนื้อควอดไดรเซปส์มีบทบาทสำคัญในการกระโดดและการเตะบอล นอกจากนี้กล้ามเนื้อแฮมสตริงส์เป็นส่วนที่ช่วยทำให้เกิดความมั่นคงของข้อเข่าในระหว่างการเปลี่ยนทิศทางและควบคุมการวิ่ง ความสามารถของผู้เล่นสำหรับการเคลื่อนที่อย่างรวดเร็วของร่างกายทั้งหมดกับการเปลี่ยนแปลงของทิศทางและความเร็ว หรือเป็นที่รู้จักคือความคล่องแคล่วว่องไว ซึ่งเป็นปัจจัยในฟุตซอลเพราะจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน ช่วยลดความเสี่ยงที่ได้รับจากการบาดเจ็บ

(Vaeyens *et al.,* 2007) นอกจากนี้ดี มูร่า และคณะ (de Moura *et al.,* 2012) กล่าวว่า ฟุตซอลเป็นกีฬาแบบไดนามิค มีความต้องการใช้ระบบพลังงานใช้ออกซิเจน (Aerobic system) และระบบพลังงานไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic system) ในฤดูกาลการแข่งขันฟุตซอลจะประกอบด้วย การฝึกซ้อมรายสัปดาห์, การแข่งขัน และการฟื้นฟู ในระหว่างการแข่งขันฟุตซอล ผู้เล่นอาจจะประสบกับอาการบาดเจ็บที่เกิดขึ้นจากความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อ และการปะทะหรือการชนกันระหว่างผู้เล่น นอกจากนี้ความต้องการมีส่วนร่วมในการแข่งขัน 2-3 รายการต่อสัปดาห์ ส่งผลให้ความตึงเครียด (Stress) ที่กำหนดในการเล่นสูงขึ้น จึงทำให้ความเสี่ยงของการบาดเจ็บเพิ่มมากขึ้นและทำให้ประสิทธิภาพการทำงานลดน้อยลงเพราะความเมื่อยล้า, ความเสียหายของกล้ามเนื้อ และการอักเสบ

ฟุตซอลมีความหนักของกิจกรรมแบบความหนักระดับต่ำ (Low-Intensity) ความหนักระดับกลาง (Moderate-Intensity) และความหนักระดับสูง (High-Intensity) ซึ่งบุญสิตา สายวุฒิกุล, อาภัสรา อัครพันธุ์และราตรี เรืองไทย (2554) กล่าวว่า กีฬาที่มีการวิ่งในหลากหลายระดับความเร็ว ความหนักของกิจกรรมไม่แน่นอน และแต่ละกิจกรรมไม่ต่อเนื่อง เช่น กีฬาฟุตบอล ฟุตซอล บาสเกตบอล เทนนิส เป็นต้น จัดเป็นกีฬาที่มีลักษณะเป็นแบบหนักสลับเบา (Intermittent exercise) ดังนั้นจึงต้องการสมรรถภาพทางกายที่ดีมีประสิทธิภาพ ซึ่งประกอบด้วย สมรรถภาพทางกายทั่วไป (General condition) คือความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ พลังของกล้ามเนื้อ ความทนทานของกล้ามเนื้อ ความคล่องตัว ความอ่อนตัว ความเร็ว ความสมดุลของร่างกาย การทำงานประสานกันระหว่างระบบประสาทกล้ามเนื้อ และความทนทานของระบบไหลเวียนโลหิตและระบบการหายใจ และสมรรถภาพทางกายเฉพาะ (Special condition) คือความสามารถทางร่างกายของนักกีฬาที่นำไปใช้ในการเล่นโดยเฉพาะ ซึ่งกีฬาฟุตซอลจะต้องอาศัยสมรรถภาพทางกายทั่วไปและสมรรถภาพทางกายเฉพาะร่วมกันเพื่อนำไปใช้ในการแข่งขัน เช่น การเคลื่อนที่ในรูปแบบต่าง ๆ ความทนทานตลอดเวลาในการแข่งขัน 40 นาที (กรมพลศึกษา, 2555) ดังนั้นระบบพลังสำคัญที่นำไปใช้ในขณะแข่งขันฟุตซอล คือระบบพลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจน เป็นปฏิกิริยาการแตกตัวของกลูโคสและไกลโคเจนได้กรดไพรูวิกจะเปลี่ยนเป็นกรดแลคติก (Lactic acid) ในกล้ามเนื้อแล้วแพร่เข้ากระแสเลือดซึ่งเกิดขึ้นเร็วเป็น 2.5 เท่าของระบบพลังงานแบบใช้ออกซิเจน (ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร์และสิทธา พงษ์พิบูลย์, 2554)

เมื่อกรดแลคติกเกิดขึ้นในกล้ามเนื้อมากเกินกว่าระบบไหลเวียนเลือดจะกำจัดออกได้ ทำให้รบกวนกระบวนการทำงานของกล้ามเนื้อและส่งผลให้เกิดการล้าของกล้ามเนื้อ (Muscle fatigue) เป็นปรากฏการณ์ที่ซับซ้อนเป็นผลมาจากความบกพร่องของหลายกระบวนการในระบบประสาทและกล้ามเนื้อและแหล่งพลังงาน ทำให้มีการสูญเสียแรงที่กล้ามเนื้อผลิตออกมาชั่วคราว ความล้าของกล้ามเนื้อในนักกีฬาจะเกิดขึ้นจากการฝึกซ้อมและแข่งขันซึ่งเป็นสาเหตุให้ความสามารถทางกีฬาลดลงมาก (ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร์และสิทธา พงษ์พิบูลย์, 2554) มีความสอดคล้องกับ รัชฎา แก่นสาร์ และคณะ (2557) กล่าวว่า การเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อ ทำให้ความสามารถในการหดตัวลดลงจนถึงกล้ามเนื้ออาจไม่มีการหดตัวเลย มักเกิดขึ้นหลังจากทำงานหนักเป็นเวลานาน ๆ หรือออกกำลังกายอย่างหนัก กล้ามเนื้อล้าเกิดจากมีการสะสมของคาร์บอนไดออกไซด์ ภายในกล้ามเนื้อมีไฮโดรเจนไอออนเพิ่มขึ้นทำให้โปรตีนแอคทินและไมโอซินเคลื่อนที่ช้าลง การขาดออกซิเจนและขาดพลังงานเอทีพี ทำให้เอนไซม์

เอทีพีเอสทำงานได้น้อยลง หรือภายหลังการออกกำลังกายและทำงานหนักจะมีกรดแลคติกสะสม กรดนี้จะไปแย่งแคลเซียมไอออนในการจับกับโทรโพนิน ซี จึงทำให้กล้ามเนื้อหดตัวลดลง นอกจากนี้ การกระตุ้นกล้ามเนื้อติดต่อกันเวลานาน ก็ทำให้กล้ามเนื้อเกิดการเมื่อยล้าได้ สาเหตุของความเมื่อยล้าเกิดจากสารสื่ออะเซทิลโคลินถูกสร้างและหลั่งจากปลายประสาทมอเตอร์ไม่เพียงพอต่อการหดตัว ถึงแม้จะพบว่าในขณะกล้ามเนื้อล้า จะมีพลังงานเอทีพีลดลงเพียงเล็กน้อยเท่านั้น นอกจากนี้ ชูศักดิ์ เวชแพศย์ และกันยา ปาละวิวัธน์ (2536) พบว่า ภายหลังการออกกำลังกายอย่างหนักนั้น จะมีกรดแลคติกสะสมอยู่ในกล้ามเนื้อและในเลือดจึงทำให้มีอาการเมื่อยล้า การฟื้นตัวจะต้องการการเคลื่อนย้ายกรดแลคติก ออกไปก่อน กรดแลคติกที่เพิ่มขึ้นในเลือด สามารถตรวจสอบได้โดยการเจาะเลือดที่ติ่งหู หรือปลายนิ้ว เพื่อตรวจหาระดับกรดแลคติกเป็นระยะ ๆ และการสังเกตปริมาตรของอากาศที่หายใจใน 1 นาที (Minute ventilation) เพื่อหาอัตราการใช้ออกซิเจนและอัตราการเกิดคาร์บอนไดออกไซด์ (ชูศักดิ์ เวชแพศย์ และกันยา ปาละวิวัธน์, 2536; McArdle *et al.,* 2000) นอกจากนี้มัฟเฟียเลิทที และคณะ (Maffiuletti *et al.,* 2007) ได้ศึกษาเกี่ยวกับความเชื่อมั่นของการวัดค่าเหยียดเข่าและงอเข่าโดยใช้เครื่องคอน-เทร็ส ไอโซคิเนติค (Con-Trex Isokinetic) ในความล้าของกล้ามเนื้อ ผลการศึกษาพบว่ากลุ่มกล้ามเนื้อที่ใช้ในการเหยียดเข่าและงอเข่า มีค่าความเชื่อมั่นในระดับปานกลางถึงระดับสูง มีค่า ICC (Intraclass Correlation Coefficients) สูงกว่า .86

การเคลื่อนย้ายกรดแลคติกจากกล้ามเนื้อและเลือดนั้นทำได้โดยเพิ่มการไหลเวียนเลือด เพื่อที่จะเพิ่มการขนส่งออกซิเจนไปยังกล้ามเนื้อที่กำลังทำงานหรือขณะฟื้นตัว โดยกรดแลคติกสามารถเปลี่ยนกลับไปเป็นกลูโคสหรือไกลโคเจนได้ในตับหรือเปลี่ยนเป็นไกลโคเจนในกล้ามเนื้อ เพื่อสังเคราะห์พลังงานเอทีพี นอกจากนี้กรดแลคติกจะเปลี่ยนเป็นกรดไพรูวิก และเป็นคาร์บอนไดออกไซด์กับน้ำในวัฏจักรเครบส์ และระบบขนส่งอิเล็กตรอน (พิชิต ภูติจันทร์, 2535) มีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับวิธีการฟื้นตัวจากความเมื่อยล้ามากมาย เช่น นั่งพัก การนั่งพักแล้วเช็ดตัวด้วยผ้าเย็น การออกกำลังกายแบบเบา และการนวดด้วยน้ำแข็ง (สุภาพร โกเมนเอก, 2551) ผลการวิจัยพบว่า หลังการออกกำลังกายการนั่งพักแล้วเช็ดตัวด้วยผ้าเย็นช่วยลดความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวและปริมาณกรดแลคติกในเลือดได้มากที่สุด การวิจัยเกี่ยวกับกิจกรรมที่ระดับความหนักต่างกัน (พิชยา นพกาล และคณะ, 2556) พบว่าการฟื้นตัวกิจกรรมที่ระดับความหนัก 40-45% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด สามารถลดระดับของกรดแลคติกในเลือดได้ดีกว่าการฟื้นตัวกิจกรรมระดับความหนัก 50-55% การศึกษาผลของการนวดแผนไทยที่มีต่อการเคลื่อนย้ายกรดแลคติกและการฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกายแบบแอโรบิค (มลฑกาญจน์ หอมสุวรรณ, 2543) ผลการวิจัยพบว่า การนวดแผนไทยทำให้การเคลื่อนย้ายกรดแลคติกในเลือด และการฟื้นฟู ภายหลังการออกกำลังกายดีกว่าการนั่งพักเฉย ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 กู๊ดวิน และคณะ (Goodwin *et al.,* 2007) กล่าวว่า การนวดทางกีฬาเป็นที่ยอมรับกันทั่วไปว่าสามารถลดระดับกรดแลคติกในเลือดอย่างมีประสิทธิภาพและช่วยเพิ่มการไหลเวียนของเลือดมากขึ้นด้วย การศึกษาของมาร์คโควิค (Markovic, 2015) ที่ได้ศึกษาการนวดด้วยตนเองโดยใช้โฟมโรลลิ่งแบบลายตะแกรงยี่ห้อ Trigger point พบว่า การใช้โฟมโรลลิ่งที่กล้ามเนื้อควอดไดรเซปส์และกล้ามเนื้อแฮมสตริงส์ จำนวน 2 นาที ได้ผลดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ การศึกษาการใช้โฟมโรลลิ่งสำหรับการปวด

เมื่อยกล้ามเนื้อและการฟื้นตัวของแพรเชย์ และคณะ (Pearcey *et al*., 2015) พบว่า โฟมโรลลิ่งสามารถลดการปวดกล้ามเนื้อหลังออกกำลังกายได้อย่างมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับเอ็ดมันด์ส และคณะ (Edmunds *et al.,* 2016) กล่าวว่า ผลงานวิจัยล่าสุดที่มีประสิทธิภาพของเทคนิคต่าง ๆ ของการคลายปวดกล้ามเนื้อ ประกอบด้วย การยืดแบบค้างชั่วขณะ, การยืดแบบเคลื่อนไหว, การใช้โฟมโรลลิ่งและการนวดบำบัด ซึ่งช่วยเพิ่มพิสัยช่วงการเคลื่อนไหวของข้อ (ROM: Range Of Motion), ลดความเมื่อยล้า และการเพิ่มสมรรถภาพให้เหมาะสม นอกจากนี้ ณัฐชนนท์ ซังพุง และคณะ (2559) กล่าวว่า วิธีการฟื้นตัวต่าง ๆ ที่จะเป็นกระบวนการเคลื่อนย้ายกรดแลคติกออกไปจากกล้ามเนื้อและกระแสเลือดของร่างกายและสอดคล้องกับ Mcardle, Katch and Katch (2000) ได้กล่าวไว้ว่า ในขั้นตอนสำหรับการฟื้นตัวที่รวดเร็วจากการออกกำลังกายนั้น สิ่งที่เราพบเห็นกันอยู่คือ รูปแบบการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหว (Active recovery) และการพักแบบหยุดนิ่ง (Rest recovery) ในรูปแบบของการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหว คือ การฟื้นตัวภายหลังจากการออกกำลังกายแบบมีการเคลื่อนไหวหรือการคลูดาวน์ (Cool-down) เป็นการออกกำลังกายแบบแอโรบิกที่มีระดับความหนักที่เบา ๆ (Light exercise) ที่จะต้องปฏิบัติทันทีหลังจากการฝึกหรือการแข่งขัน อาทิเช่น การยืดเหยียดกล้ามเนื้อ นอกจากนี้ในการฟื้นตัวสามารถใช้รูปแบบกิจกรรมที่มีการเคลื่อนไหวที่จัดเตรียมไว้สำหรับการทำงานที่หนักและปานกลาง และรูปแบบการออกกำลังกายที่แตกต่างกันไป สอดคล้องกับ Foss and Keteyian (1988) ที่กล่าวว่า การขจัดของกรดแลคติกจะสามารถถูกขจัดได้ทั้งส่วนที่อยู่ในกระแสเลือดและกล้ามเนื้อ เมื่อมีการออกกำลังกายเบา ๆ (Light exercise) คือปฏิบัติในช่วงร่างกายทำการฟื้นตัว และ Fox and Mathews (1981) ได้กล่าวไว้ว่า การออกกำลังกายเบา ๆ ในระยะฟื้นตัว (Light exercise recovery) ใช้เวลาในการฟื้นตัว 30 นาที ถึง 1 ชั่วโมง ถ้าใช้การพักผ่อนในระยะฟื้นตัวจะใช้เวลาในการฟื้นตัวนาน 1 ชั่วโมง ถึง 2 ชั่วโมง การออกกำลังกายเบา ๆ ในระยะฟื้นตัวช่วยให้การเคลื่อนย้ายของกรดแลคติกออกจากกล้ามเนื้อและเลือดได้เร็วกว่าการพักเฉย ๆ สอดคล้องกับ เจริญ กระบวนรัตน์ (2552) กล่าวว่า การคลายอุ่นร่างกายด้วยการเคลื่อนไหวเบา ๆ เป็นวิธีการหนึ่งที่จะช่วยฟื้นตัวให้กับผู้ออกกำลังกายและนักกีฬาเป็นอย่างดีและช่วยระบายกรดแลคติกได้ดีกว่าให้นักกีฬานั่งพักหรือนอนพัก

จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า มีวิธีที่สามารถฟื้นตัวหลังจากออกกำลังกายหลากหลายวิธี แต่ยังไม่มีการศึกษาผลของการใช้โฟมโรลลิ่งและการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหวที่มีต่อแรงบิดและระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดในนักกีฬาฟุตซอล ซึ่งผู้วิจัยมีความสนใจในการใช้โฟมโรลลิ่ง เพราะสามารถใช้นวดกล้ามเนื้อได้ด้วยตัวเอง เหมาะสำหรับกีฬาประเภททีมที่มีช่วงเวลาพักที่จำกัด ซึ่งโฟมโรลลิ่งก็เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่จะช่วยให้นักกีฬาสามารถฟื้นตัวกลับมาได้ เพราะจะช่วยเพิ่มการไหลเวียนของเลือด ทำให้ช่วยเคลื่อนย้ายของเสียออกจากร่างกาย เพื่อที่จะได้นำผลการทดลองไปใช้ในการที่จะช่วยให้กล้ามเนื้อฟื้นตัวเร็วและลดอาการเมื่อยล้า เพื่อช่วยเพิ่มสมรรถภาพในการฝึกซ้อมและการแข่งขันกีฬาฟุตซอลต่อไป

ปัญหาในการวิจัย

ผลของการใช้โฟมโรลลิ่งและการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหวที่มีต่อแรงบิดและระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดในนักกีฬาฟุตซอล มีความแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร

สมมุติฐานของการวิจัย

ผลของการใช้โฟมโรลลิ่งและการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหวที่มีต่อแรงบิดและระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดในนักกีฬาฟุตซอล มีความแตกต่างกัน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลของการใช้โฟมโรลลิ่งและการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหวที่มีต่อแรงบิดและระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดในนักกีฬาฟุตซอล

2. เพื่อเปรียบเทียบผลของการใช้โฟมโรลลิ่งและการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหวที่มีต่อแรงบิดและระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดในนักกีฬาฟุตซอล

ขอบเขตของการวิจัย

1. การวิจัยนี้มุ่งที่จะศึกษาและเปรียบเทียบผลของการใช้โฟมโรลลิ่งและการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหวที่มีผลต่อแรงบิดและระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดในนักกีฬาฟุตซอล

2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาฟุตซอล ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพศชาย ปีการศึกษา 2559 อายุระหว่าง 18-24 ปี

3. ตัวแปรที่ใช้ศึกษาในการวิจัยครั้งนี้

3.1 ตัวแปรต้น หรือตัวแปรอิสระ (Independent variable)

3.1.1 การใช้โฟมโรลลิ่ง

3.1.2 การฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหว

3.2 ตัวแปรตาม (Dependent variable)

3.2.1 แรงบิดของกล้ามเนื้อ

3.2.2 ระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือด

ข้อตกลงเบื้องต้นของการวิจัย

1. กลุ่มตัวอย่างได้รับคำอธิบายรายละเอียดต่าง ๆ เกี่ยวกับการดำเนินงานวิจัย และขั้นตอนการปฏิบัติอย่างละเอียด และยินยอมให้เก็บตัวอย่างเลือดโดยลงชื่อในใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัยก่อนการทดลอง

2. กลุ่มตัวอย่างคนเดียวกันเข้ารับการทดลองทั้ง 2 รูปแบบ คือ รูปแบบที่ 1 การใช้โฟมโรลลิ่ง และ รูปแบบที่ 2 การการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหว โดยแต่ละรูปแบบมีระยะเวลาห่างกันอย่างน้อย 1 สัปดาห์

3. กลุ่มตัวอย่างงดการออกกำลังกายหรือการฝึกซ้อมอย่างหนักอย่างน้อย 1 วัน ก่อนมาทำการทดลองทุกครั้ง

4. กลุ่มตัวอย่างได้รับการเจาะเลือดโดยนักเทคนิคการแพทย์

5. กลุ่มตัวอย่างทุกคนใช้โฟมโรลเลอร์ที่มีขนาดเดียวกัน และระยะเวลาเท่ากัน

6. การเก็บข้อมูลทุกครั้ง กระทำโดยผู้วิจัย และผู้ช่วยวิจัยชุดเดียวกัน ในสภาวะแวดล้อมใกล้เคียงกัน

ข้อจำกัดของการวิจัย

1. ในการทดลองแต่ละครั้ง ผู้วิจัยไม่สามารถควบคุมพฤติกรรม การพักผ่อน การบริโภค และกิจวัตรประจำวันของกลุ่มตัวอย่างได้

2. ในการทดลองแต่ละครั้ง ผู้วิจัยไม่สามารถควบคุมอารมณ์ และสภาวะทางด้านจิตใจของกลุ่มตัวอย่างได้

คำจำกัดความของการวิจัย

การใช้โฟมโรลลิ่ง (Foam rolling) หมายถึง การนวดกล้ามเนื้อด้วยตัวเอง โดยใช้โฟมโรลเลอร์ ซึ่งเป็นทรงกระบอก ผิวมีลักษณะเป็นลายตะแกรง (Grid foam roller) ยี่ห้อทริกเกอร์ พ้อยท์ (Trigger point) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5.5 นิ้ว ยาว 13 นิ้ว

การฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหว (Active recovery) หมายถึง การทำให้ร่างกายกลับคืนเข้าสู่ภาวะปกติหลังจากการฝึกซ้อมหรือการแข่งขัน โดยการวิ่งเหยาะ ๆ บนลู่วิ่งไฟฟ้า

แรงบิด (Torque) หมายถึง แรงที่เกิดขึ้นจากการหดตัวแบบหดสั้นเข้าของกลุ่มกล้ามเนื้อที่ใช้ในการงอเข่าและเหยียดเข่า ด้วยความเร็วเชิงมุม 180 องศาต่อวินาที หน่วยเป็นนิวตันเมตร (Nm)

แลคเตทในเลือด (Blood lactate) หมายถึง ของเสียที่ได้จากระบบพลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic system) ซึ่งได้จากการเจาะเลือดที่บริเวณปลายนิ้ว และวัดค่าผ่านเครื่องวิเคราะห์ปริมาณแลคเตทในเลือด มีหน่วยเป็นมิลลิโมลต่อลิตร

นักกีฬาฟุตซอล (Futsal players) หมายถึง นิสิตที่เป็นนักกีฬาฟุตซอลของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพศชาย

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. เพื่อให้ทราบผลของการใช้โฟมโรลลิ่งและการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหวที่มีต่อแรงบิดและระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดในนักกีฬาฟุตซอล

2. เพื่อนำผลการวิจัยเป็นแนวทางที่จะนำไปใช้ปฏิบัติจริงกับนักกีฬาฟุตซอลในการฝึกซ้อมและการแข่งขัน

3. เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาสำหรับผู้ที่สนใจวิจัยเกี่ยวกับการฟื้นตัวด้วยโฟมโรลลิ่งต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยเรื่อง ผลของการใช้โฟมโรลลิ่งและการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหวที่มีต่อแรงบิดและระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดในนักกีฬาฟุตซอล ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าและรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ทฤษฎี แนวคิดและผลการวิจัยเกี่ยวกับเรื่องนี้ จากเอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยมีประเด็นต่าง ๆ ดังนี้

ก. เอกสาร ตำรา ที่เกี่ยวข้อง

1. ระบบพลังงานที่ใช้ในการออกกำลังกาย
2. ระบบกล้ามเนื้อ
3. ความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อ
4. กรดแลคติกในการออกกำลังกาย
5. การฟื้นตัวจากการออกกำลังกาย
6. ไอโซไคเนติก
7. โฟมโรลเลอร์

ข. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. งานวิจัยในประเทศ
2. งานวิจัยต่างประเทศ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ระบบพลังงานที่ใช้ในการออกกำลังกาย

พลังงานนับเป็นปัจจัยหลักในการออกกำลังกาย หรือการปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งพลังงานสำหรับนักกีฬาถือว่าเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งในการปฏิบัติทักษะต่าง ๆ และพลังงานนั้นจะแสดงออกมาในรูปต่าง ๆ เช่น กำลัง ความแข็งแรง ความเร็ว ความอดทน ดังนั้น นักกีฬาและผู้ฝึกสอนที่มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการใช้พลังงานในกีฬาแต่ละประเภทจะทำให้การแข่งขันมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น เนื่องจากในกีฬาแต่ละประเภทนั้นมีความต้องการในการใช้พลังงานที่แตกต่างกัน กล้ามเนื้อมีแหล่งพลังงานอยู่ 3 ระบบ (McArdle, Katch and Katch, 2000; Guyton and Hall, 2006 และ Powers and Howley, 2007) ดังนี้

1. ระบบพลังงานทันทีหรือฟอสฟาเจน หรือเอทีพี-ซีพี (Phosphagen system หรือ ATP-CP) ได้เอทีพีในกล้ามเนื้อเป็นแหล่งพลังงานพร้อมใช้และครีอาทีนฟอสเฟต (Creatine phosphate, CP) หรือฟอสโฟครีอาทีน (Phosphocreatine, PCr) ที่เก็บสำรองไว้ในกล้ามเนื้อ เมื่อครีอาทีนแยกตัวออกจากฟอสเฟตจะได้เอทีพีเกิดขึ้นทดแทนที่ใช้ไปแล้ว การรวมตัวของเอทีพีและฟอสโฟครีอาทีนเรียกว่า เป็นระบบพลังงานฟอสฟาเจน (Phosphagen energy system) จะให้พลังงานสูงมากภายในเวลา 8-10 วินาที ซึ่งเพียงพอใช้ในวิ่งระยะสั้น 100 เมตรได้ ดังนั้นระบบพลังงานนี้ใช้ในกิจกรรมที่ต้องใช้พลังงานและความเร็วสูงในระยะเวลาที่สั้นมากประมาณไม่เกิน 30 นาที และกล้ามเนื้อไม่ต้องใช้ออกซิเจน

2. ระบบพลังงานไม่ใช้ออกซิเจน หรือระบบไกลโคเจน-กรดแลคติก หรือระบบแอนแอโรบิกไกลโคไลซีส (Anaerobic / Glycogen – lactic acid system หรือ Anaerobic glycolysis) เป็นการใช้ไกลโคเจนที่สะสมในกล้ามเนื้อและกลูโคสในกระแสเลือดซึ่งเป็นขั้นเริ่มต้นของไกลโคไลซีส (Glycolysis) เพิ่มกระบวนการในการแตกตัวของกลูโคสหรือไกลโคเจนซึ่งเกิดขึ้นในไซโตพลาสซึมของเซลล์โดยไม่ต้องอาศัยออกซิเจน กลูโคส 1 โมเลกุล แตกตัวเป็นไพรูวิก 2 โมเลกุล พลังงานเกิดขึ้น 4 เอทีพี ได้อย่างรวดเร็วปฏิกิริยาการแตกตัวของกลูโคสและไกลโคเจนได้กรดไพรูวิกจะเปลี่ยนเป็นกรดแลคติก (Lactic acids, LA) ในกล้ามเนื้อแล้วแพร่เข้าสู่กระแสเลือดซึ่งเกิดขึ้นเร็วเป็น 2.5 เท่าของระบบใช้ออกซิเจน ดังนั้นระบบพลังงานที่ใช้ในกิจกรรมที่ต้องใช้แรงมาก ๆ ในระยะสั้น หรือในเวลา 1-3 นาทีแรกของการออกกำลังกาย

เมื่อกรดแลคติกเกิดขึ้นในกล้ามเนื้อมากเกินกว่าระบบไหลเวียนเลือดจะกำจัดออกได้ทำให้รบกวนกระบวนการทำงานของกล้ามเนื้อและส่งผลให้เกิดการล้าของกล้ามเนื้อ (Muscle fatigue)

นอกจากนี้การออกกำลังกายอย่างหนักเป็นเวลานานร่างกายยังคงใช้ระบบที่ไม่ใช้ออกซิเจนจึงทำให้เกิดการเป็นหนี้ออกซิเจน (Oxygen debt) หมายถึงภาวะที่ร่างกายมีความต้องการพลังงานและออกซิเจนในปริมาณที่มากเกินกว่าระบบพลังงานจะให้ได้ การเป็นหนี้ออกซิเจนนี้จำเป็นต้องใช้คืนภายหลังการออกกำลังกายแล้วและวิธีการที่สามารถทำได้คือการลดความหนักของการออกกำลังกายลงหรือหยุดกิจกรรม ระบบพลังงานชนิดนี้ยังไม่ใช่ระบบที่มีประสิทธิภาพ

3. ระบบพลังงานใช้ออกซิเจน (Aerobic system or Aerobic glycolysis) ไมโทคอนเดรียเป็นแหล่งผลิตพลังงานจากสารอาหารกลูโคส กรดไขมัน และกรดอะมิโน หลังจากระบบพลังงานไม่ใช้ออกซิเจนและเชื่อมต่อเข้าสู่ระบบใช้ออกซิเจนเพื่อจะนำออกซิเจนไปกล้ามเนื้อมากขึ้น ดังนั้นระบบพลังงานที่ใช้ในกิจกรรมที่ออกแรงน้อยแต่ใช้เวลานานหลายนาทีหรือหลายชั่วโมง

ระบบพลังงานใช้ออกซิเจนจะใช้เวลาประมาณ 2-3 นาที ที่ทำให้พลังงานสำหรับการสร้างเอทีพีขึ้นมาใหม่ โดยระบบไหนเวียนเลือดและระบบหายใจจะต้องนำออกซิเจนไปยังกล้ามเนื้ออย่างเพียงพอต่อการเผาผลาญหาร ระบบพลังงานชนิดนี้จึงทำให้เกิดการสะสมกรดแลคติกในปริมาณไม่มากซึ่งทำให้นักกีฬาสามารถออกกำลังกายได้เป็นระยะเวลานาน ส่วนความสามารถในการออกกำลังกายที่ระดับความหนักมากขึ้นได้นานขึ้นอยู่กับความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดหรือเรียกว่า Maximum O_2 uptake หรือ O_2 consumption, VO_2max และแอนแอโรบิกเธรชโฮลด์ (Anaerobic threshold, AnT) จึงเป็นระบบที่มีการออกกำลังกายหรือประกอบกิจกรรมต่าง ๆ ที่มีระยะเวลานานกว่า 2 นาทีถึงหลายชั่วโมง

การทำงานของระบบพลังงานใช้ออกซิเจนและระบบพลังงานไม่ใช้ออกซิเจนในขณะพัก และขณะออกกำลังกาย (ชูศักดิ์ เวชแพศย์ และกันยา ปาละวิวัธน์, 2536)

1. ในขณะพัก ร่างกายใช้ระบบพลังงานใช้ออกซิเจนเป็นพลังงานเพียงอย่างเดียว เพราะปอดและหัวใจสามารถขนส่งและป้อนพลังงานให้ได้อย่างเพียงพอ แต่ก็พบว่ามีกรดแลคติกเกิดขึ้นเล็กน้อยและมีจำนวนคงที่คือ 10 มก./เลือด 100 ลบ.ซม. เนื่องจากระบบของกรดแลคติกนั้นคงที่และไม่เพิ่มขึ้น จึงเป็นไปได้ว่าร่างกายในขณะพักนั้นใช้เอทีพีที่เกิดจากระบบพลังงานใช้ออกซิเจนแต่เพียงอย่างเดียว

2. ในขณะออกกำลังกายร่างกายต้องใช้ทั้งระบบพลังงานใช้ออกซิเจนและระบบพลังงานไม่ใช้ออกซิเจน อย่างไรก็ตามบทบาทของแต่ละระบบนั้น ขึ้นอยู่กับชนิดของการออกกำลังกาย โดยแบ่งการออกกำลังกายเป็น 2 ประเภท ได้แก่

2.1 การออกกำลังกายในระยะสั้น การออกกำลังกายประเภทนี้เป็นการออกกำลังกายที่มีความหนักและความสามารถกระทำได้ไม่เกิน 2-3 นาที พลังงานในการออกกำลังกายประเภทนี้ที่สำคัญคือ คาร์โบไฮเดรต รองลงมาคือไขมัน ส่วนโปรตีนนั้นเกี่ยวข้องน้อยมาก ซึ่งระบบพลังงานที่สำคัญที่สุดคือ ระบบพลังงานไม่ใช้ออกซิเจน ทั้งนี้เนื่องจากว่าระบบพลังงานใช้ออกซิเจนแต่เพียงอย่างเดียวไม่สามารถให้พลังงานได้เพียงพอ ดังนั้นในระยะนี้จึงต้องการพลังงานจากระบบฟอสฟาเจนและการสลายไกลโคเจนด้วยวิธีไม่ใช้ออกซิเจน ซึ่งหมายความว่าในการออกกำลังกายอย่างหนักและในระยะเวลาสั้นนั้น จะต้องมีการขาดออกซิเจนตลอดช่วงของการออกกำลังกาย

2.2 การออกกำลังกายในระยะยาว หมายถึงการออกกำลังกายที่นานกว่า 5 นาที อาหารจะเป็นพลังงานที่สำคัญคือ คาร์โบไฮเดรต และไขมัน ในระยะแรกของการออกกำลังกาย ระบบพลังงานที่สำคัญได้จากไกลโคเจน แต่ในตอนท้ายของการออกกำลังกายนั้นร่างกายจะใช้ไขมันเป็นพลังงานที่สำคัญ เนื่องจากไกลโคเจนสำรองที่อยู่ในกล้ามเนื้อและในตับถูกใช้หมดไปแล้ว ในการออกกำลังกายประเภทนี้ เอทีพีส่วนใหญ่ได้มาจากระบบพลังงานใช้ออกซิเจน ส่วนระบบพลังงานไม่ใช้ออกซิเจนและระบบเอทีพี-ซีพี ก็เกี่ยวข้องด้วยแต่เพียงในระยะต้นเท่านั้น คือในระยะก่อนที่ระดับของการใช้ออกซิเจนจะเพิ่มขึ้นจนถึงระดับที่คงที่ เมื่อระดับของการใช้ออกซิเจนสูงถึงระดับที่คงที่แล้วก็จะสามารถจ่ายเอทีพีให้ได้เพียงพอ ดังนั้นกรดแลคติกจึงไม่คั่งและเพิ่มขึ้นจนถึงระดับสูง ส่วนการเมื่อยล้าที่เกิดขึ้นจากการออกกำลังกายในระยะยาวนั้นมักขึ้นอยู่กับปัจจัยดังนี้

1. ระดับน้ำตาลในเลือดลดต่ำลง เนื่องจากไกลโคเจนสำรองในตับถูกใช้จนหมด

2. มีการเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อเฉพาะแห่ง เนื่องจากไกลโคเจนสำรองในกล้ามเนื้อถูกใช้หมดไปด้วย

3. มีการเสียน้ำ และอิเล็กโทรไลต์ไป ซึ่งทำให้อุณหภูมิร่างกายสูงขึ้น

ในส่วนของการออกกำลังกายระยะยาว แต่ต้องเป็นการออกกำลังกายอย่างเบา เช่น การเดินหรือการเล่นกอล์ฟ ระดับของกรดแลคติกในเลือดจะไม่สูงกว่าปกติ เนื่องจากระบบฟอสฟาเจนเพียงอย่างเดียวก็เพียงพอที่จะให้เอทีพีตามต้องการ ในกรณีอาการเมื่อยล้าอาจเกิดขึ้นช้ามาก เช่น เกิดขึ้นหลังการออกกำลังกายถึง 6 ชั่วโมงไปแล้ว เป็นต้น

ระบบกล้ามเนื้อ

กล้ามเนื้อเป็นเซลล์ที่มีการเปลี่ยนรูปไปเพื่อทำหน้าที่พิเศษ คือการหดตัวและคลายตัว ซึ่งทำให้เกิดการเคลื่อนไหวเพื่อเป็นการปรับสภาพร่างกายให้เหมาะสมกับสภาวะแวดล้อม ตัวอย่างของการปรับสภาวะ ได้แก่ เมื่ออุณหภูมิภายนอกลดลง ร่างกายต้องสงวนความร้อนไว้โดยทำให้หลอดเลือดหดตัว การทรงตัวต้านแรงโน้มถ่วงของโลก การเดิน การวิ่ง จัดเป็นการเคลื่อนไหวที่เกิดจากการทำงานของกระดูกและกล้ามเนื้อ โดยกระดูกจะทำหน้าที่พยุงค้ำร่างกาย เป็นโครงร่างให้กล้ามเนื้อเอ็น และพังผืดต่าง ๆ มายึดไว้ ในขณะที่กล้ามเนื้อมีการหดตัวและคลายตัว เพื่อทำให้เกิดการเคลื่อนไหว ร่างกายของคนประกอบด้วย กล้ามเนื้อเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งมีถึงร้อยละ 50 ของน้ำหนักตัว กล้ามเนื้อจึงเป็นเครื่องจักรชนิดหนึ่งของร่างกายมีหน้าที่เปลี่ยนพลังงานเคมีเป็นพลังงานกล (รัชฎา แก่นสาร์ และคณะ, 2557)

ชนิดของกล้ามเนื้อ

กล้ามเนื้อในร่างกาย แบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด คือ กล้ามเนื้อลาย กล้ามเนื้อเรียบ และกล้ามเนื้อหัวใจ โดยมีรายละเอียดดังนี้ (รัชฎา แก่นสาร์ และคณะ, 2557)

1. กล้ามเนื้อลาย (Striated muscle, Skeletal muscle)

กล้ามเนื้อลายเป็นกล้ามเนื้อที่มีมากที่สุดในร่างกายถึงร้อยละ 40 มีจำนวนประมาณ 792 มัด ประกอบเป็นโครงร่างของร่างกาย มีประสาทมอเตอร์จากเปลือกสมองใหญ่ส่งคำสั่งปบังคับเซลล์มอเตอร์ชนิดอัลฟาและแกมมาของไขสันหลังควบคุมการหดตัวของกล้ามเนื้อโครงร่าง กล้ามเนื้อลำตัว กล้ามเนื้อต้นแขน ต้นขา การทำงานอยู่ใต้อำนาจจิตใจ และรีเฟกซ์ พบได้ที่ใต้ผิวหนังทั่วร่างกาย เซลล์กล้ามเนื้อจะอยู่รวมกันเป็นกลุ่มเรียกว่าฟัสซิเคิล (Fascicle) หลายฟัสซิเคิลรวมกันเรียกว่ามัดกล้ามเนื้อ (Muscle spindle) รอบ ๆ มัดกล้ามเนื้อจะมีเนื้อเยื่อเกี่ยวพันมาหุ้มเรียก เยื่อหุ้มกล้ามเนื้อ (Epimysium) โดยเนื้อเยื่อเกี่ยวพันจะแทรกไปหุ้มรอบซัสซิเคิล (Perimysium) ทำหน้าที่ยึดเซลล์เข้าด้วยกัน และทำให้กล้ามเนื้อแต่ละกลุ่มทำงานไม่ขึ้นต่อกัน ปลายของมัดกล้ามเนื้อคือเอ็น (Tendon) ซึ่งจะไปยึดกับกระดูกและแผ่นเอ็นต่าง ๆ ด้วย

คุณสมบัติทั่วไปของกล้ามเนื้อลาย

1. สามารถตอบสนองต่อสิ่งเร้าหรือสิ่งแวดล้อม เรียกว่า ความสามารถตอบสนองสิ่งเร้า (Excitability หรือ Irritability)

2. สามารถหดตัวได้หลังจากถูกกระตุ้น เรียกว่า ความสามารถหดตัว (Contractability)

3. สามารถยืดออกได้มากโดยไม่ขาด เรียกว่า ความสามารถยืดออก (Extensibility)

4. สามารถหดกลับสู่สภาพเดิมได้ เรียกว่า ความยืดหยุ่น (Elasticity)

โครงสร้างและลักษณะทางกายวิภาคของกล้ามเนื้อลาย

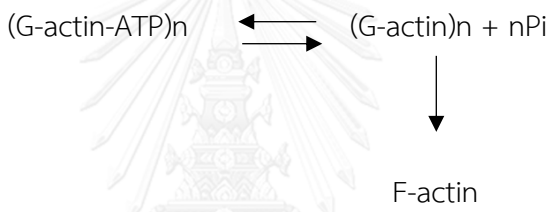
กล้ามเนื้อลายประกอบด้วย ส่วนที่เป็นเซลล์ร้อยละ 85 และน้ำร้อยละ 15 ส่วนที่เป็นเซลล์มีรูปร่างทรงกระบอก กล้ามเนื้อมัดหนึ่ง ๆ ประกอบด้วยกลุ่มเส้นใย (Muscle fascicle) หลายกลุ่ม แต่ละกลุ่มประกอบด้วยเซลล์กล้ามเนื้อรูปทรงกระบอกมาเรียงตัวขนานกัน แต่ละเส้นใยมีเส้นผ่านศูนย์กลางระหว่าง 10-100 ไมโครเมตร มีความยาวหลายเซนติเมตรถึง 30 เซนติเมตร มีนิวเคลียสหลายอันกระจายอยู่ที่ผิวเซลล์จึงทำให้หดตัวได้เร็วกว่ากล้ามเนื้อชนิดอื่น ไม่มีทางติดต่อกันระหว่างเซลล์ เยื่อหุ้มเซลล์ของกล้ามเนื้อลาย เรียกซาร์โคเลมมา (Sarcolemma) แต่ละเซลล์กล้ามเนื้อจะมีปลายประสาทมอเตอร์มาเลี้ยง หนึ่งเส้นภายในเซลล์กล้ามเนื้อประกอบด้วยเส้นใยเล็ก (Myofibril) ซึ่งเป็นโปรตีนสองชนิด คือเส้นใยบาง (Thin filament) และเส้นใยหนา (Thick filament) ทั้งเส้นใยบางและเส้นใยหนาจะเรียงตัวสลับกันอย่างเป็นระเบียบ ทำให้มองเห็นเป็นลายตามขวาง ทึบจางสลับกัน คือ I-band (Isotropic band) ยาว 1 ไมโคเมตร จะมีเส้นใยบางอยู่ ส่วนแถบเข้มหรือแถบทึบแสง คือ A-band (Anisotropic band) ยาว 1.6 ไมโครเมตร เกิดจากการเรียงตัวซ้อนกันของเส้นใยหนาและเส้นใยบางแถบบางจะถูกแบ่งครึ่งโดย Z-line หรือ Z-disk ระยะจากแถบหนึ่งไปยังอีกแถบหนึ่งซึ่งอยู่ติดกันเรียกซาร์โคเมียร์ ซึ่งเป็นหน่วยพื้นฐานของเซลล์กล้ามเนื้อทำหน้าที่การหดตัว

ในแถบทึบเอ จะมีแถบจางเรียกว่า H-band เป็นบริเวณที่ไม่มีเส้นใยบางที่ยื่นเข้ามาในแถบทึบเอเลย จัดเป็นบริเวณ Bare zone อย่างไรก็ตามบริเวณ H-band จะพบ S-fibril ทำหน้าที่ยึดปลายทั้งสองข้างของเส้นใยบาง นอกจากนี้ยังพบแถบทึบ M-line หรือ M-protein มีบทบาทในการจัดเรียงตัวของเส้นใยหนา ถ้าตัดแถบทึบเอออกตามขวางจะพบเส้นใยหนาเส้นหนึ่งเส้น ถูกล้อมรอบด้วยเส้นใยบางหกเส้น เรียงตัวเป็นรูปหกเหลี่ยม

เส้นใยหนา ประกอบด้วยโมเลกุลไมโอซิน (Myosin) เป็นโปรตีนที่มีความหนา 160 ไมโครเมตร น้ำหนักโมเลกุล 500,000 ประกอบด้วยเส้นใยโปรตีนชนิดหนัก (Heavy polypeptide chain) สองสายพันกันเป็นเกลียว ตอนปลายแยกออกจากกันและขดไปมาเป็นรูปกลม (Globular head) มีเส้นใยโปรตีนชนิดเบา (Light polypeptide chain) เป็นส่วนประกอบ หัวของไมโอซินจับ

กับแอคทิน (Actin) ในขณะหดตัว ส่วนเส้นใยโปรตีนชนิดเบา มีความสามารถในการสลายสารพลังงานสูงเอทีพี (Adenosine triphosphate) ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นในการหดตัวของกล้ามเนื้อ โมเลกุลของไมโอซินที่จุดงอสองจุดทำให้ไมโอซินสามารถยื่นหัวกลมไปเกาะกับเส้นใยบางได้ การเกาะกันของแอคทินและไมโอซิน เกิดเป็นสะพานเชื่อม (Cross bridge) ในใยกล้ามเนื้อ ยังมีโปรตีนที่ช่วยยึดไมโอซินเข้าด้วยกันคือโปรตีนซี (C-protein) และโปรตีนเอ็ม (M-protein)

เส้นใยบาง (Thin filament หรือ Actin filament) พบอยู่ในแถบจางมีโปรตีนที่สำคัญอยู่ 3 ชนิด คือ Actin, Tropomyosin และ Troponin โดยแอคทินถ้าอยู่ตามลำพัง (Monomer) มีลักษณะกลม (Globular actin หรือ G actin) ซึ่งเกาะอยู่กับเอทีพี ถ้ามีเกลือบางอย่างอยู่ด้วย จี แอคทินจะรวมตัวกันเป็นเส้นเรียกว่า F-actin เส้นใยบาง มีโครงสร้างเป็นสองสายของ F-actin ที่พันกันเป็นเกลียวคล้ายเชือก ส่วนเอทีพีที่แอคทินจับอยู่จะถูกดึงเอาฟอสเฟตออกได้ ADP ดังสมการ



ส่วนของ G-actin ที่มี ADP เกาะอยู่เชื่อว่าเป็นตำแหน่งที่ว่องไวสามารถเกาะกับ Cross bridge myofilament

โทรโพไมโอซิน ทำหน้าที่ควบคุมการหดตัว เป็นโปรตีนเส้นยาวสองเส้นพันกันเป็นเกลียวอยู่รอบแอคทินหนึ่งโมเลกุลของโทรโพไมโอซินจะยาวเท่ากับแอคทิน 7 อณู จะฝังอยู่ในร่องของ F-actin โดยจะเกาะปิดส่วนที่ว่องไว (Binding site) ของแอคทินเอาไว้ ทำให้ Cross bridge ของไมโอซินไม่สามารถเกาะกับส่วนที่ว่องไวของแอคทินได้ กล้ามเนื้อจึงไม่มีการหดตัว

โทรโพนิน มีขนาดเล็กกว่าแอคทินและโทรโพไมโอซิน มีลักษณะกลมจะเกาะกับโทรโพ-ไมโอซินเป็นช่วง ๆ ในทุก 7 โมเลกุลของแอคทิน โทรโพนินมีหน่วยย่อย 3 หน่วย คือ โทรโพนิน ซี (Calcium binding subunit) เป็นหน่วยย่อยที่จะรวมตัวกับแคลเซียมไอออน หน่วยย่อยที่สองคือ โทรโพนิน ที (Tropomyosin binding subunit) จะรวมกับโทรโพไมโอซิน หน่วยย่อยสุดท้ายคือ โทรโพนิน ไอ (Inhibitory subunit) เป็นหน่วยยับยั้งป้องกันการทำปฏิกิริยาระหว่างแอคทินและไมโอซิน (ป้องกันการเกิดสะพานเชื่อม) ที่ปลายของโทรโพไมโอซินหนึ่งอณูจะมีหนึ่งอณูของโทรโพนิน

เกาะอยู่ การรวมกันของเส้นใยโทรโพนินและโทรโพไมโอซินเรียก โทรโพนิน-โทรโพไมโอซิน คอมเพล็กซ์ (Troponin-tropomyosin complex)

ระบบซาร์โคทิวบูลา (Sarcotubular system) ระบบนี้ประกอบด้วย ซาร์โคพลาสมิก เรทิคูลัม ซึ่งเป็นแหล่งเก็บสะสม Ca^{++} และ T system หรือ Transverse tubule ท่อขวางนี้จะอยู่ตรงบริเวณเทอร์มินัล ซิสเทอร์นีของ ซาร์โคพลาสมิก เรทิคูลัม ท่อขวางหนึ่งท่อกับเทอร์มินัล ซิสเทอร์นี 2 อัน รวมกันเรียกว่า Triad ซึ่งจะอยู่ตรงบริเวณรอยต่อระหว่างแถบทึบกับแถบจางซึ่งจะอยู่ใกล้กับแถบซี หน้าที่ของท่อขวางคือเป็นส่วนที่ติดต่อกับน้ำนอกเซลล์และนำสัญญาณประสาทเข้าสู่ไทรแอด ซึ่งจะเหนี่ยวนำให้แคลเซียมไอออนหลั่งออกมาจาก เทอร์มินัล ซิสเทอร์นี เกิดการเปลี่ยนแปลงทางไฟฟ้าเคมีเชิงกลคือ การหดตัวของกล้ามเนื้อ

ส่วนประกอบทางเคมีต่าง ๆ ที่พบในกล้ามเนื้อลายมัดหนึ่ง ๆ (Karpovich and Sinning, 1971) มีดังนี้

1. น้ำตาล เป็นส่วนประกอบที่มีมากที่สุด คือ 75 เปอร์เซ็นต์ของมวลกล้ามเนื้อทั้งหมด

2. โปรตีน มีประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนที่สำคัญได้แก่ โปรตีนไมโอซินประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ และโปรตีนแอคทินประมาณ 12 เปอร์เซ็นต์ เมื่อแอคทินรวมตัวกับไมโอซิน เรียกว่า แอคโทไมโอซิน (Actomyosin) ภายในไซโทพลาสซึมของกล้ามเนื้อมีสารที่เรียกว่าไมโอเจน (Myogen) โกลบูอินเอ็กซ์ (Globulin-x) และสารสีแดงเรียกว่าไมโอโกลบิน (Myoglobin) ซึ่งมีประมาณ 1 เปอร์เซ็นต์ ไมโอโกลบินเป็นโปรตีนที่มีความสามารถในการจับออกซิเจนเพื่อนำมาใช้ในการหดตัวของกล้ามเนื้อ เพราะการปล่อยออกซิเจนของไมโอโกลบินเร็วกว่าฮีโมโกลบินซึ่งอยู่ในเม็ดเลือดแดง ไมโอโกลบินใช้เวลาเพียง 1/100 วินาที ในการปล่อยออกซิเจน ส่วนฮีโมโกลบินใช้เวลา 1/20 วินาที ในการปล่อยออกซิเจนให้เซลล์กล้ามเนื้อ

3. คาร์โบไฮเดรต มีประมาณ 0.5 – 1.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักกล้ามเนื้อ ได้แก่ ไกลโคเจน (Glycogen) ได้มาจากน้ำตาลในเลือดที่มีปริมาณมากสามารถเปลี่ยนเป็นไกลโคเจนเก็บสะสมไว้ที่กล้ามเนื้อ

4. ไขมัน พบมากบริเวณเนื้อเยื่อเกี่ยวพันและบริเวณใยกล้ามเนื้อ ซึ่งเป็นไขมันต่างชนิดกัน โดยที่บริเวณเนื้อเยื่อเกี่ยวพันไขมันจะอยู่ในรูปของนิวทรัล แฟท (Neutral fat) แต่ไขมันบริเวณใยกล้ามเนื้ออยู่ในรูปของฟอสโฟไลปิด (Phospholipid)

5. สารจากการสลายตัวของโปรตีน ได้แก่ ยูเรีย ครีอาทีน เป็นต้น

6. สารที่ไม่ได้มาจากการสลายตัวของโปรตีน ได้แก่ กรดแลคติก

7. รงควัตถุ

8. ตัวเร่งปฏิกิริยาต่าง ๆ

9. เกลืออนินทรีย์สาร

ชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อลาย

กล้ามเนื้อลายที่มีสีแตกต่างกัน แบ่งออกกว้าง ๆ ได้ 2 ชนิด คือชนิดแรกมีสีจางจัดอยู่ในพวกใยกล้ามเนื้อขาว (White muscle fiber) ชนิดหลังมีสีเข้มกว่าจัดอยู่ในพวกใยกล้ามเนื้อแดง (Red muscle fiber) ซึ่งพบในบริเวณมี่ต้องใช้กล้ามเนื้อทำงานเป็นเวลานาน ๆ มีสารสีแดงในกล้ามเนื้อมาก (Myoglobin) และมีเส้นเลือดฝอยอยู่มากกว่าเส้นใยสีขาวและทำงานประเภทอดทนได้ดีกว่า ส่วนพวกเส้นใยกล้ามเนื้อขาวมีใยใหญ่แข็งแรง หดตัวได้เร็วทำงานประเภทกำลังและความเร็วได้ดี มีสารสีแดงน้อยทำงานในชั่วระยะเวลาสั้น ๆ คนส่วนใหญ่มีใยกล้ามเนื้อขาวและสีแดงปะปนกันในจำนวนใกล้เคียง แต่บางคนอาจมีกล้ามเนื้อชนิดใดชนิดหนึ่งมากกว่ากันก็ได้

Peter et al., (1972) ได้จำแนกเส้นใยกล้ามเนื้อลายตามลักษณะการทำงานให้เห็นได้ชัดเจน 3 ชนิด คือ

1. เส้นใยกล้ามเนื้อลายแบบหดตัวช้า และต้องใช้ออกซิเจนช่วยในการหดตัว (Slow, Oxidative fiber) หรือที่เรียกย่อ ๆ ว่า เส้นใยกล้ามเนื้อลายแบบเอสโอ (SO Fiber)

2. เส้นใยกล้ามเนื้อลายแบบหดตัวเร็ว และต้องใช้ออกซิเจนตลอดจนกลูโคสช่วยในการหดตัว (Fast, Oxidative, Glycolytic fiber) หรือที่เรียกย่อ ๆ ว่า เส้นใยกล้ามเนื้อลายแบบเอฟโอจี (FOG fiber)

3. เส้นใยกล้ามเนื้อลายแบบหดตัวเร็ว และต้องใช้กลูโคสช่วยในการหดตัวเพียงชนิดเดียว (Fast glycolytic fiber) หรือที่เรียกย่อ ๆ ว่า เส้นใยกล้ามเนื้อลายแบบเอฟจี (FG fiber)

ปัจจุบันได้มีการจำแนกใยกล้ามเนื้อ โดยพิจารณาจากลักษณะการหดตัวและการเมแทบอลิซึม (Axen and Axen, 2001 และ Brown, Miller and Eason, 2006) จำแนกใยกล้ามเนื้อได้ 2 ชนิด คือ

1. ใยกล้ามเนื้อชนิดที่ I (Type I fibers) หมายถึงใยกล้ามเนื้อหดตัวช้า (Slow-twitch fiber, ST) ต้านทานความล้าได้ดีและแหล่งพลังงานได้จากระบบใช้ออกซิเจนจึงเรียกว่า ใยเอสโอ (Slow oxidative หรือ SO fibers)

2. ใยกล้ามเนื้อชนิดที่ II (Type II fibers) หมายถึงใยกล้ามเนื้อหดตัวเร็ว (Fast-twitch fibers, FT) เกิดความล้าได้เร็วและแหล่งพลังงานได้จากระบบเอทีพี-ซีพี และระบบไกลโคไลติก เป็นระบบไม่ใช้ออกซิเจน ใยชนิดนี้แบ่งเป็น 2 แบบคือ

2.1 ใยกล้ามเนื้อชนิดที่ IIเอ (Type IIa fibers) หรือเรียกว่าใยเอฟโอจี (Fast oxidative glycolytic หรือ FOG fibers) เพราะพลังงานได้มาจากทั้งระบบใช้ออกซิเจนและระบบไม่ใช้ออกซิเจน (ATP-CP and glycolytic system)

2.2 ใยกล้ามเนื้อชนิดที่ IIบี (Type IIb fibers) หรือเรียกว่าใยเอฟจี (Fast glycolytic หรือ FG fibers) เพราะพลังงานได้มาจากระบบไม่ใช้ออกซิเจนเป็นสำคัญ

ตารางที่ 1 แสดงคุณสมบัติของใยกล้ามเนื้อชนิดต่าง ๆ (Brown, Miller and Eason, 2006 ; Costill and Kenny, 2008 ; ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร์และสิทธา พงษ์พิบูลย์, 2554)

คุณสมบัติ	ใยกล้ามเนื้อชนิดที่ I (Type I fibers)	ใยกล้ามเนื้อชนิดที่ IIเอ (Type IIa fibers)	ใยกล้ามเนื้อชนิดที่ IIบี (Type IIb fibers)
สี	แดง	ขาว/แดง	ขาว
ขนาดของใยกล้ามเนื้อ	เล็ก	ปานกลาง	ใหญ่
ค่าเฉลี่ยของใยกล้ามเนื้อ(%)	50	35	15
ความหนาแน่นของไมโท-คอนเดรีย	สูง	สูง	ต่ำ
ปริมาณไมโอโกลบิน	สูง	สูง	ต่ำ
ความหนาแน่นของหลอด-เลือดฝอย	สูง	ปานกลาง	ต่ำ
ความเร็วการหดตัว	ช้า	เร็ว	เร็ว
การผลิตแรง	ต่ำ	สูง	สูง

ตารางที่ 1 แสดงคุณสมบัติของใยกล้ามเนื้อชนิดต่าง ๆ (ต่อ)

คุณสมบัติ	ใยกล้ามเนื้อชนิดที่ I (Type I fibers)	ใยกล้ามเนื้อชนิดที่ IIเอ (Type IIa fibers)	ใยกล้ามเนื้อชนิดที่ IIบี (Type IIb fibers)
ความทนทานต่อความล้า สมรรถภาพใช้ออกซิเจน	สูง สูง	ปานกลาง ปานกลาง	ต่ำ ต่ำ
สมรรถภาพไม่ใช้ออกซิเจน	ต่ำ	ปานกลาง	สูง
ความอดทน (Endurance)	สูง	ปานกลาง	ต่ำ
การสะสมครีอาทีนฟอสเฟต	ต่ำ	สูง	สูง
การสะสมไกลโคเจน	ต่ำ	สูง	สูง
การสะสมไตรกลีเซอไรด์	สูง	ปานกลาง	ต่ำ
การทำงานของเอนไซม์-ไมโอซินเอทีพีเอส	ต่ำ	สูง	สูง
การทำงานของเอนไซม์-ไกลโคไลติก	ต่ำ	สูง	สูง
การทำงานของเอนไซม์-ออกซิเดทีฟ	สูง	สูง	สูง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สรุปชนิดของใยกล้ามเนื้อลาย

1. กล้ามเนื้อลายส่วนใหญ่มีทั้งใยเอสทีและเอฟที

2. ชนิดของใยต่างกันจะมีเอทีพีเอส (ATPase) ต่างกันด้วยเอทีพีเอสในใยเอฟทีมีปฏิกิริยาเร็วกว่า ให้พลังงานเร็วกว่าเอนไซม์เอทีพีเอสในใยเอสที

3. ใยเอฟทีมีการพัฒนาขั้นสูงของซาร์โคพลาสมิก เรทิคูลัมเพื่อเพิ่มพูนการขนส่งแคลเซียมที่ต้องการในการทำงานของกล้ามเนื้อ

4. เซลล์ประสาทมอร์เตอร์ที่หน่วยมอร์เตอร์ใยเอฟทีใหญ่กว่าและส่งกระแสไปยังใยเอฟทีได้มากกว่าหน่วยมอเตอร์ของใยเอสที จึงทำให้ใยเอฟทีหดตัวได้อย่างมากและให้แรงหดตัวของกล้ามเนื้อมากกว่าใยเอสที

5. สัดส่วนของใยเอสทีและเอฟทีในแขนและขาของมนุษย์จะคล้ายคลึงกันมาก

6. ใยเอสทีมีความสามารถการใช้ออกซิเจนได้ยาวนานและเหมาะกับกิจกรรมอดทน

7. ใยเอฟที (บี) ความเหมาะสมกับกิจกรรมไม่ใช้ออกซิเจน

8. ใยเอฟที (เอ) เหมาะสมสำหรับการทำงานแบบพลังระเบิด (Exposive power)

ลักษณะการทำงานของกล้ามเนื้อลาย (ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร์และสิทธา พงษ์พิบูลย์, 2554)

1. กล้ามเนื้อมีหน้าที่เคลื่อนไหว (Agonistic หรือ Prime movers) ได้แก่ กล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่เฉพาะในการหดตัวและเกิดการเคลื่อนไหวอย่างแท้จริงจะเกิดขึ้นใกล้ ๆ กับจุดที่กล้ามเนื้อเกาะอยู่

2. กล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่ตรงกันข้าม (Antagonists) หมายถึง กล้ามเนื้อที่หย่อนหรือคลายตัวเมื่อกล้ามเนื้อกลุ่มแรกหดตัว หรือหดตัวเมื่อกล้ามเนื้อกลุ่มแรกคลายตัว

3. กล้ามเนื้อที่อยู่กับที่ (Fixation muscle หรือ Stabilizers) เป็นกล้ามเนื้อที่ช่วยดึงส่วนต้นของกล้ามเนื้อที่มีหน้าที่เคลื่อนไหวให้อยู่กับที่ ฉะนั้นเมื่อกล้ามเนื้อกลุ่มนั้นหดตัวก็จะมีการเคลื่อนเฉพาะอีกปลายหนึ่งเท่านั้น

4. กล้ามเนื้อที่ร่วมทำงาน (Synergists) คือกล้ามเนื้อที่ช่วยควบคุมหรือบังคับข้อต่อต่าง ๆ ไม่ให้เกิดการเคลื่อนไหวที่ไม่จำเป็นในขณะที่กล้ามเนื้อที่มีหน้าที่เคลื่อนไหวกำลังทำงาน

ชนิดของการหดตัว

การหดตัวของกล้ามเนื้อ สามารถแบ่งชนิดการหดตัวได้หลายแบบดังนี้

1. แบ่งตามการเคลื่อนไหว

1.1 Static contraction ไม่มีการเคลื่อนไหวของข้อต่อบริเวณนั้นให้เห็น แต่มีความตึงตัวในกล้ามเนื้อ เช่น พยายามยกของหนักมาก ๆ มีแรงตึงเต็มที่ในกล้ามเนื้อแต่ของไม่ขยับ

1.2 Dynamic contraction มีการเคลื่อนไหวของข้อต่อบริเวณนั้น และมีความตึงในกล้ามเนื้อ เช่น ยกของเบา ๆ ลอยขึ้นจากพื้น มีการงอของข้อให้เห็น

2. แบ่งตามความตึงของกล้ามเนื้อ

2.1 Isometric contraction ความตึงในกล้ามเนื้อคงที่ และความยาวกล้ามเนื้อคงที่ จึงไม่มีการเคลื่อนไหวให้เห็น

2.2 Isotonic contraction ความตึงในกล้ามเนื้อคงที่ และความกล้ามเนื้อเปลี่ยนแปลง จึงมีการเคลื่อนไหวให้เห็น คือสั้นลงและยาวขึ้น โดยแบ่งออก 2 ลักษณะ คือ

2.2.1 การทำงานแบบหดสั้น (Concentric contraction) เกิดขึ้นเมื่อกล้ามเนื้อสร้างแรงดึงเพียงพอต่อแรงต้านจึงมีแรงจากกล้ามเนื้อมากกว่าแรงต้านทานภายนอก

2.2.2 การทำงานแบบเหยียดออก (Eccentric contraction) เกิดขึ้นเมื่อแรงภายนอกมากกว่าแรงดึงที่กล้ามเนื้อสร้างขึ้น

2.3 Isokinetic contraction เป็นการหดตัวของกล้ามเนื้อโดยที่ความเร็วในการหดตัวคงที่ (Constant velocity of Lengthening contraction) ซึ่งมักเป็นการเคลื่อนไหวเชิงมุม ต้องอาศัยเครื่องมือที่ออกแบบมาเป็นพิเศษ (Isokinetic machine)

กลไกการหดตัวและคลายตัวของกล้ามเนื้อลาย (ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร์และสิทธา พงษ์พิบูลย์, 2554)

1. ลำดับการทำงานของกล้ามเนื้อในการหดตัว

กล้ามเนื้อเป็นอวัยวะตอบสนองที่สำคัญอย่างหนึ่งของร่างกายการทำงานของกล้ามเนื้อเกิดร่วมกับระบบประสาทเสมอ อาจอยู่ในอำนาจจิตใจหรือนอกอำนาจจิตใจ (Reflex responses) การหดตัวของกล้ามเนื้อมีลำดับขั้นตอนดังนี้

1.1 ต้องมีกระแสประสาทเกิดขึ้นในเส้นประสาทด้าน Presynaptic เพื่อหลั่งสารสื่อประสาท อะเซทิลโคลีนสู่ Synaptic cleft

1.2 อะเซทิลโคลีนร่วมกับตัวรับที่เป็นโปรตีน (Receptor protein) ที่เยื่อหุ้มเซลล์กล้ามเนื้อ (Postsynaptic) ทำให้ไอออนต่าง ๆ สามารถซึมผ่านเยื่อหุ้มเซลล์กล้ามเนื้อ เกิดดีโพลาไรเซชั่นของเยื่อบุเซลล์มีการกระจายประจุไฟฟ้าไปทั่วเยื่อหุ้มเซลล์กล้ามเนื้อรวมทั้ง T-system ทำให้ศักย์ทำงาน (Action potential) เข้าไปถึงไมโอไฟบริล

1.3 ต้องมีการเปลี่ยนแปลงพลังงานที่ได้จากศักย์ทำงานเป็นพลังงานกล

1.4 ไมโอฟิลาเมนต์ ต้องเลื่อนเข้าหากัน แถบไอจะแคบลงส่วนแถบเอจะมีขนาดใหญ่ขึ้น

1.5 ต้องมีกระบวนการที่ทำให้เกิดการคลายตัวของกล้ามเนื้อเพื่อให้กล้ามเนื้อกลับสู่สภาพก่อนทำงาน

2. กระบวนการควบคู่ของการกระตุ้นและการหดตัว (Excitation-contraction coupling, EC coupling)

การควบคู่ของการกระตุ้นและการหดตัวคือกระบวนการที่ซึ่งศักย์ทำงาน (พลังงานไฟฟ้า) ทำให้แอคทินและไมโอซินเกิดแรงดึง (พลังงานกล) เมื่อดีโพลาไรเซชั่นที่ Motor end plate มากพอจะกระจายเข้าสู่ T-system จะไปกระตุ้นซาร์โคพลาสมิก เรติคูลัม แคลเซียมมีความสำคัญต่อกลไกการเลื่อนเข้าหากันของไมโอฟิลาเมนต์ในการทำให้เกิดการหดตัวและแรงที่เกิดขึ้นในกล้ามเนื้อ ดังนั้น EC coupling เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องตั้งแต่กล้ามเนื้อถูกเร้าไปจนถึงกล้ามเนื้อเกิดการตอบสนองด้วยการหดตัว

3. การเลื่อนเข้าหากันของไมโอฟิลาเมนต์

โดยปกติไมโอซินและแอคทินไม่สามารถรวมตัวกันเป็นแอคโทไมโอซินได้จนกว่าปริมาณของแคลเซียมจะมีมากพอ ถ้าไม่มี Tropomyosin troponin complex จะเกิดปฏิกิริยาของไมโอซินและแอคทินเป็นแอคโทไมโอซินได้โดยมีแคลเซียมน้อยมากเนื่องจากโทรโพนินไอ (Troponin I) รวมตัวกับโทรโพไมโอซินไปยับยั้งการจับตัวระหว่างแอคทินและไมโอซิน โดยที่โทรโพไมโอซินจะปิดบังตำแหน่งบนแอคทิน ไม่ให้หัวของไมโอซินมาเกาะ ดังนั้น Tropomyosin troponin complex จึงเป็นตัวปรับความสามารถที่แคลเซียมจะควบคุมปฏิกิริยาของแอคโทไมโอซิน เมื่อแคลเซียมถูกหลั่งออกมาจากซาร์โคพลาสมิก เรทิคูลัม ขณะถูกกระตุ้นโทรโพนิน ซี (Troponin C) ซึ่งเป็นชนิดหนึ่งของโทรโพนินมี 3 ชนิด (โทรโพนิน ซี, ไอ และที) จะรวมตัวกับแคลเซียมไอออน ทำให้โทรโพนินที ดึงโทรโพไมโอซินออกมาให้ห่างจากตำแหน่งจับของแอคทินและไมโอซิน ดังนั้นแอคทินมาชิดกับหัวของไมโอซินมีลักษณะเป็นเอนไซม์ถูกกระตุ้น เอทีพีถูกสลายให้เป็นเอดีพีฟอสเฟตและพลังงานที่จะไปกระตุ้นครอสบริดก์ (Cross bridge) ที่โมเลกุลของไมโอซินให้เคลื่อนที่เลื่อนเอาแอคทินฟิลาเมนต์ผ่านเข้าไมโอซินฟิลาเมนต์เข้าไปด้านใน ทำให้ซาร์โคเมียร์หดสั้นเกิดความตึง (Tension)

ราตรี สุดทรวง และคณะ (2546) กล่าวว่า การหดตัวของกล้ามเนื้อจะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณของแคลเซียมที่ถูกปล่อยออกมาจากซาร์โคพลาสมิก เรทิคูลัม เมื่อมีแคลเซียม 10^{-6} โมลา

เอนไซม์ไมโอซิน เอทีพีเอสเริ่มทำงานเกิดเป็นแอคโทไมโอซิน และหากมีปริมาณแคลเซียมมากกว่านี้ แอคโทไมโอซินซึ่งมีเอทีพีเอสจะมีประสิทธิภาพมากขึ้นเป็น Active actomyosin ATPase ย่อยเอทีพีให้พลังงานในการหดตัวของกล้ามเนื้อแรงขึ้นอีก เมื่อมีการหดตัวเต็มที่ เส้นซี (Z line) จะไม่สัมผัสกับปลายของไมโอซินฟิลาเมนต์ทั้งสองข้างบนของแถบเอ จะไม่เลี่ยนแปลงตลอดวงจรการหดตัวแต่แถบไอจะหายไปหมดเมื่อกล้ามเนื้อหดตัวเต็มรูปแบบ

4. กระบวนการคลายตัวของกล้ามเนื้อ

หลังการกระตุ้นหยุดลงแคลเซียมจะกลับคืนสู่ซาร์โคพลาสมิก เรทิคูลัมโดยกระบวนการแคลเซียมปั๊มซึ่งต้องการใช้พลังงานในกระบวนการนี้ แคลเซียมจะหลุดออกจากไมโอไฟบริลไปเกาะที่ผนังของซาร์โคพลาสมิก เรทิคูลัม ซึ่งมีเอนไซม์เอทีพีเอสย่อยเอทีพีให้เป็นพลังงานปั๊มเอาแคลเซียมเข้าไปรวมไว้ที่เดิมเรียกว่า Terminal Cisternae ในซาร์โคพลาสมิก เรทิคูลัม กล้ามเนื้อก็จะคลายตัวกลับสู่สภาพปกติ

2. กล้ามเนื้อเรียบ (Smooth muscle)

กล้ามเนื้อเรียบมักพบเป็นส่วนประกอบของอวัยวะภายใน เช่น ระบบหลอดเลือด กระเพาะอาหาร ลำไส้ อวัยวะในระบบทางเดินหายใจและกล้ามเนื้อลูกตา ถ้าดูตามลักษณะโครงสร้างทางจุลกายวิภาคศาสตร์ เซลล์กล้ามเนื้อเรียบจะเป็นรูปกระสวยขนาด 50-100 ไมโครเมตร กว้าง 2-5 ไมโครเมตร มีนิวเคลียสอยู่ตรงกลางเพียงอันเดียวมีซาร์โคมาล้อมรอบ ยกเว้นบริเวณรอยต่อสนิท (Tight junction) จะเป็นไกลโคโปรตีน เป็นบริเวณที่มีความต้านทานต่ำกว่าที่อื่น ทำให้การนำสัญญาณประสาทสามารถแพร่กระจายทั่วทุกเซลล์กล้ามเนื้ออย่างรวดเร็ว ซาร์โคพลาสมิก เรทิคูลัม (Sarcoplasmic reticulum: SR) จะเห็นไม่ชัดและมีรอยติดกัน (Dense body) ซึ่งเปรียบเสมือนแถบซีในกล้ามเนื้อลาย ภายในประกอบด้วยเส้นใยกล้ามเนื้อซึ่งมีปริมาณน้อยกว่ากล้ามเนื้อลายประมาณสามเท่า และมีการเรียงตัวไม่เป็นระเบียบ จึงเห็นลายไม่ชัดเจน ไมโอไฟบริลของกล้ามเนื้อนี้ประกอบด้วยเส้นใยหน้าและเส้นใยบาง แต่เส้นใยบางประกอบด้วยแอคทินและโทรโพไมโอซินเท่านั้น กล้ามเนื้อเรียบแบ่งออกเป็น 2 ชนิด ได้แก่ กล้ามเนื้อเรียบที่ทำตนเสมือนเป็นหน่วยเดียวกัน (Unitary smooth muscle หรือ Single unit smooth muscle) และกล้ามเนื้อเรียบที่ทำงานไม่เป็นหน่วยเดียวกัน (Multiunit smooth muscle)

3. กล้ามเนื้อหัวใจ (Cardiac Muscle)

หัวใจมีหน้าที่บีบเลือดไปเลี้ยงส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย การบีบตัวของหัวใจคือ การหดตัวของกล้ามเนื้อหัวใจนั่นเอง เซลล์กล้ามเนื้อหัวใจคือ เซลล์กล้ามเนื้อลายที่ได้มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างไปบางส่วนเพื่อทำหน้าที่พิเศษที่แตกต่างจากกล้ามเนื้อลาย คือมีลักษณะแตกกิ่งก้านและสานกันมีแผ่นเชื่อมเซลล์ (Intercalated disc) ซึ่งตรงกับแถบซี ทำให้แรงหดตัวถ่ายทอดไปยังเซลล์ถัดไปได้ดียิ่งขึ้น บริเวณใกล้กับแถบทึบเยื่อหุ้มเซลล์มีการสัมผัสกันเกิดเป็นช่าง (Gap junction) เชื่อว่าเป็นช่องทางให้กระแสไฟฟ้าแพร่ถึงกันได้ง่ายและรวดเร็ว เมื่อเซลล์หนึ่งถูกกระตุ้นจนเกิดศักย์ทำงานขึ้น สัญญาณไฟฟ้าจึงถูกส่งผ่านไปยังเซลล์ถัดไป เปรียบเสมือนเป็นเซลล์ใหญ่เซลล์เดียว การเชื่อมต่อกันในลักษณะนี้เรียก Syncytium

เซลล์กล้ามเนื้อหัวใจแบ่งออกเป็น 3 ชนิด ดังต่อไปนี้ (รัชฎา แก่นสาร์ และคณะ, 2557)

1. กลุ่มเซลล์เพซเมกเกอร์ (Pacemaker cell) เป็นเซลล์พิเศษก่อกำเนิดศักย์ทำงานได้ด้วยตนเอง เรียงเป็นระบบทำให้กระแสไฟฟ้าแพร่ได้ทั้งหัวใจ ประกอบไปด้วย ปุ่มเอส เอ (Sinoatrial node, SA node) และปุ่มเอวี (Atrioventricular node, AV node)

2. กลุ่มเซลล์ไฟฟ้าพิเศษ (Special conducting cell) เป็นเซลล์ที่ทำหน้าที่นำสัญญาณไฟฟ้าไปสู่ส่วนต่าง ๆ ของหัวใจ ได้แก่ Bundle of his และใยเพอร์คินจิ (Purkinje fiber)

3. เซลล์ที่ทำหน้าที่หดตัว (Contractile cell) ได้แก่ เซลล์กล้ามเนื้อหัวใจที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับการหดตัวได้ที่ผนังหัวใจทั้งสี่ห้อง

CHULALONGKORN UNIVERSITY

การทำงานของกล้ามเนื้อจำเป็นต่อการดำรงชีวิต และการทำกิจกรรมต่าง ๆ ของร่างกาย โดยกลไกการหดตัวของกล้ามเนื้อ ยกเว้นตัวสั่งการตัวแรกเท่านั้น หดตัวแรกเท่านั้น หารหดตัวของกล้ามเนื้อต้องสลายเอทีพี โดยร้อยละ 30 ใช้ในการหดตัวของกล้ามเนื้อ ร้อยละ 70 เปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน ดังนั้นเมื่อกล้ามเนื้อทำงานร่างกายย่อมมีความร้อนเกิดขึ้น การทำงานของกล้ามเนื้อทำให้ร่างกายเกิดการปรับตัว โดยการสะสมพลังงานและสร้างเนื้อเยื่อเพิ่ม ทำให้ขนาดของกล้ามเนื้อใหญ่ขึ้น แต่ถ้ากล้ามเนื้อทำงานน้อยกล้ามเนื้อจะมีขนาดเล็กลง

กล้ามเนื้อที่ศึกษาในงานวิจัยนี้ จะเกี่ยวข้องกับการงอเข่าและเหยียดเข่า ซึ่งมีจุดเกาะต้น (Origin), จุดเกาะปลาย (Insertion) และหน้าที่ (Function) ดังนี้

1. กล้ามเนื้อควอดไดรเซปส์ (Quadriceps) ประกอบด้วย

1.1 เรคตัส ฟีมอริส

จุดเกาะต้น: Anterior inferior iliac spine และผิวเหนือต่อ Acetabulum

จุดเกาะปลาย: เส้นเอ็นของ Patella เกาะที่ Tibial tuberosity

หน้าที่ : เหยียดข้อเข่า

1.2 วาสตัส เลเทอรัลลิส

จุดเกาะต้น: Greater trochanter และผิวขอบนอกของ Linea aspera บนกระดูก Femur

จุดเกาะปลาย: เส้นเอ็นของ Patella เกาะที่ Tibial tuberosity

หน้าที่ : เหยียดข้อเข่า

1.3 วาสตัส มีเดียส

จุดเกาะต้น: Intertrochanteric line และผิวขอบในของ Linea aspera ของกระดูก Femur

จุดเกาะปลาย: เส้นเอ็นของ Patella เกาะที่ Tibial tuberosity

หน้าที่ : เหยียดข้อเข่า

1.4 วาสตัส อินเทอมีเดียส

จุดเกาะต้น: Anterior กับ Lateral surface ของกระดูก Femur

จุดเกาะปลาย: เส้นเอ็นของ Patella เกาะที่ Tibial tuberosity

หน้าที่ : เหยียดข้อเข่า

2. กล้ามเนื้อแฮมสตริงส์ (Hamstring) ประกอบด้วย

2.1 ไบเซปส์ ฟีมอริส

จุดเกาะต้น: Long head เกาะจากปุ่มกระดูก Ischial tuberosity Short head เกาะจากผิวขอบนอกของ Linea aspera และ Lateral supracandylar line ของกระดูก Femur

จุดเกาะปลาย: หัวของกระดูก Fibura และ Lateral condyle ของกระดูก Tibia

หน้าที่ : งอข้อเข่า หมุนต้นขาออกด้านนอก และช่วยเหยียดต้นขาที่ข้อสะโพก

2.2 เซมิเทนดิโนซัส

จุดเกาะต้น: ผิวด้านบนและผิวด้านในของปุ่มกระดูก Ischial tuberosity

จุดเกาะปลาย: ผิวด้านในส่วนบนของกระดูก Tibia

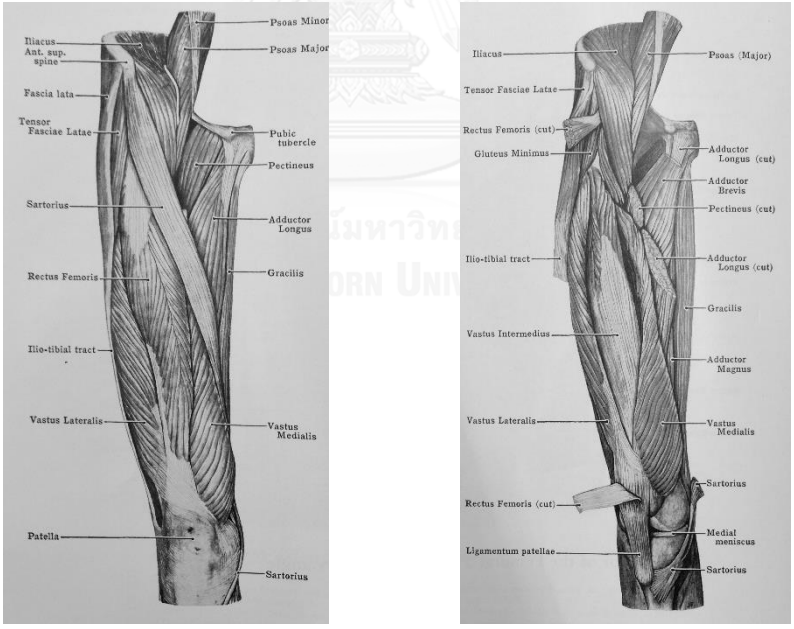
หน้าที่ : งอข้อเข่า และช่วยเหยียดต้นขาที่ข้อสะโพก

2.3 เซมิเมมบราโนซัส

จุดเกาะต้น: ผิวด้านบนและผิวด้านข้างของปุ่มกระดูก Ischial tuberosity

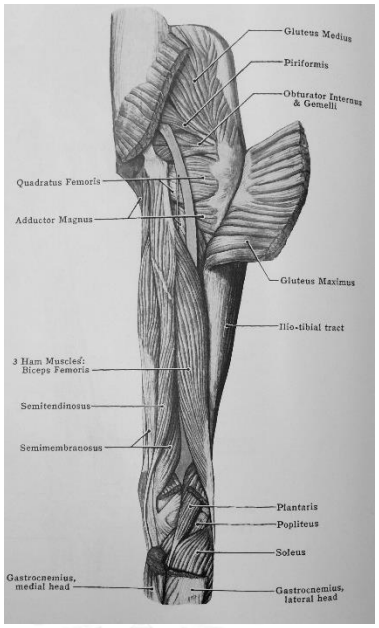
จุดเกาะปลาย: ผิวด้านหลังของ Medial condyle ของกระดูก Tibia

หน้าที่ : งอข้อเข่า และช่วยเหยียดต้นขาที่ข้อสะโพก



ภาพที่ 1 กล้ามเนื้อควอดไดรเซปส์ (Quadriceps)

ที่มา : Grant, 1962



ภาพที่ 2 กล้ามเนื้อแฮมสตริงส์ (Hamstring)
ที่มา : Grant, 1962

ความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อ

ความล้า (Fatigue) หมายถึงกล้ามเนื้อไม่สามารถคงสภาพการผลิตแรงในระดับเดียวกันได้อย่างสม่ำเสมอในการทำงานซ้ำ ๆ เป็นเวลานานและเป็นปรากฏการณ์ที่ยากแก่การอธิบายเพราะความรู้สึกของการเกิดอาการล้าจะแตกต่างกันตั้งแต่เริ่มการออกกำลังกายจนถึงหมดแรงหรือการแข่งขันกีฬาที่ใช้เวลา 45-60 วินาที เช่นวิ่ง 400 เมตร จะเกิดความล้ามากกว่าการออกแรงยาวนานจนหมดแรง เช่น วิ่งมาราธอน การใช้คำว่าความล้าในการอธิบายความรู้สึกทั่วไปของการเหน็ดเหนื่อย รวมทั้งการวัดความสามารถของกล้ามเนื้อ ความล้าเป็นปรากฏการณ์ที่ซับซ้อน ดังนั้นสรีรวิทยาการออกกำลังกายอธิบายถึงความล้าโดยเน้นที่สาเหตุและตำแหน่งการเกิดความล้า (ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร์และสิทธา พงษ์พิบูลย์, 2554) ดังนี้

1. ระบบพลังงาน

1.1 การหมดไกลโคเจนในกล้ามเนื้อเป็นสาเหตุสำคัญของความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อ การหมดฟอสโฟครีอาทีน ซึ่งใช้สำหรับการทำงานแบบไม่ใช้ออกซิเจน พบว่าในช่วงเวลาหมดแรงทั้งเอทีพีและฟอสโฟครีอาทีนจะถูกใช้หมดไป

1.2 การหมดไกลโคเจนซึ่งใช้สำหรับการทำงานแบบใช้และไม่ใช้ออกซิเจนจากไกลโคเจนในกล้ามเนื้อจะเป็นชนิดกีฬาใดก็ได้ใช้เวลานานกว่า 2-3 นาที ไกลโคเจนในกล้ามเนื้อจะเป็นแหล่งพลังงานเบื้องต้นในการสร้างเอทีพี ไกลโคเจนที่เก็บสะสมมีจำนวนจำกัดและหมดเร็ว

1.3 การหมดไกลโคเจนในใยกล้ามเนื้อแบบเอสที และแบบเอฟที

1.4 การหมดของไกลโคเจนและระดับน้ำตาลในเลือดต่ำลง

2. การสะสมของเสียจากการเผาผลาญอาหาร

นอกจากการเกิดความเมื่อยล้าจะมีสาเหตุสำคัญมาจากการที่นักกีฬามีพลังงานไม่เพียงพอและเกิดจากการเกิดกรดแลคติกมากเกินไป การสะสมของไฮโดรเจนไอออนเป็นตัวการสำคัญทำให้กล้ามเนื้อมีสภาพเป็นกรดเรียกว่า เอสิโดซิส เป็นผลมาจากการทำงานแบบไม่ใช้ออกซิเจนเรียกว่า Anaerobic glycolysis จะผลิตของเสียจำนวนมากของแลคแตทและไฮโรเจนไอออนภายในกล้ามเนื้อ

3. ระบบประสาท

3.1 ความล้าส่วนกลาง (Central fatigue) เป็นความบกพร่องของระบบประสาทที่ไม่สามารถคงสภาพส่งกระแสประสาทในระดับคงที่เพื่อการหดตัวของกล้ามเนื้อได้ ซึ่งอาจมีสาเหตุจากการทำหน้าที่บกพร่องของเซลล์ประสาทในระบบประสาทส่วนกลาง และรวมทั้งปัจจัยทางจิตวิทยา เช่น แรงจูงใจหรือปัจจัยทางสรีรวิทยา เช่น ความเจ็บปวด ซึ่งทั้งสองปัจจัยเป็นสาเหตุทำให้ลดความพยายามลงได้

3.2 ความล้าส่วนปลาย (Peripheral fatigue) เป็นความบกพร่องในการหดตัวของกล้ามเนื้อที่ไม่สามารถคงสภาพอยู่ในระดับเดียวกับการเปลี่ยนแปลงของกระแสประสาทได้ ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากการทำหน้าที่บกพร่องของระบบประสาทส่วนปลายหรือกล้ามเนื้อที่ทำงานเอง ความล้าส่วนปลายอาจเกิดจากสาเหตุอื่นได้อีกซึ่งอาจเกี่ยวข้องเพียงประการเดียวหรือมากกว่าก็ได้ ดังนี้

3.2.1 สารสื่อประสาท (อะเซทิลโคลีน) ไม่สามารถข้ามจุดประสานประสาทกล้ามเนื้อได้

3.2.2 อะเซทิลโคลีนเอสเทอเรสเป็นน้ำย่อยที่ทำให้อะเซทิลโคลีนแตกตัวทำให้เกิดการชะลอการส่งกระแสประสาท

3.2.3 ผนังเซลล์ใยกล้ามเนื้ออาจพัฒนาระดับกั้นสูงกว่าสิ่งกระตุ้นโดยประสาทมอเตอร์

3.2.4 การปล่อยหรือการรวมของแคลเซียมไอออนในกระบวนการควบคู่ของการกระตุ้นและการหดตัวบกพร่อง

3.2.5 ความสามารถของใยแอคทินและไมโอซินที่จะผลิตแรงบกพร่อง

ดังนั้นความล้าของกล้ามเนื้อ (Muscle fatigue) เป็นปรากฏการณ์ที่ซับซ้อนเป็นผลมาจากความบกพร่องของหลายกระบวนการในระบบประสาทและกล้ามเนื้อและแหล่งพลังงาน ผลลัพธ์จากความล้าของกล้ามเนื้อคือการสูญเสียแรงที่กล้ามเนื้อผลิตออกมาชั่วคราว ความล้าของกล้ามเนื้อสามารถเกิดขึ้นได้ในการทำงานในแต่ละวัน เช่น การเดิน การนั่ง การยืน ส่วนนักกีฬาจะเกิดขึ้นจากการฝึกซ้อมและแข่งขันมากกว่าคนทั่วไปเป็นเหตุให้ความสามารถทางกีฬาลดลงมาก

พิชิต ภูติจันทร์ (2535) กล่าวว่า ความเมื่อยล้า หมายถึงการที่กล้ามเนื้อมีความสามารถในการทำงานลดลง อันเป็นผลมาจากงานที่ทำ ความเมื่อยล้ามักจะเกิดขึ้นในช่วงปลายของการออกกำลังกาย จุดเริ่มต้นของความเมื่อยล้าของแต่ละคนย่อมแตกต่างกันไป เช่น ในนักกีฬาจะมีจุดเริ่มต้นช้ากว่าในผู้ที่ไม่ใช่นักกีฬา จากการทดสอบในระยะหลัง ๆ พบว่าเส้นใยกล้ามเนื้อขาวจะเกิดความเมื่อยล้าเร็วกว่าเส้นใยกล้ามเนื้อแดง

ชูศักดิ์ เวชแพศย์ และกันยา ปาละวิวัธน์ (2536) กล่าวว่า ความเมื่อยล้า หรือความล้าของกล้ามเนื้อ (Muscle fatigue) หมายถึงการที่กล้ามเนื้อไม่สามารถทำงานให้มีสมรรถภาพหรือกำลังได้ตามที่คาดหมายไว้ การล้าของกล้ามเนื้อนั่นอาจมีสาเหตุจากส่วนรอบนอกที่เรียกว่า Peripheral fatigue หรืออาจมีสาเหตุมาจากระบบประสาทส่วนกลางที่เรียกว่า Central fatigue ในคนที่มีภาวะจิตใจปกติ พบว่าสาเหตุจากระบบประสาทส่วนกลางมีความสำคัญน้อย สาเหตุทางรอบนอกมีความสำคัญมากกว่า

รัชฎา แก่นสาร์ และคณะ (2557) กล่าวว่า การเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อ ทำให้ความสามารถในการหดตัวลดลงจนถึงกล้ามเนื้ออาจไม่มีการหดตัวเลย มักเกิดขึ้นหลังจากทำงานหนักเป็นเวลานาน ๆ หรือออกกำลังกายอย่างหนัก กล้ามเนื้อล้าเกิดจากมีการสะสมของคาร์บอนไดออกไซด์ ภายในกล้ามเนื้อมีไฮโดรเจนไอออนเพิ่มขึ้น ทำให้โปรตีนแอคทินและไมโอซินเคลื่อนที่ช้าลง การขาดออกซิเจนและขาดพลังงานเอทีพี ทำให้เอนไซม์เอทีพีเอสทำงานได้น้อยลง หรือภายหลังการออกกำลังกายและทำงานหนักจะมีกรดแลคติกสะสม กรดนี้จะไปแย่งแคลเซียมไอออนในการจับกับโทรโพนิน ซี จึงทำให้กล้ามเนื้อหดตัวลดลง นอกจากนี้การกระตุ้นกล้ามเนื้อติดต่อกันเวลานาน ก็ทำให้กล้ามเนื้อเกิดการเมื่อยล้าได้ สาเหตุของความเมื่อยล้าเกิดจากสารสื่ออะเซทิลโคลินถูกสร้างและหลั่งจากปลายประสาทมอเตอร์ไม่เพียงพอต่อการหดตัว ถึงแม้จะพบว่าในขณะกล้ามเนื้อล้า จะมีพลังงานเอทีพีลดลงเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ซึ่งสันนิษฐานว่าอาการเมื่อยล้า เมื่อพลังงานเอทีพีลดลงเล็กน้อยนี้ จะป้องกันภาวะ Rigor contraction ซึ่งถ้าหากเกิดขึ้นจะทำให้กล้ามเนื้อเกิดการฉีกขาดได้ แต่ถ้าให้กล้ามเนื้อพักสักระยะหนึ่ง กล้ามเนื้อก็จะกลับเข้าสู่สภาพเดิมและมีการหดตัวได้อีก ระยะของการพักจะใช้มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความแรงและความนานของการหดตัวของกล้ามเนื้อก่อนการเมื่อยล้า การกลับคืนสู่สภาพเดิมของกล้ามเนื้อนี้ เกิดจากสารสื่อประสาทถูกสร้างใหม่และสามารถหลั่งมากระตุ้นการหดตัวของกล้ามเนื้อได้อย่างเพียงพอ

กรดแลคติกกับการออกกำลังกาย

กรดแลคติก (Lactic acid) คือ สารประกอบอินทรีย์ที่ถูกสร้างขึ้นมาอย่างมากในช่วงเวลาของการสร้างพลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจน โดยที่ร่างกายได้รับออกซิเจนเข้าไปไม่เพียงพอ ทำให้ไพรูเวททำหน้าที่เอาอะตอมของไฮโดเจนไปเสียเองจนทำให้เกิดกรดแลคติกขึ้น โดยการสร้างกรดแลคติกจะมากหรือน้อยย่อมขึ้นอยู่กับปริมาณของออกซิเจนและความเข้มข้นของการออกกำลังกาย

ปกติกรดแลคติกจะเกิดขึ้นในเซลล์กล้ามเนื้อก่อนแล้วแพร่กระจายออกมาสู่กระแสเลือดภายในระยะเวลาประมาณ 5 นาที หลังจากเกิดกรดแลคติกขึ้น ภาวะปกติในเลือดจะมีความเข้มข้นของกรดแลคติกประมาณ 10 มิลลิกรัมต่อเลือด 100 มิลลิลิตร (10 มก.%) หากมีกรดแลคติกในเลือดสูงถึง 0.03-0.1 กรัมเปอร์เซ็นต์ หรือในกล้ามเนื้อ 0.3-0.4 กรัมเปอร์เซ็นต์ กล้ามเนื้อจะหยุดทำงาน ระดับของกรดแลคติกในเลือดจะเพิ่มสูงขึ้นมากภายใน 5-10 นาทีของการออกกำลังกายสูงสุดบนลู่กล ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 15 มิลลิโมลต่อลิตร โดยทั่วไปในคนปกติที่มีสมรรถภาพ ทางกายดีจะทนต่อการมี

กรดแลคติกในเลือดได้ถึง 130 มิลลิโมลเปอร์เซ็นต์ และบางรายอาจสูงถึง 300 มิลลิโมลเปอร์เซ็นต์ (อำพร ศรียาภัย, 2544)

Plowman and Denise (1998) ได้กล่าวไว้เกี่ยวกับผลที่เกิดจากการสะสมของกรดแลคติกและส่งผลต่อร่างกาย ซึ่งผลที่สามารถสังเกตได้อย่างชัดเจน คือ ค่าของความเป็นกรดด่าง และจากการสังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงของร่างกายพบอาการ ดังนี้

1. ความเจ็บปวด (Pain) ยกตัวอย่างเช่น การวิ่งอย่างเต็มความสามารถเป็นระยะทาง 400 เมตร ซึ่งใช้ระบบพลังงานในส่วนของเอทีพี-ซีพีและระบบพลังงานไม่ใช้ออกซิเจน ซึ่งไฮโดรเจนไอออนที่เกิดขึ้นจะส่งผลให้เกิดความเจ็บปวดของระบบประสาทและเกิดความเจ็บปวดในส่วนของกล้ามเนื้อต่อไป

2. การลดลงของสมรรถนะ (Performance decrement) มีผลมาจากกรดแลคติกที่ส่งผลให้เกิดความล้าในระบบต่าง ๆ ของร่างกาย และสามารถจำแนกเพิ่มเติมได้ดังนี้

2.1 การล้าของระบบการเผาผลาญพลังงาน (Metabolic fatigue) ที่มีผลมาจากการลดลงของเอทีพี ที่เชื่อมโยงกับการเปลี่ยนแปลงปริมาณของเอนไซม์ การเปลี่ยนแปลงของกลไกหรือกระบวนการส่งผ่าน (Membrane transport mechanisms) รวมไปถึงความสามารถในการใช้ประโยชน์ของสารประกอบ (Substrate availability) และการที่เอนไซม์ไม่สามารถเข้ารวมในปฏิกิริยาเคมีได้เนื่องจากปริมาณความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออนที่เพิ่มขึ้น และไฮโดรเจนไอออนจะรวมตัวกับเอนไซม์และทำให้เอนไซม์มีรูปร่าง ลักษณะและคุณลักษณะที่เปลี่ยนไป ในขณะเดียวกันจะเกิดการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการส่งผ่าน ซึ่งผลการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นนี้มีผลให้โมเลกุลของสารที่ส่งผ่านเซลล์เมมเบรน (Cell membrane) และระหว่างองค์ประกอบของเซลล์อื่น ๆ เช่น ไมโทคอนเดรีย เกิดความขัดข้องในการเคลื่อนที่ทำให้กระบวนการทางเคมีที่เกิดขึ้นไม่สมบูรณ์จากผลเอนไซม์ไม่สามารถปฏิบัติหน้าที่ได้นี้จะส่งผลโดยตรงกับการผลิตเอทีพี และส่งผลให้สมรรถนะของนักกีฬาลดลงในที่สุด

2.2 การล้าของกล้ามเนื้อ (Muscular fatigue) ประการแรกสังเกตได้จากการลดลงของแรงและอัตราเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อ (Muscle contraction) ผลที่เกิดนี้มีสาเหตุสองประการ คือ ประการแรกเกิดการยับยั้งของเอนไซม์แอคโทไมโอซิน เอทีพีเอส (Actomyosin ATPase) ซึ่งทำให้เอทีพีแตกตัวเพื่อใช้เป็นพลังงานในการหดตัวของกล้ามเนื้อ ประการที่สอง คือการที่ไฮโดรเจนไอออนส่งผลในการรบกวนการทำงานและการส่งถ่ายแคลเซียมไอออนที่ทำหน้าที่ในการกระตุ้นและช่วยในการหดตัวของกล้ามเนื้อรวมไปถึงกระบวนการของโปรตีนครอสบริดก์ (Protein cross bridge) ในเส้นใยกล้ามเนื้อด้วย ซึ่งระดับของแลคเตทไอออนที่มีปริมาณสูงขึ้นนี้ก็จะส่งผลรบกวนต่อกระบวนการของโปรตีนครอสบริดก์เช่นกันและจะทำให้แรงและความเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อลดลงด้วย

2.3 ผลของแลคเตท (The fate of lactate) จากการศึกษาเกี่ยวกับองค์ประกอบทางเคมีของคาร์บอนและไฮโดรเจน พบว่าผลสองประการที่เกิดขึ้นจากแลคเตทในช่วงระหว่างการออกกำลังกายและช่วงของการคืนสภาพ ซึ่งมีหน้าที่ในการเป็นแหล่งสำรองของพลังงานและเป็นแหล่งสำรองของคาร์บอนอะตอมที่เป็นสารประกอบของกรดแลคติก ซึ่งหัวใจและเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อต่าง ๆ จะนำกรดแลคติกมาใช้เป็นพลังงาน โดยจะมีความแตกต่างกันไปตามรูปแบบของเส้นใยกล้ามเนื้อ

2.4 การขจัดแลคเตทภายหลังการออกกำลังกาย (Lactate removal postexercise) ตามปกติร่างกายจะขจัดแลคเตทออกจากกระแสเลือดอยู่ตลอดเวลา แต่จะไม่มีอัตราที่แน่นอน ดั้งนั้นหากมีปริมาณของแลคเตทในกระแสเลือดสูงย่อมจะต้องอาศัยเวลาในการขจัดที่มากขึ้นเช่นกันแต่ปฏิกิริยาเคมีนั้นจะมีการปรับเปลี่ยนอัตราเร็วของกระบวนการ โดยขึ้นอยู่กับปริมาณของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น หากปริมาณของสารตั้งต้นมีมาก และมีปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่น้อยย่อมจะเกิดปฏิกิริยาเคมีที่รวดเร็ว ซึ่งปรากฏการณ์นี้เรียกว่า ผลที่เกิดขึ้นจากมวล (Mass action effect) ในช่วงของการคืนสภาพนั้น การขจัดแลคเตทออกจากร่างกายในปริมาณร้อยละ 50 นั้นจะใช้เวลาประมาณ 20 นาที หรือเรียกว่า ครึ่งส่วนของแลคเตท (Half of lactate) ดังนั้น ปริมาณและความเข้มข้นของแลคเตทจึงเป็นปัจจัยแรกที่มีผลต่ออัตราในการขจัดแลคเตทออกจากร่างกาย ปัจจัยที่สอง คือ ปัจจัยที่มีผลมาจากความสามารถของร่างกายหรือการใช้การออกกำลังกายเพื่อการผ่อนคลาย ปัจจัยที่สาม คือ ผลของความหนักของกิจกรรม และปัจจัยที่สี่ คือ รูปแบบของกิจกรรมในการออกกำลังกาย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปแบบในการออกกำลังกาย (ชูศักดิ์ เวชแพศย์ และกันยา ปาละวิวัธน์, 2536)

1. การออกกำลังกายอย่างเบา ปริมาณกรดแลคติก 2-4 มิลลิโมลต่อลิตร (40-49% ของ VO_2 max) กล้ามเนื้อจะใช้ออกซิเจนที่เก็บไว้ในกล้ามเนื้อ รวมถึงออกซิเจนที่ได้รับจากการหายใจ และการไหลเวียนเลือดก็เพียงพอกับความต้องการของกล้ามเนื้อ ภายหลังออกกำลังกายประเภทนี้จึงไม่พบกรดแลคติกมากกว่าภาวะปกติ

2. การออกกำลังกายปานกลาง ปริมาณกรดแลคติกในเลือด 4-8 มิลลิโมลต่อลิตร (50-74% ของ VO_2 max) ในระยะต้นต้องใช้แอนแอโรบิกเมแทบอลิซึมด้วย จนกว่าแอโรบิกเมแทบอลิซึมจะปรับตัวมาทดแทนได้หมด กรดแลคติกที่เกิดขึ้นจะแพร่กระจายเข้าไปในเลือดดำ เมื่อออกกำลังกายดำเนินต่อไปกรดแลคติกจะลดสู่ระดับปกติ และทำให้ทำงานต่อไปได้หลายชั่วโมง

3. ในการออกกำลังกายอย่างหนัก ปริมาณกรดแลคติกในเลือด 12-20 มิลลิโมลต่อลิตร (75-84% ของ VO_2 max) กรดแลคติกมีความเข้มข้นมากกว่า และยังคงสูงอยู่ตลอดระยะการทำงานแต่สามารถทำงานได้ถึง 30 นาที หรือนานกว่านั้น

4. การออกกำลังกายอย่างหนักมาก ปริมาณกรดแลคติกในเลือด 12-20 มิลลิโมลต่อลิตรขึ้นไป (มากกว่า 80% ของ VO_2 max) จำนวนออกซิเจนที่ขาดจะขาดเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ และกรดแลคติกในเลือดก็เพิ่มขึ้นมาก การออกกำลังกายชนิดนี้ไม่สามารถทำต่อไปได้เกิน 2-3 นาที

ภายหลังจากออกกำลังกาย จะมีกรดแลคติกคั่งอยู่ในกล้ามเนื้อและในเลือดจึงทำให้มีการเมื่อยล้า การฟื้นตัวย่อมต้องการการเคลื่อนย้ายกรดแลคติกออกไปก่อน (ชูศักดิ์ เวชแพศย์ และกันยา ปาละวิวัธน์, 2536) ดังนี้

1. อัตราเร็วของการเคลื่อนย้ายกรดแลคติก มีการศึกษาการออกกำลังกายโดยการถีบจักรยานเป็นเวลา 1 นาที และพัก 5 นาที ให้ทำสลับกัน 5 ชุด และในขณะพักให้ผู้ถูกทดลองนั่งพักโดยไม่ทำอะไรเลยที่เรียกว่า การฟื้นตัวโดยการพัก (Rest recovery) จะต้องการเวลาอย่างน้อย 1 ชั่วโมง เพื่อเคลื่อนย้ายกรดแลคติกที่คั่งอยู่ ในการออกกำลังกายอย่างอื่นก็เช่นเดียวกัน ดังนั้นโดยทั่วไปอาจกล่าวได้ว่า จะต้องการเวลา 25 นาทีสำหรับการฟื้นตัวโดยการพักภายหลังการออกกำลังกายเต็มที่ เพื่อที่จะเคลื่อนย้ายกรดแลคติกที่คั่งอยู่ให้ออกไปได้ครึ่งหนึ่ง

2. ผลของการออกกำลังกายในระยะฟื้นตัวต่ออัตราของการเคลื่อนย้ายกรดแลคติก ในช่วงระหว่างการออกกำลังกายนั้น ได้มีการพบว่า ถ้าให้ผู้ออกกำลังกายออกกำลังกายเบาแทนที่จะให้พักอยู่เฉย จะทำให้การเคลื่อนย้ายกรดแลคติกจากเลือดและกล้ามเนื้อเกิดขึ้นได้เร็วกว่าการนั่งพัก ระยะการฟื้นตัวที่มีการออกกำลังกายเบา ๆ นี้เรียกว่า การฟื้นตัวโดยให้ออกกำลัง (Exercise recovery) มีการศึกษาการฟื้นตัวโดยให้ออกกำลังกายที่มีผลต่อการเคลื่อนย้ายกรดแลคติก โดยทดลองวิ่งระยะทาง 1 ไมล์ (วันเว้นวัน) และให้มีกิจกรรมของระยะฟื้นตัวแตกต่างกัน คือ

1. ให้พักนิ่ง

2. ให้ออกกำลังกายติดต่อกันไปโดยให้วิ่งเหยาะ ๆ

3. ให้ออกกำลังกายเป็นพัก ๆ

ผลการทดลองพบว่า การให้ออกกำลังกายในระยะฟื้นตัว ทำให้อัตราการเคลื่อนย้ายกรดแลคติกจากเลือดเร็วขึ้น ความหนักของการออกกำลังกายในระยะฟื้นตัว ต่ำหรือสูงกว่าความหนักที่เหมาะสม จะทำให้การเคลื่อนย้ายกรดแลคติกช้าลงไป มีการศึกษาในผู้ที่ไม่ได้รับการฝึก พบว่าความหนักของการออกกำลังกายในระยะฟื้นตัวที่จะทำให้มีการเคลื่อนย้ายกรดแลคติกจากเลือดได้เร็วที่สุด อยู่ระหว่าง 30-45% ของ VO_2 max และการศึกษาผู้ที่ได้รับการฝึกดีแล้ว พบว่าความหนักของการออกกำลังกายในระยะฟื้นตัวที่จะทำให้มีการเคลื่อนย้ายกรดแลคติกจากเลือดได้ดีที่สุด คือระหว่าง 50-65% ของ VO_2 max ดังนั้นความหนักของการออกกำลังกายในระยะฟื้นตัวมากกว่า 60% ของ VO_2 max อัตราการเคลื่อนย้ายกรดแลคติกก็จะน้อยกว่าให้พักธรรมดา

การฟื้นตัวจากการออกกำลังกาย

การฟื้นตัวของกล้ามเนื้อหลังจากการออกกำลังกาย ขึ้นอยู่กับการเคลื่อนย้ายของเสีย คือ กรดแลคติก ไฮโดรเจนไอออน (H^+) และคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) รวมไปถึงการชดเชยพลังงานที่สะสมไว้ใช้ในระหว่างการออกกำลังกาย ถ้าระบบออกซิเจนดี หนี้ของออกซิเจน (Oxygen debt) ก็สามารถจ่ายคืนได้เร็วและระบบฟอสเฟตก็จะคืนมาเหมือนเดิม การ์โพวิช (Karpovich, 1953) และเชิฟฮาร์ด (Shephard, 1994) กล่าวว่า การชดเชยออกซิเจนที่เป็นหนี้ (Oxygen debt) แบ่งได้เป็น 2 ช่วง คือ การฟื้นตัวใน 2-3 นาทีแรกอัตราการใช้ออกซิเจนจะลดลงอย่างรวดเร็ว เรียกว่า Alactacid component หลังจากนั้นจะลดลงอย่างช้า ๆ เรียกว่า Lactacid component ในช่วงนี้จะมีการขนย้ายกรดแลคติกที่อยู่ในกล้ามเนื้อและเลือดออกมา เพื่อนำไปสลายต่อไปโดยอาศัยออกซิเจน ส่วนในช่วงแรกนั้นจะใช้ออกซิเจนเพื่อเพิ่ม Myoglobin และ Hemoglobin ที่สูญไปให้กลับมา ใช้สำหรับกล้ามเนื้อช่วยหายใจและกล้ามเนื้อหัวใจ

การฟื้นตัวจากการออกกำลังกายนั้น มีความสำคัญเช่นเดียวกันกับการใช้พลังงานในการออกกำลังกาย โดยมีการพิจารณาดังต่อไปนี้ (ชูศักดิ์ เวชแพศย์ และกันยา ปาละวิวัธน์, 2536)

1. การเป็นหนี้ออกซิเจน

หลังจากหยุดการออกกำลังกายแล้ว ระดับการใช้ออกซิเจนจะยังคงสูงอยู่ แล้วจะค่อยลดลงสู่ระดับปกติ ทั้งนี้เพื่อนำออกซิเจนไปชดเชยกับออกซิเจนที่เป็นหนี้ (Oxygen debt) ในขณะออกกำลังกาย หลังจากการออกกำลังกายอย่างหนักการใช้ออกซิเจนจะค่อย ๆ ลดลง โดยอัตราของการใช้ออกซิเจนจะไม่คงที่ในช่วงของการฟื้นตัว การฟื้นตัวใน 2-3 นาทีแรกนั้นการใช้ออกซิเจนจะลดลงอย่างรวดเร็ว เพราะไม่เกี่ยงข้องกับการคั่งของกรดแลคติก แต่จะลดลงอย่างช้าในระยะหลัง เพราะ

การชดเชยออกซิเจนที่เป็นหนี้นะยะหลังเกี่ยวข้องกับการเคลื่อนย้ายกรดแลคติกที่คั่งอยู่ในกล้ามเนื้อและเลือดออกไป

2. การชดเชยพลังงานที่เก็บสะสมไว้ในระยะฟื้นตัว

2.1 การสร้างเอทีพี และซีพีใหม่

เอทีพี และซีพีที่ถูกใช้ไปกับการออกกำลังกายนั้น จะถูกสร้างขึ้นใหม่อย่างรวดเร็ว ภายใน 2-3 นาทีเท่านั้น ซึ่งเอทีพี และซีพี 70% ถูกสร้างขึ้นในเวลาเพียง 30 วินาที และจะสร้างครบ 100% ในเวลา 3-5 นาที

2.2 พลังงานที่ใช้ในการสร้างฟอสฟาเจน

พลังงานที่ใช้สร้างฟอสฟาเจนขึ้นใหม่ ได้มาจากการสลายคาร์โบไฮเดรตและไขมัน เอทีพีบางส่วนถูกเก็บไว้โดยตรงในกล้ามเนื้อ และบางส่วนถูกใช้สำหรับสังเคราะห์พีซีขึ้นมา ซึ่งจะเก็บไว้ในกล้ามเนื้อเช่นกัน การสร้างพีซีนั้นต้องได้มาจากพลังงานที่สลายเอทีพี ส่วนเอทีพีนั้นถูกสร้างโดยตรงจากการสลายตัวของอาหาร

2.3 การสร้างไกลโคเจนขึ้นใหม่ในกล้ามเนื้อ

ในการออกกำลังกายเป็นช่วง ๆ จะใช้กล้ามเนื้อที่หดตัวเร็วซึ่งการสังเคราะห์ไกลโคเจนในเส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวเร็ว จะทำได้เร็วกว่าเส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวช้า ดังนั้นในการสร้างไกลโคเจนขึ้นใหม่ การออกกำลังกายเป็นช่วง ๆ จะต้องการเวลาน้อยกว่าการออกกำลังกายตลอดเวลา

3. การเคลื่อนย้ายกรดแลคติกจากเลือดและกล้ามเนื้อ

ภายหลังการออกกำลังกายอย่างหนัก จะมีกรดแลคติกคั่งอยู่ในกล้ามเนื้อและในเลือดจึงทำให้มีการเมื่อยล้า การฟื้นตัวย่อมต้องการการเคลื่อนย้ายกรดแลคติกออกไปก่อน โดยทั่วไปจะต้องใช้เวลา 25 นาที สำหรับการฟื้นตัวโดยการพัก ภายหลังการออกกำลังกายเต็มที่ เพื่อที่จะเคลื่อนย้ายกรดแลคติกที่คั่งอยู่ให้ออกกไปได้ครึ่งหนึ่ง แต่ถ้าให้ผู้ออกกำลังกาย ออกกำลังกายเบาแทนที่จะให้พักอยู่เฉย โดยความหนักไม่เกิน 60% ของ VO_2 max จะทำให้การเคลื่อนย้ายกรดแลคติกจากเลือดและกล้ามเนื้อเกิดขึ้นได้เร็วกว่า

4. การสร้างออกซิเจนสำรองขึ้นใหม่

ร่างกายสามารถเก็บออกซิเจนสำรองไว้ได้ ถึงแม้ว่าจะมีจำนวนน้อยแต่ก็มีความสำคัญในขณะออกกำลังกาย โดยเฉพาะการออกกำลังกายเป็นช่วง ๆ เนื่องจากสามารถนำมาใช้งานในขณะออกกำลังกาย และทำการสะสมไว้ได้ใหม่ในระยะพัก ออกซิเจนที่ถูกสำรองไว้ในกล้ามเนื้อ โดยมีการรวมกันทางเคมีกับไมโอโกลบิน ซึ่งเป็นโปรตีนเชิงซ้อนที่คล้ายกับฮีโมโกลบินซึ่งอยู่ในเลือด ดังนั้นไมโอโกลบินจึงมีบทบาท 2 ประการ คือ เก็บสะสมออกซิเจน และช่วยเร่งการแพร่กระจายออกซิเจนจากเลือดเข้าไปยังไมโทคอนเดรีย

อรัทยา ถนอมเมฆ (2555) กล่าวว่า การฟื้นตัวหลังออกกำลังกาย หมายถึง ช่วงเวลาหลังจากการออกกาลังกายสิ้นสุดลง เป็นระยะเวลาที่ผู้ออกกาลังกายใช้เวลาสำหรับการจ่ายคืนออกซิเจน ที่เป็นหนี้ต่อร่างกาย (Oxygen debt) โดยการจ่ายคืนหนี้ออกซิเจนในระยะแรก (Alactacid) เป็นการจ่ายอย่างรวดเร็วโดยใช้เวลาการจ่ายเพียง 4 นาที ออกซิเจนที่จะไปจ่ายคืนในระยะนี้ นำไปใช้สำหรับการสังเคราะห์ฟอสโฟครีเอทิน (Phosphocreatin) กลับคืนพร้อมกับนำไปทดแทนออกซิเจนที่ฮีโมโกลบิน (Hemoglobin) ไมโอโกลบิน (Myoglobin) และของเหลว ในร่างกาย ส่วนการจ่ายคืนหนี้ออกซิเจนในระยะหลัง (Lactacid) อาจใช้เวลาถึง 1 ชั่วโมง ในคนที่ไม่ฟิตออกซิเจนที่ถูกจ่ายในช่วงเวลานี้ร่างกายใช้สำหรับเผาผลาญของเสียหรือสิ่งต่าง ๆ ซึ่ง เป็นผลลัพธ์ของปฏิกิริยาทางเคมีที่เกิดขึ้น ในขณะออกกาลังกาย เช่นการเผาผลาญกรดแลคติกและฮอร์โมนอิพริเนฟริน (Epinephrine hormone)

Foss and Keteyian (1998) พบว่า จะต้องใช้เวลา 25 นาที สำหรับการฟื้นตัวโดยการพักภายหลังการออกกำลังกายอย่างเต็มที่เพื่อเคลื่อนย้ายกรดแลคติกที่สะสมอยู่ออกไปครึ่งหนึ่ง และจะใช้เวลา 1 ชั่วโมง 15 นาที ในการเคลื่อนย้ายกรดแลคติกที่สะสมอยู่ออกประมาณร้อยละ 95 โดยการเคลื่อนย้ายกรดแลคติกออกจากเลือดและกล้ามเนื้อจะทำได้เร็วขึ้นในช่วงระหว่างการออกกำลังกายนั้น พบว่าถ้ามีการออกกำลังกายเบา ๆ แทนที่จะให้พักอยู่เฉย ๆ จะทำให้การเคลื่อนย้ายกรดแลคติกจากเลือดและกล้ามเนื้อเกิดได้เร็วขึ้น การออกกำลังกายเบา ๆ นี้เรียกว่า การฟื้นตัวโดยการออกกำลังกาย (Exercise recovery) หรือ การฟื้นตัวแบบมีกิจกรรมการเคลื่อนไหว (Active recovery) ซึ่งจะมีวิธีการเหมือนกับการคลายอุ่นร่างกาย (Cool down) ซึ่งจะช่วยให้กล้ามเนื้อสามารถฟื้นสภาพจากอาการเมื่อยล้าได้เร็วขึ้น ขณะเดียวกันยังช่วยลดสภาวะที่อาจจะนำไปสู่การบาดเจ็บของกล้ามเนื้อเอ็นและข้อต่อในระหว่างการฝึกซ้อมหรือออกกำลังกาย โดยความหนักของการออกกำลังกายอยู่ที่ร้อยละ 30-45 ของ VO_2max จะทำให้มีการเคลื่อนย้ายกรดแลคติกจากเลือดได้เร็วที่สุด ซึ่งเทียบได้กับอัตราการเต้นชีพจรสูงสุด (American College of Sports Medicince, 2000)

ตารางที่ 2 แสดงการฟื้นตัวของระบบพลังงานประเภทต่าง ๆ (ชูศักดิ์ เวชแพศย์ และกันยา ปาละวิวัธน์, 2536)

กระบวนการฟื้นตัว (Recovery process)	ระยะเวลาของการฟื้นตัวหลังออกกำลังกาย (Suggested recovery time)	
	ต่ำสุด (Minimum)	สูงสุด (Maximum)
การฟื้นฟูและซ่อมแซมของกล้ามเนื้อ (Restoration of muscle phosphagen stores: ATP+CP)	2 นาที	5 นาที
ขั้นตอนการลดลงของการฟื้นตัวอย่างรวดเร็ว (Reduction of the rapid-recovery phase)	3 นาที	5 นาที
การสร้างและการสังเคราะห์ไกลโคเจนของกล้ามเนื้อ (Muscle glycogen resynthesis)	10 ชั่วโมง (หลังออกกำลังกายแบบต่อเนื่อง) 5 ชั่วโมง (หลังออกกำลังกายเป็นช่วง ๆ)	46 ชั่วโมง 24 ชั่วโมง
การเติมไกลโคเจนในตับ (Liver glycogen replenishment)	ไม่แน่ชัด	12-24 ชั่วโมง
การเคลื่อนย้ายกรดแลคติกในเลือดและกล้ามเนื้อ (Removal of lactic acid from blood and muscle)	30 นาที (การออกกำลังกายด้วยความหนักเบา ๆ) 1 ชั่วโมง (นั่งพักเฉย ๆ)	1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง
ขั้นตอนการลดลงของการฟื้นตัวอย่างช้า (Reduction of the slow-recovery phase)	30 นาที	1 ชั่วโมง
การสร้างแหล่งแก็บออกซิเจนขึ้นใหม่ Restoration of O_2 stores	10-15 วินาที	1 นาที

ไอโซคิเนติก

Bompa and Cornachia (1998) ได้ให้ความหมายของไอโซคิเนติกว่า ไอโซคิเนติกมาจากภาษากรีก คือ “Isos” ซึ่งมีความหมายว่า เท่ากัน (Equal) และ “Kinetics” ซึ่งมีความหมายว่า

เคลื่อนไหว (Motion) ซึ่ง Kraemer *et al.* (1995) กล่าวว่า การทดสอบสมรรถภาพความแข็งแรงโดยใช้ไดนาโมมิเตอร์ซึ่งจะรักษาคานที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วเชิงมุมคงที่เรียกว่า ไอโซคิเนติก นอกจากนี้ (Foss and Keteyian, 1998) ได้ให้คำนิยามเกี่ยวกับการหดตัวแบบไอโซคิเนติกว่า เป็นการหดตัวของกล้ามเนื้อด้วยแรงที่สูงสุดที่ความเร็วคงที่ของทุกมุมของข้อต่อของช่วงการเคลื่อนไหว

แรงเป็นปริมาณทางฟิสิกส์ ที่สามารถทำให้วัตถุหรือสิ่งของหรือร่างกายเคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง มีหน่วยเป็นนิวตัน แรงที่มีขนาดและทิศทางจะเป็นปริมาณเวกเตอร์ เช่น น้ำหนัก ความเร็ว และความเร่ง แต่ถ้าแรงที่มีขนาดอย่างเดียวจะเป็นปริมาณสเกลาร์ เช่น มวล อุณหภูมิ ความยาว เวลา

เครื่องมือวัดระบบไอโซคิเนติกเป็นเครื่องมือวัดความสามารถของแรงพยายามของกล้ามเนื้อที่กระทำ ซึ่งจะแสดงออกมาในรูปแบบต่าง ๆ ได้แก่ ค่าตัวเลข กราฟ และสัญญาณที่ส่งออกมาจากไดนาโมมิเตอร์ (Dynamometer) ในขณะพยายามตลอดการเคลื่อนที่ (Range of motion) โดยเปอร์ริน (Perrin, 1993) ได้กล่าวว่า กล้ามเนื้อสามารถทำได้เฉพาะการหดตัวหรือคลายตัว เมื่อกล้ามเนื้อถูกกระตุ้นให้หดตัวมันเป็นผลสู่แรง (Force) ถ้าแรงนี้ถูกวัดรอบแกนหมุนของข้อต่อ ผลของแรงที่เกิดขึ้นนั้นคือ โมเมนของแรงเรียกว่า แรงบิด (Torque) ซึ่งไอโซคิเนติกจะวัดแรงตึงที่เป็นผลโดยกล้ามเนื้อจากแกนหมุนของไดนาโมมิเตอร์

แรงบิดที่เกิดขึ้นตลอดของช่วงการเคลื่อนที่ ค่าที่วัดได้จะแสดงออกมาเป็นได้ทั้งสองค่า ดังนี้ (กรกต ศรีกวีเพชรรัตน์, 2552)

1.ค่าสูงสุด (Peak) จะแสดงที่จุด ณ กล้ามเนื้อออกแรงสูงสุด หรือแรงบิดสูงสุด ซึ่งมักจะปรากฏออกมาขณะที่อยู่ในช่วงกลางของการเคลื่อนที่ในรอบนั้น (Mid range of motion)

2.ค่าเฉลี่ย (Average) จะคำนวณจากความตึงตัวของกล้ามเนื้อตลอดช่วงการเคลื่อนที่โดยเฉลี่ยดังนั้นในการใช้ค่าเฉลี่ยจึงมักกระทำเมื่อต้องการผลลัพธ์ก่อน (Pre-test) และหลังจากทำการทดสอบ (Post-test) หรือความต้องการเพื่อเปรียบเทียบกล้ามเนื้อสองกลุ่ม

ในปัจจุบันจะเห็นว่าความสัมพันธ์ของค่าสูงสุดและค่าเฉลี่ยของแรงบิด และแรงที่กระทำให้เกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อจะเป็นค่าที่มาตรฐาน (Perrin, 1993) มีการทดสอบความล้าด้วยเครื่องไอโซคิเนติกของ Maffiuletti *et al.* (2007) โดยการศึกษาเกี่ยวกับความเชื่อมั่นของการวัดค่าเหยียดเข่าและงอเข่า ตั้งค่าช่วงการเคลื่อนไหวที่ระดับความเร็วเชิงมุม 180 องศาต่อวินาที เลือกลักษณะ

การทำงานของกล้ามเนื้อเป็นคอนเซ็นทริค/คอนเซ็นทริค ออกแรงสูงสุดต่อเนื่องกันจำนวน 20 ครั้ง โดยใช้เครื่องคอน-เทร็ส ไอโซคิเนติค (Con-Trex Isokinetic) ในความล้าของกล้ามเนื้อ โดยดูค่าสูงสุดและค่าเฉลี่ย ผลการศึกษาพบว่ากลุ่มกล้ามเนื้อที่ใช้ในการเหยียดเข่าและงอเข่า มีค่าความเชื่อมั่นในระดับปานกลางถึงระดับสูง มีค่า ICC (Intraclass Correlation Coefficients) สูงกว่า 0.86

หลักการทดสอบไอโซคิเนติก

เนื่องจากรูปแบบการทำงานแบบไอโซคิเนติกเป็นรูปแบบที่แปลกใหม่ จึงมีความจำเป็นที่จะต้องให้ผู้เข้ารับการทดสอบได้เข้าใจถึงวิธีการสร้างความคุ้นเคยกับเครื่องมือเพื่อให้ได้ค่าที่มีความแม่นยำและเที่ยงตรงสูง การอธิบายให้ผู้เข้ารับการทดสอบได้ทราบถึงการกำหนดความเร็วของเครื่องมือ และความต้านทานที่เครื่องมือกำหนดออกมาจะเกิดจากการที่ผู้เข้ารับการทดสอบได้พยายามออกแรงกระทำให้ร่างกายส่วนที่ทดสอบเคลื่อนที่ไปด้วยความเร็วที่กำหนดไว้หรือมากกว่าความเร็วที่กำหนดไว้ การบอกหรือกระตุ้นให้ออกแรงดันหรือดึงให้มากที่สุดและเร็วที่สุดเท่าที่สามารถกระทำได้ และเนื่องจากเครื่องมือในระบบไอโซคิเนติกสามารถทำการทดสอบได้ทั้งกับการทำงานของกล้ามเนื้อแบบหดสั้น และแบบเหยียดออก จึงจำเป็นจะต้องบอกให้ผู้เข้ารับการทดสอบให้เข้าใจว่า เมื่อทำการทดสอบกับการทำงานของกล้ามเนื้อแบบเหยียดออกนั้น ผู้เข้าทดสอบจะต้องออกแรงต้านการเคลื่อนที่ของคานที่ต่อมาจากตัวหน่วงแรง นอกจากนี้การจัดตำแหน่งของร่างกาย และการยึดตรึงร่างกายของผู้เข้ารับการทดสอบนั้น เพื่อแยกกลุ่มกล้ามเนื้อที่ต้องการโดยตรง แยกออกจากกล้ามเนื้อที่มีส่วนช่วยในการทำงานให้มากที่สุด เช่น การรัดเข็มขัดที่หน้าอกและเอว เพื่อทดสอบกล้ามเนื้อส่วนล่างของร่างกาย และต้องให้ผู้เข้ารับการทดสอบใช้แขนทั้งสองข้างกอดอก เป็นต้น (Perrin, 1993)

โฟมโรลเลอร์

โฟมโรลเลอร์ (Foam roller) เป็นอุปกรณ์สำหรับการนวดคลายกล้ามเนื้อด้วยตนเอง (Self-myofascial release: SMR) ในการกดจุดด้วยตนเองเพื่อสลายปมพังผืดและกล้ามเนื้อที่ตึง รักษาอาการเจ็บปวดเรื้อรัง เป็นตัวช่วยในการฟื้นฟูอาการปวดกล้ามเนื้อภายหลังการออกกำลังกายได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถเพิ่มความยืดหยุ่นของร่างกายและเพิ่มช่วงการเคลื่อนไหว การออกกำลังกายด้วยโฟมโรลเลอร์กำลังเป็นที่นิยมสำหรับการรักษาบำบัดตามวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกันในการแพทย์

และทางการกีฬา โฟมโรลลิ่งจะปฏิบัติในพื้นฐานของแต่ละบุคคลผ่านประเภทต่าง ๆ ของโฟมโรลเลอร์ (Schroeder and Best, 2015)

ภาพที่ 3 แสดงลักษณะของโฟมโรลเลอร์ชนิดต่าง ๆ
ที่มา : Freiwald *et al.,* 2016

Curran *et al.* (2008) ได้ศึกษาเกี่ยวกับความแตกต่างระหว่างโฟมโรลเลอร์แต่ละชนิดที่แตกต่างกัน เพื่อเปรียบเทียบความดันและพื้นที่สัมผัสของโฟมโรลเลอร์โดยเปรียบเทียบระหว่างโฟมชนิดที่หนึ่ง คือ ไบโอ-โฟมโรลเลอร์ (Bio-foam roller: BFR) ซึ่งมีลักษณะเป็นโฟมสไตรีน (Polystyrene foam) รูปทรงกระบอก และแบบอื่น ๆ ที่มีลักษณะแข็งหลากหลายระดับ คือ มัลติเลเวล ริกิด โรลเลอร์ (Multilevel rigid roller: MRR) มีลักษณะเป็นทรงกระบอก ตรงกลางเป็นท่อแกนกลวง โดยเคอร์แรนรายงานว่า MRR โฟมโรลเลอร์ที่มีลักษณะพื้นที่สัมผัสหลากหลายระดับมีแรงดันที่ส่งผลต่อการทำงานเนื้อเยื่ออ่อน ซึ่งทำงานได้มากกว่า BFR

โฟมโรลเลอร์มักจะถูกใช้เป็นเครื่องมือในการฟื้นตัวหลังการแข่งขันหรือการออกกำลังกาย (Curran *et al.,* 2008) โดยโฟมโรลลิ่งจะปรับความสมดุลของกล้ามเนื้อ บรรเทาอาการปวดกล้ามเนื้อ บรรเทาความตึงเครียด ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของกล้ามเนื้อ และช่วยเพิ่มช่วงของการเคลื่อนไหว โฟมโรลลิ่งจะช่วยในการฟื้นฟูสมรรถภาพที่แตกต่างกันและโปรแกรมการฝึกที่จะช่วยส่งเสริมเนื้อเยื่อ

เพื่อเพิ่มช่วงของการเคลื่อนไหว และส่งเสริมการทำงานของกระดูกและกล้ามเนื้อให้เหมาะสม (MacDonald *et al.,* 2013)

วัตถุประสงค์ของการใช้โฟมโรลลิ่งนั้นมีความหลากหลาย ดังต่อไปนี้ (Schleip and Müller, 2013)

1. ช่วยแก้ไขปรับปรุงปัญหาพังผืดให้ดีขึ้น

2. ช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นของบริเวณเนื้อเยื่อที่เป็นพังผืด

3. ช่วยเพิ่มเนื้อเยื่อที่ดี

4. ช่วยเพิ่มความชุ่มชื่นและการกลับสู่สภาพเดิมของพังผืด

สำหรับในนักกีฬา มีดังต่อไปนี้ (Freiwald *et al.,* 2016)

1. เพิ่มการไหลเวียนให้ดีขึ้น

2. เพิ่มความแข็งแรงและประสิทธิภาพในการกระโดดดีขึ้น

3. ช่วยเพิ่มความสามารถแบบไม่ใช้ออกซิเจนดีขึ้น

4. ช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นในส่วนของช่วงของการเคลื่อนไหว

5. ช่วยเพิ่มการทำงานของ Seneomotoric และการประสานงาน

6. เพิ่มการผ่อนคลาย และลดความตึงเครียด

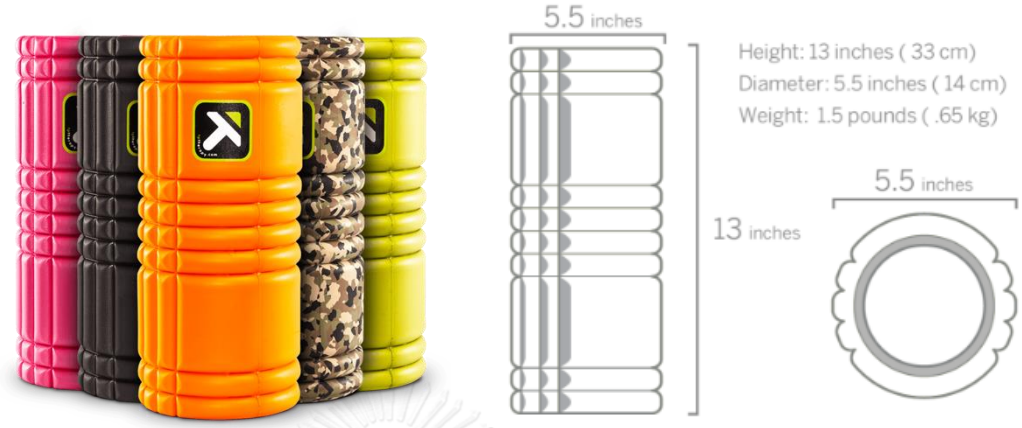
7. ลดอาการปวดกล้ามเนื้อหลังการออกกำลังกาย (Delayed onset of muscle soreness: DOMS)

Vigotsky *et al.* (2015) กล่าวว่า โฟมโรลลิ่งเป็นรูปแบบการนวดด้วยตนเองที่พบได้บ่อย มักจะใช้ในผู้ที่ออกกำลังกายและนักกีฬา โดยใช้ก่อนออกกำลังกายสำหรับเพิ่มความยืดหยุ่น หรือหลังออกกำลังกายสำหรับลดอาการปวดเมื่อยและช่วยในการฟื้นตัวได้อย่างรวดเร็ว การใช้โฟมโรลลิ่งจะวางอยู่ระหว่างร่างกายกับพื้น โดยใช้น้ำหนักของร่างกายเป็นแรงกด และกลิ้งไปมาบริเวณกล้ามเนื้อ

จากการศึกษาของมาร์คโควิค (Markovic, 2015) ที่ได้ศึกษาการนวดด้วยตนเองโดยใช้โฟมโรลเลอร์ ซึ่งเป็นทรงกระบอก ผิวมีลักษณะเป็นลายตะแกรง (Grid foam roller) ยี่ห้อ ทริกเกอร์พ้อยท์ (Trigger point) โดยมีความยาว 33 เซนติเมตร มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 14 เซนติเมตร แกนกลาง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เป็นท่อพีวีซี ห่อหุ้มด้วยโฟมอีวีเอหนาประมาณ 2 เซนติเมตร พบว่า การใช้โฟมโรลลิ่งที่กล้ามเนื้อควอดไดรเซปส์และกล้ามเนื้อแฮมสตริงส์ จำนวน 2 นาที ได้ผลดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ



ภาพที่ 4 โฟมโรลเลอร์ ที่เป็นทรงกระบอก ผิวมีลักษณะเป็นลายตะแกรง (Grid foam roller) ยี่ห้อ ทริกเกอร์ พ้อยท์ (Trigger point)
ที่มา : https://www.tptherapy.com/product/GRID_FoamRoller

งานวิจัยในประเทศ

สุภาพร โกเมนเอก (2551) ทำการศึกษาวิจัยในเรื่อง การเปรียบเทียบผลของการฟื้นตัวหลังออกกำลังกายด้วยวิธีการต่าง ๆ ต่อประสิทธิภาพในการทำงานของร่างกายในนักกีฬา กลุ่มตัวอย่าง คือ นักกีฬาฟุตบอลของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพศชาย อายุระหว่าง 18-25 ปี จำนวน 15 คน ฟื้นตัวด้วยวิธีการพักทั้ง 4 ชนิด อันได้แก่ การนั่งพัก การนั่งพักแล้วเช็ดตัวด้วยผ้าเย็น การออกกำลังกายแบบเบาด้วยการเดินบนลู่กล และการนวดด้วยน้ำแข็ง เป็นเวลา 15 นาที นำผลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติ หาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางแบบวัดซ้ำ (Two-way ANOVA with repeated measures) หากพบว่าไม่มีปฏิสัมพันธ์กันให้เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ด้วยวิธีของ Bonferroni แต่ถ้าพบว่ามีปฏิสัมพันธ์ให้วิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ (One- way ANOVA with repeated measures) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธีการ Paired – samples t-test

ผลการวิจัยพบว่า หลังการออกกำลังกายครั้งแรก พบว่า การทำให้ร่างกายฟื้นตัวด้วยวิธีการนวดด้วยน้ำแข็งมีผลในการลดอัตราการเต้นของหัวใจได้มากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของตัวแปรต่าง ๆ พบว่า หลังการทำให้ร่างกายฟื้นตัวด้วยวิธีการนั่งพักแล้วเช็ดตัวด้วยผ้าเย็นมีผลในการลดการเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจและความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวขณะออกกำลังกายได้มากที่สุด การนวดด้วยน้ำแข็งมีผลในการลดค่าการใช้ออกซิเจนขณะออกกำลังกายได้มากที่สุด ส่วนการนั่งพักมีผลในการลดความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวและระดับของการรับรู้ความเหนื่อยขณะออกกำลังกายได้มากที่สุด

มนต์ชัย อินทเรือง (2551) ทำการศึกษาผลของการพักแบบไม่มีกิจกรรมการเคลื่อนไหว การพักแบบมีกิจกรรมการเคลื่อนไหว และการเดินจงกรมที่มีต่อกรดแลคติกในเลือดและอัตราการเต้นของหัวใจภายหลังการออกกำลังกาย กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาชาย มหาวิทยาลัยทักษิณ อายุ 19-21 ปี จำนวน 12 คน ให้ออกกำลังกายจนถึงระดับความสามารถสูงสุด จากนั้นทำการฟื้นสภาพภายหลังการออกกำลังกาย ผลการวิจัยพบว่า การเดินจงกรมมีค่าเฉลี่ยของปริมาณกรดแลคติก และอัตราการเต้นของหัวใจลดลงมากกว่าวิธีอื่น การวิ่งเหยาะเป็นการพักอย่างมีกิจกรรมหรือการออกกำลังกายเบา ๆ ซึ่งเป็นอีกกิจกรรมหนึ่งที่ผู้ฝึกสอนนิยมนำมาให้นักกีฬาปฏิบัติหลังจากการฝึกซ้อม เป็นกิจกรรมที่มีการเคลื่อนไหวของร่างกายเบา ๆ ต่อเนื่องทำให้ระบบหัวใจและไหลเวียนเลือดมีการทำงานอยู่ตลอดเวลาร่างกายสามารถนำออกซิเจนเข้าไปสู่กล้ามเนื้อเพื่อผลิตเป็นพลังงานในการทำงานและยังช่วยขนย้ายของเสียต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจากการทำงานของกล้ามเนื้อออกไป

กรกต ศรีกวีเพชรรัตน์ (2552) ได้ศึกษาเรื่อง ผลระยะเฉียบพลันของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ แบบเคลื่อนที่และแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อที่มีต่อแรงเชิงมุมสูงสุดของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลระยะเฉียบพลันของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ (SS) แบบเคลื่อนที่ (DS) และแบบการยืดเหยียดแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อ ด้วยเทคนิค Contract-relax (PNF-CR) ที่มีต่อแรงเชิงมุมสูงสุดของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนิสิตพลศึกษา เพศชาย อายุ 18-21 ปี จำนวน 30 คน ทำการวิเคราะห์ข้อมูล โดยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนรูปแบบการทดลองวัดซ้ำแบบมิติเดียวและเปรียบเทียบความแตกต่าง เป็นรายคู่โดยใช้วิธีของ Tukey กำหนดระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ผลการวิจัยพบว่า ภายหลังการยืดเหยียดกล้ามเนื้อทั้ง 3 แบบ มีค่าเฉลี่ยของแรงเชิงมุมสูงสุดที่มุม 60องศาต่อวินาที ของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วนค่าเฉลี่ยของของแรงเชิงมุมสูงสุดที่มุม 120 องศาต่อวินาที ของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า พบว่าการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบ SS (177.73 Nm) และแบบ DS (185.20 Nm) มี ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบ DS และแบบ PNF-CR (180.58 Nm) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05 แต่ไม่พบว่ามีความแตกต่างระหว่าง การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบ PNF-CR กับแบบ SS

ณธพล ทองธรภัทร (2553) ได้ศึกษาผลของกิจกรรมสี่แบบที่มีต่อการฟื้นตัวในระยะเวลาจำกัด โดยเปรียบเทียบผลของกิจกรรมสี่แบบที่มีผลต่อการฟื้นตัวในระยะเวลาจำกัด กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาฟุตซอลของทีม สพล.กรุงเทพ-สนั่นรักษ์ เพศชาย จำนวน 20 คน กลุ่มตัวอย่างทำการฟื้นตัวเป็นเวลา 60 วินาที ด้วยวิธีการที่แตกต่างกันทั้ง 4 แบบ จากนั้นทำการทดสอบ RAST นำผลที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำมิติเดียว (One-way ANOVA with repeated measure) โดยมีค่านัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทำการเปรียบเทียบรายคู่ ด้วยวิธีของบอนเฟอโรนี (Bonferroni) ผลการวิจัยพบว่า การฟื้นตัวโดยวิธีการเดินมีแนวโน้มการฟื้นตัวดีที่สุดในการลดลงของอัตราการเต้นของหัวใจ และการเพิ่มขึ้นของสมรรถภาพอากาศนิยม ดังนั้น นักกีฬาหรือผู้ฝึกสอนจึงควรนำวิธีการดังกล่าวไปประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมต่อการฟื้นตัวขณะฝึกซ้อมหรือแข่งขันที่มีช่วงพักสั้น ๆ โดยเฉพาะในกีฬาที่ต้องใช้ความสามารถในด้านพลังระเบิด หรือความเร็วแบบอดทน

บุญสิตา สายวุฒิกุล (2554) ที่ทำการศึกษาผลของการฟื้นตัวด้วยการให้ออกซิเจนและการมีกิจกรรมการเคลื่อนไหว ต่อความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือด กรดแลคติกในเลือด และความสามารถของนักกีฬาฟุตซอล กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาฟุตซอลชาย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จำนวน 12 คน มีอายุระหว่าง 18-22 ปี ทำการฟื้นตัวด้วยวิธีใดวิธีหนึ่งใน 4 วิธี คือการให้ออกซิเจนร่วมกับการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน การให้ออกซิเจน การเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน และการนั่งพัก ผลการวิจัยพบว่า ภายหลังการพักเพื่อการฟื้นตัวด้วยวิธีการทั้ง 4 วิธี ค่าความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือด ปริมาตรหายใจใน 1 นาที ปริมาตรหายใจใน 1 ครั้ง และอัตราการเต้นของหัวใจ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และกรดแลคติกในเลือดภายหลังปฏิบัติรูปแบบการเล่นฟุตซอลจำลองช่วงที่ 3 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ความสามารถในการฟื้นสภาพของความเร็ว ในการวิ่งภายหลังการฟื้นตัวด้วยการให้ออกซิเจนมีค่ามากที่สุด และ

ความสามารถในการฟื้นสภาพของความแม่นยำในการส่งบอลภายหลังการฟื้นตัวด้วยการให้ออกซิเจนร่วมกับการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐานมีค่ามากที่สุด

พิชยา นพกาล และคณะ (2556) ได้ศึกษาเรื่อง การเปรียบเทียบผลของการฟื้นตัวแบบมีกิจกรรมการเคลื่อนไหวที่ระดับความหนักต่างกัน ระหว่างเซตและภายหลังการฝึกด้วยแรงต้าน การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลของการฟื้นตัวแบบมีกิจกรรมการเคลื่อนไหวที่ระดับความหนักต่างกัน ระหว่างเซตและภายหลังการฝึกด้วยแรงต้าน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาชายมหาวิทยาลัยบูรพา อายุระหว่าง 18-22 ปี จำนวน 30 คน แบ่งเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 10 คน โดยกลุ่มที่ 1 และ 2 ทำการฟื้นตัวโดยการเดินบนลู่วิ่งกลที่ระดับความหนัก 40-45%, 50-55% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด และกลุ่มที่ 3 ทำการฟื้นตัวโดยการนั่งพัก ตามลำดับ ผลการวิจัยพบว่า ระดับกรดแลคติกในเลือด หลังการฟื้นตัวเซตที่ 3 ของกลุ่มที่ทำการฟื้นตัวโดยการเดินบนลู่วิ่งกลที่ระดับความหนัก 40-45% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุดต่ำกว่ากลุ่มที่ทำการฟื้นตัวโดยการนั่งพัก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา หลังการฟื้นตัวเซตที่ 3 มีแนวโน้มลดลงทุกกลุ่ม แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ระดับการรับรู้ความเจ็บปวดกล้ามเนื้อขา หลังการฟื้นตัวเซตที่ 2 และ 3 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกกลุ่ม แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สรุปได้ว่าการฟื้นตัวโดยการเดินบนลู่วิ่งกลที่ระดับความหนัก 40-45% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด มีประสิทธิภาพในการจัดการและลดการเพิ่มขึ้นของระดับกรดแลคติกในเลือดได้ดีกว่าการฟื้นตัวโดยการเดินบนลู่วิ่งกลที่ระดับความหนัก 50-55% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด และการฟื้นตัวโดยการนั่งพัก ทั้งนี้การฟื้นตัวทั้ง 3 รูปแบบไม่มีผลต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาและการเพิ่มขึ้นของระดับการรับรู้ความเจ็บปวดกล้ามเนื้อขา จึงอาจเป็นแนวทางในการเลือกใช้รูปแบบและระดับความหนักที่เหมาะสมในการฟื้นตัวแบบมีกิจกรรมการเคลื่อนไหวได้

พรพิมล เหมือนใจ (2557) ได้ศึกษาเรื่อง เปรียบเทียบผลระหว่างการยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้างและการนวดพีทริสซาจต่ออาการแสดงของการปวดกล้ามเนื้อเหยียดเข่าหลังกระตุ้นด้วยการออกกำลังกายแบบพลัย โอเมตริกในชายไทย อายุระหว่าง 18-25 ปี จำนวน 45 คน โดยแบ่งเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละเท่าๆ กัน ได้แก่ กลุ่มยืดกล้ามเนื้อกลุ่มนวด และกลุ่มควบคุม ซึ่งการรักษาใช้เวลา 20 นาทีหลังการกระโดดดร็อบจัมพ์ 100 ครั้ง ผลการศึกษาพบว่า การออกกำลังกายแบบพลัยโอเมตริกทำให้กล้ามเนื้อถูกทำลาย จากการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าตัวแปรต่าง ๆ หลังจากการออกกำลังกายที่ 24-72 ชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบกับค่า baseline ($P < 0.01$) นอกจากนี้ พบความแตกต่างระหว่างกลุ่ม ของค่าการรับรู้อาการปวดกล้ามเนื้อ โดยกลุ่มที่ได้รับการนวดมีค่าน้อยกว่ากลุ่มที่ได้รับ

การยืดกล้ามเนื้อและกลุ่มควบคุมขณะ กระโดดสูงที่ 48 และ 72 ชั่วโมงหลังกระโดด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ค่าความยาวรอบวงขาที่ตำแหน่งจุดต่อกล้ามเนื้อและเอ็นกล้ามเนื้อของกลุ่มนวดมีค่าเพิ่มขึ้นน้อยกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ 24 ชั่วโมงหลังกระโดด สำหรับความยาวรอบวงขาที่จุดกึ่งกลางของกล้ามเนื้อเหยียดเข่า ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่ม ($P > 0.05$) และกลุ่มนวดมีค่าองศาการเคลื่อนไหวของเข่ามากกว่าในกลุ่มยืดกล้ามเนื้อและกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ 24 ชั่วโมง และ72 ชั่วโมงหลังกระโดด ($P < 0.05$) ดังนั้นจากผลของการศึกษาในครั้งนี้ แสดงให้เห็นถึงผลการนวดพีทริสซาจสามารถลดค่าการรับรู้อาการปวดกล้ามเนื้อคงความยาวรอบวงขาและองศาการเคลื่อนไหวของเข่าหลังออกกำลังกายได้ดี กว่าการยืดกล้ามเนื้อหรือการนั่งพัก

อิสริยา ทองห่อ (2559) ได้ศึกษาเรื่องผลของวิธีการฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกายที่มีต่อกรดแลคติกในเลือดอัตราการเต้นของหัวใจและสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิกในนักกีฬา เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลของวิธีการฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกายที่มีต่อกรดแลคติกในเลือด อัตราการเต้นของหัวใจ และสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักกีฬาเชิงแอนแอโรบิก ของมหาวิทยาลัยบูรพา เพศชาย อายุเฉลี่ย 19.57±1.33 ปี จำนวน 30 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลองที่ 1 ทำการนั่ง พักเฉย ๆ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และกลุ่มทดลองที่ 2 ที่ใช้วิธีการฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกายภายในเวลา 30 นาที

ผลการวิจัยพบว่า การทดสอบของกลุ่มทดลองที่ 2 ก่อนและหลังการใช้วิธีการฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกายมีค่าปริมาณกรดแลคติกในเลือดและสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิกแตกต่างกัน แต่อัตราการเต้นของหัวใจไม่แตกต่างกัน ส่วนการทดสอบระหว่าง 2 กลุ่มทดลอง หลังการใช้วิธีการฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกายมีปริมาณกรดแลคติกในเลือด อัตราการเต้นของหัวใจ และค่าพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิกแตกต่างกัน แต่ค่าสมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิกไม่แตกต่างกัน

งานวิจัยต่างประเทศ

Gupta *et al.* (1996) ได้ทำการศึกษาผลของการเคลื่อนย้ายกรดแลคติกภายหลังการออกกำลังกายโดยให้กลุ่มตัวอย่าง เพศชาย จำนวน 10 คน ออกกำลังกายด้วยการปั่นจักรยานอยู่กับที่ที่ระดับร้อยละ 150 ของ VO_2max หลังจากการออกกำลังกายให้กลุ่มตัวอย่างฟื้นตัวด้วยการนั่งพักเป็นเวลา 40 นาที เปรียบเทียบกับการฟื้นตัวแบบมีกิจกรรมด้วยการปั่นจักรยานอยู่กับที่ ที่ระดับร้อยละ 30 ของ VO_2max เป็นเวลา 40 นาที และการฟื้นตัวด้วยการนวดเป็นเวลา 10 นาที ระหว่างการฟื้นตัวจะเจาะเลือดหลังจากออกกำลังกายทันที นาทีที่ 3, 5, 10, 20, 30 และ 40 ผลการทดลอง

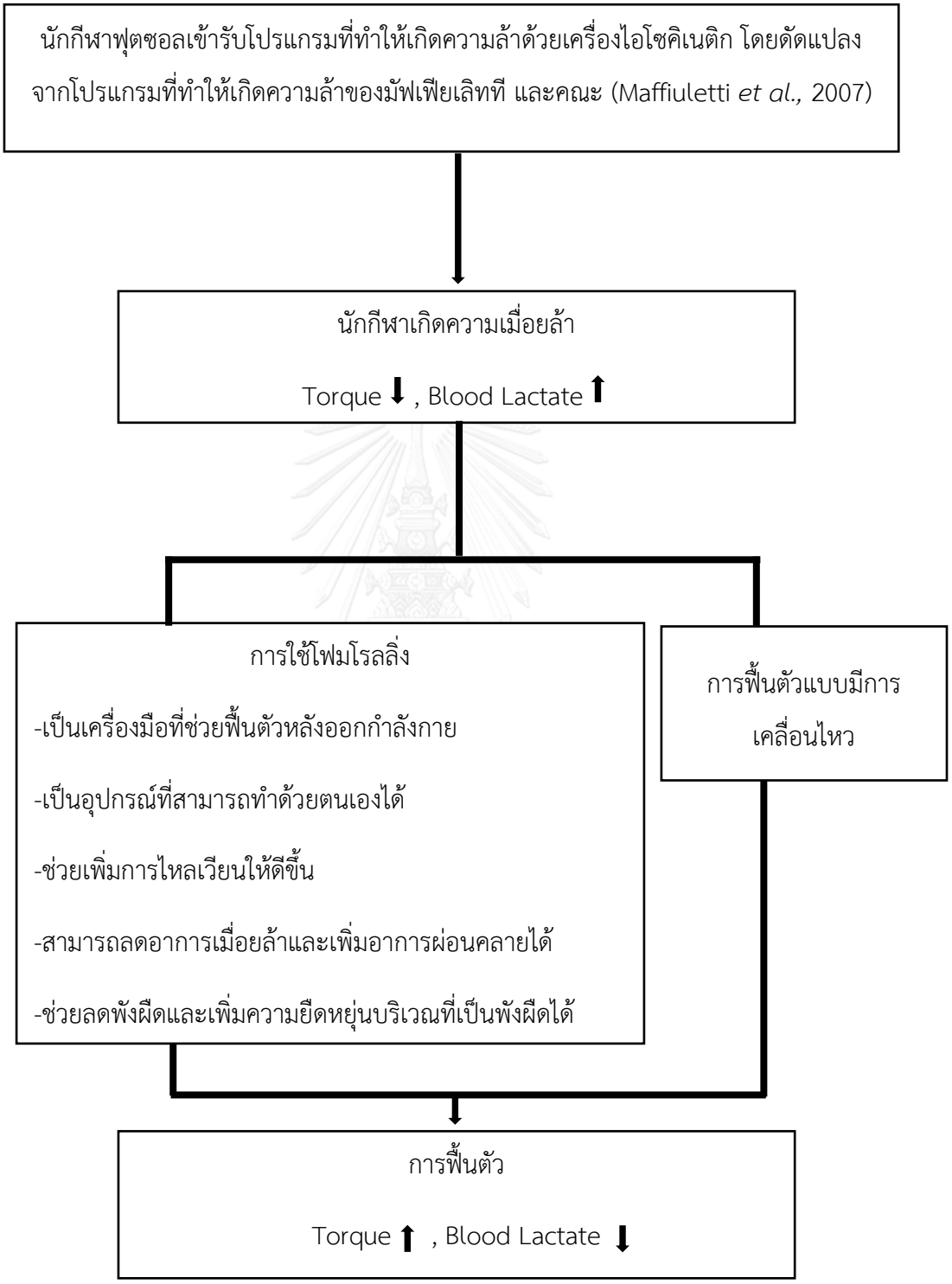
พบว่า ระดับกรดแลคติกในเลือดภายหลังการออกกำลังกายทันทีและนาทีที่ 3 ไม่มีความแตกต่างกัน แต่หลังจากนาทีที่ 5 พบว่า การฟื้นตัวแบบมีกิจกรรมสามารถเคลื่อนย้ายกรดแลคติกได้เร็วกว่าการฟื้นตัวด้วยการนั่งพักและการนวด

Markovic (2015) ได้ศึกษาผลเฉียบพลันของเทคนิคการขัดถูพังผืดและการใช้โฟมโรลลิ่งในช่วงการเคลื่อนไหวของสะโพกและข้อเข่า โดยใช้โฟมโรลเลอร์ ซึ่งเป็นทรงกระบอก ผิวมีลักษณะเป็นลายตะแกรง (GRID Foam Roller) ยี่ห้อทริกเกอร์ พ้อยท์ (Trigger Point) โดยมีความยาว 33 เซนติเมตร มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 14 เซนติเมตร แกนกลางเป็นท่อพีวีซี ห่อหุ้มด้วยโฟมอีวีเอหนาประมาณ 2 เซนติเมตร ซึ่งมีความกระชับมากกว่าโฟมโรลเลอร์ในรูปแบบเดิม ๆ ในกล้ามเนื้อควอดไดรเซปส์ และกล้ามเนื้อแฮมสตริงส์ จำนวน 2 นาที ในนักกีฬาฟุตบอลจำนวน 20 คน โดยแบ่งกลุ่มละ 10 คน พบว่า ช่วงการเคลื่อนไหวของข้อเข่าและสะโพกทั้งสองกลุ่มดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ .05)

Edmunds *et al.* (2016) ได้ศึกษาผลของการใช้โฟมโรลลิ่งและการยืดกล้ามเนื้อแบบ Static ในการฟื้นตัวของกล้ามเนื้อควอดไดรเซปส์และกล้ามเนื้อแฮมสตริงส์และแรง กลุ่มตัวอย่างเป็นเพศชาย 44 คน ด้วยการทดสอบความแข็งแรงด้วยเครื่อง Isokinetic dynamometer จำนวน 5 ครั้ง โดยออกแรงสูงสุดของขาข้างเดียวในท่างอเข่าและเหยียดเข่า ใช้ความเร็วในการหดตัวเท่ากับ 60 องศาต่อวินาที โดย 7 วันต่อมากลุ่มตัวอย่างออกกำลังกายที่ขาด้วยความหนักมากและจะถูกสุ่มให้รับการทดลองระหว่างการยืดกล้ามเนื้อแบบ Static หรือ การใช้โฟมโรลลิ่ง ทันทีหลังการออกกลังกาย ภายหลังการแข่งขัน 24 ชั่วโมง ทดสอบอีกครั้ง ผลการวิจัยพบว่า เมื่อเปรียบเทียบกับค่าพื้นฐาน 94% ของแรงการเหยียดเข่าถูกรักษาไว้ด้วยการใช้โฟมโรลลิ่ง เมื่อเปรียบเทียบกับการยืดกล้ามเนื้อแบบ Static เพียง 84% และสำหรับการงอเข่า 98% ของแรงถูกรักษาไว้ด้วยโฟมโรลเลอร์ เมื่อเทียบกับการยืดกล้ามเนื้อแบบ Static จะอยู่ที่ 88% ดังนั้นการนวดด้วยตัวเองด้วยโฟมโรลเลอร์หลังออกกำลังกายอย่างหนักจะช่วยรักษาแรงกล้ามเนื้อได้ดีกว่าการยืดกล้ามเนื้อแบบ Static

จากการศึกษางานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศ พบว่า มีวิธีที่สามารถฟื้นตัวหลังการออกกำลังกายหลากหลายวิธี เช่น การนั่งพัก การนวด การยืดเหยียดกล้ามเนื้อ การฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหว สามารถลดอัตราการเต้นของหัวใจ ช่วยลดระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือด ลดความเมื่อยล้า ช่วยเพิ่มสมรรถภาพของร่างกาย นอกจากนี้การใช้โฟมโรลลิ่ง สามารถเพิ่มการไหลเวียนของเลือด ทำให้เคลื่อนย้ายของเสียออกจากร่างกายได้เร็วขึ้น ลดความเมื่อยล้าได้

กรอบแนวคิดในการวิจัย



ภาพที่ 5 กรอบแนวคิดในการวิจัย

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

งานวิจัยเรื่องผลของการใช้โฟมโรลลิ่งและการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหวที่มีต่อแรงบิดและระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดในนักกีฬาฟุตซอล มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลของการใช้โฟมโรลลิ่งและการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหวที่มีต่อแรงบิดและระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดในนักกีฬาฟุตซอล มีวิธีดำเนินการวิจัยดังนี้

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักกีฬาฟุตซอลของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพศชาย ที่กำลังศึกษาในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2559 มีอายุระหว่าง 18-24 ปี จำนวน 23 คน

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักกีฬาฟุตซอลของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพศชาย ปีการศึกษา 2559 อายุระหว่าง 18-24 ปี ผู้วิจัยได้ใช้หลักการกำหนดกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้ตารางการกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างของโคเฮน (Cohen, 1977) ค่าระดับนัยสำคัญทางสถิติ (Level of significance) ที่ระดับ .05 (α=.05) กำหนดค่าขนาดผลกระทบ (Effect size) ที่ .50 และค่าอำนาจของการทดสอบ (Power of test) ที่ระดับ .80 ได้ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 17 คน และเพื่อป้องกันการสูญหายของกลุ่มตัวอย่าง จึงได้เพิ่มกลุ่มตัวอย่างเป็น 20 คน โดยเลือกกลุ่มตัวอย่างเป็นการเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling) และผู้วิจัยจะเป็นผู้คัดกรองกลุ่มตัวอย่าง กลุ่มตัวอย่างทุกคนจะได้รับการทดลองทั้ง 2 รูปแบบ ได้แก่ การใช้โฟมโรลลิ่ง และการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหว ขณะดำเนินการทดลองมีกลุ่มตัวอย่างจำนวน 3 คน ไม่สามารถเข้าร่วมครบทั้ง 2 รูปแบบได้ จึงนำข้อมูลจากผู้เข้าร่วมวิจัยมาวิเคราะห์เพียง 17 คน

เกณฑ์การคัดเข้า (Inclusion criteria)

1. ผู้เข้าร่วมวิจัยเป็นนักกีฬาฟุตซอล ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพศชาย อายุระหว่าง 18-24 ปี ที่กำลังศึกษาอยู่ในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2559

2. ผู้เข้าร่วมวิจัยเป็นบุคคลที่มีสุขภาพดี และไม่มีปัญหาด้านการบาดเจ็บเกี่ยวกับกระดูกและกล้ามเนื้อ

3. ผู้เข้าร่วมวิจัยสมัครใจในการเข้าร่วมวิจัย ยินดีลงนามในใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัย และสามารถเข้าร่วมได้จนสิ้นสุดการวิจัย

เกณฑ์การคัดออก (Exclusion criteria)

1. ผู้เข้าร่วมวิจัยได้รับยาที่มีผลต่อการทำงานของกล้ามเนื้อ เช่น ยาคลายกล้ามเนื้อ, ยาบรรเทาการอักเสบชนิดที่ไม่ใช่สเตียรอยด์ (NSAIDS), ยาคลายวิตกกังวล (Anxiolytic drugs) เป็นต้น

2. ผู้เข้าร่วมวิจัยมีความผิดปกติของหลอดเลือด ได้แก่ หลอดเลือดขอด หรือ หลอดเลือดอุดตัน

3.ผู้เข้าร่วมวิจัยมีความผิดปกติในการแข็งตัวของเลือดหรือกินยาที่มีผลต่อการแข็งตัวของเลือด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

เกณฑ์ยุติการเข้าร่วมวิจัย (Subject withdrawal criteria)

ผู้เข้าร่วมวิจัยเกิดเหตุสุดวิสัยขึ้น และไม่สามารถเข้าร่วมการวิจัยต่อได้ เช่น เกิดอุบัติเหตุจนได้รับบาดเจ็บ มีอาการป่วย เป็นต้น

การพิทักษ์สิทธิ์ของผู้เข้าร่วมวิจัย

ผู้วิจัยพิทักษ์สิทธิ์ของกลุ่มตัวอย่างโดยผู้วิจัยพบผู้เข้าร่วมวิจัยและแนะนำตัว อธิบายวัตถุประสงค์และขั้นตอนในการทำวิจัย พร้อมทั้งขอความร่วมมือในการทำวิจัย และชี้แจงให้ทราบว่าการเข้าร่วมในการวิจัยเป็นโดยสมัครใจ การตอบรับหรือการปฏิเสธการเข้าร่วมวิจัยครั้งนี้ จะไม่มีผลต่อผู้เข้าร่วมวิจัย และผู้เข้าร่วมวิจัยสามารถถอนตัวจากการวิจัยได้ทุกขณะ ข้อมูลทุกอย่างถือเป็นความลับและนำมาใช้ตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้เท่านั้น ผลการวิจัยจะนำเสนอในภาพรวม

ผู้เข้าร่วมวิจัยสามารถแจ้งการขอออกจากการวิจัยได้ก่อนที่การวิจัยจะสิ้นสุดลงโดยไม่ต้องแจ้งเหตุผลหรือคำอธิบายใด ๆ ซึ่งการกระทำดังกล่าวจะไม่มีผลอันใดต่อผู้เข้าร่วมวิจัยและครอบครัว เมื่อผู้เข้าร่วมวิจัยยินยอมเข้าร่วมการวิจัย ผู้วิจัยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยลงนามลงในใบยินยอมเข้าร่วมวิจัย ทั้งนี้ผู้วิจัยและผู้ช่วยวิจัยจะดำเนินการเก็บรวบรวมด้วยตนเอง หลังการทดลองอาจทำให้ผู้เข้าร่วมวิจัยมีอาการปวดเมื่อยในบริเวณขาเล็กน้อย ซึ่งเป็นอาการปกติ หากผู้เข้าร่วมวิจัยมีอาการเจ็บกล้ามเนื้อขณะออกกำลังกาย ผู้วิจัยจะให้หยุดออกกำลังกาย และนั่งพักสังเกตอาการในเบื้องต้น และหากเกิดอาการบาดเจ็บในขณะดำเนินการทดลองหรือเป็นผลมาจากการทดลอง ผู้วิจัยจะพาไปพบแพทย์และจะเป็นผู้ดำเนินการออกค่าใช้จ่ายในการรักษาทั้งหมด

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องไอโซคิเนติก (Isokinetic CON-TREX human kinetics: Zürichstrasse, Switzerland)

2. เครื่องวิเคราะห์ปริมาณแลคเตทในเลือด (Accutrend plus, Germany)

3. นาฬิกาจับเวลาแบบดิจิตอล ยี่ห้อ CASIO STOP-WATCH รุ่น HS-30W

4. เครื่องเจาะเลือด และเข็ม

5. สำลีและแอลกอฮอล์

6. แผ่นวิเคราะห์ปริมาณแลคเตทในเลือด (Strips)

7. ถุงมือยาง

8. เบาะสำหรับปูรอง (Mat)

9. โฟมโรลเลอร์ ที่เป็นทรงกระบอก ผิวมีลักษณะเป็นลายตะแกรง (Grid foam roller) ยี่ห้อทริกเกอร์ พ้อยท์ (Trigger point) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5.5 นิ้ว ยาว 13 นิ้ว

10. เครื่องวิเคราะห์องค์ประกอบของร่างกาย (Body composition analyzer) รุ่น ioi 353

11. ลู่วิ่งไฟฟ้า (Treadmill) ยี่ห้อ Steelflex รุ่น XT-7600 (Taiwan)

12. นาฬิกาวัดชีพจร Polar FT60 training computer และสายรัดหน้าอกพร้อมเซ็นเซอร์วัดชีพจร (Finland)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

13. เก้าอี้

14. แบบบันทึกข้อมูลการทดลอง

ขั้นตอนการวิจัยและการเก็บรวบรวมข้อมูล

ขั้นตอนการวิจัย

1. ศึกษาข้อมูล ทฤษฎี บทความ เอกสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง รายละเอียดและวิธีใช้เครื่องมือ

2. นำเสนอโครงการวิจัยเพื่อเข้ารับการพิจารณาทางจริยธรรมจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. ผู้วิจัยทำการอธิบายรายละเอียดขั้นตอนการดำเนินการวิจัย และขั้นตอนการปฏิบัติอย่างละเอียดกับผู้ช่วยวิจัย เพื่อให้รับทราบและเข้าใจ พร้อมทั้งสาธิตวิธีการปฏิบัติที่ถูกต้องตรงกันก่อนทำการทดลองจริง โดยมีผู้ช่วยวิจัย 2 คน คือ เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการด้านวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับการใช้เครื่องมือในการวิจัย และนักเทคนิคการแพทย์ ซึ่งมีหน้าที่ในการเจาะเลือด

4. ผู้วิจัยทำการอธิบายชี้แจงต่าง ๆ เกี่ยวกับการดำเนินงานวิจัย และขั้นตอนการปฏิบัติอย่างละเอียดก่อนการทดลองจริง แก่กลุ่มตัวอย่าง เพื่อให้รับทราบและเข้าใจถึงวัตถุประสงค์ วิธีการดำเนินการทดลอง พร้อมทั้งสาธิตวิธีการปฏิบัติที่ถูกต้องตรงกันก่อนทำการทดลอง และให้กลุ่มตัวอย่างฝึกใช้โฟมโรลลิ่งนวดกล้ามเนื้อให้ตนเองก่อนการทดสอบจริงจำนวน 2 ครั้ง ครั้งละ 20 นาที ช่วงวันธรรมดาหลังเลิกเรียน ในครั้งแรกผู้วิจัยจะอธิบายพร้อมสาธิตวิธีการปฏิบัติการทำโฟมโรลลิ่งให้แก่กลุ่มตัวอย่าง และให้กลุ่มตัวอย่างลองฝึกปฏิบัติ ผู้วิจัยจะคอยให้คำแนะนำให้กลุ่มตัวอย่างปฏิบัติได้อย่างถูกต้อง ครั้งที่สองให้กลุ่มตัวอย่างฝึกปฏิบัติด้วยตนเอง

5. การวิจัยครั้งนี้เป็นแบบวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research) กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาฟุตซอล เพศชาย ทั้งหมด 20 คน จะเข้ารับโปรแกรมที่ทำให้เกิดความล้าด้วยเครื่องไอโซคิเนติก ซึ่งดัดแปลงมาจากโปรแกรมที่ทำให้เกิดความล้าของมัฟเฟียเลิททีและคณะ (Maffiuletti *et al.,* 2007) และเข้ารับการทดลองทั้ง 2 รูปแบบ ได้แก่ การใช้โฟมโรลลิ่ง และการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหว โดยแต่ละรูปแบบมีระยะเวลาห่างกันอย่างน้อย 1 สัปดาห์ มีการทดสอบโดยการวัดค่า

แรงบิดของกล้ามเนื้อ (Torque) และเจาะเลือดเพื่อวัดระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือด (Blood lactate concentration)

ขั้นตอนในการทดลอง

1. เก็บข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ น้ำหนัก ส่วนสูง ดัชนีมวลกาย และเปอร์เซ็นต์ไขมันด้วยเครื่องวิเคราะห์องค์ประกอบของร่างกาย (Body composition analyzer) รุ่น ioi 353 และนำนาฬิกาวัดชีพจร Polar FT60 training computer และสายรัดหน้าอกพร้อมเซ็นเซอร์วัดชีพจร ใส่ให้กับกลุ่มตัวอย่าง เพื่อวัดอัตราการเต้นหัวใจขณะพัก

2. กลุ่มตัวอย่างได้รับการเจาะเลือดเพื่อวัดระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือด (Blood lactate concentration) ด้วยเครื่องวิเคราะห์ปริมาณแลคเตทในเลือด และทำการบันทึกผล

3. ทำการอบอุ่นร่างกายด้วยการวิ่งบนลู่วิ่งไฟฟ้า (Treadmill) ยี่ห้อ Steelflex รุ่น XT-7600 ที่ระดับความหนัก 70% ของอัตราการเต้นหัวใจสำรอง ($HR_{reserve}$) จำนวน 10 นาที (กรมพลศึกษา, 2556) และยืดเหยียดกล้ามเนื้อ ด้วยท่า Standing quad stretch, Standing hamstring stretch และ Standing glute stretch ข้างละ 15 วินาที

4. กลุ่มตัวอย่างเข้ารับโปรแกรมที่ทำให้เกิดความล้าด้วยเครื่องไอโซคิเนติก ซึ่งดัดแปลงมาจากโปรแกรมที่ทำให้เกิดความล้าของมัฟเฟียเลิททีและคณะ (Maffiuletti *et al.,* 2007) ในท่านั่งเหยียดเข่าและงอเข่า โดยใช้ขาด้านที่ตนเองถนัด ตั้งค่าช่วงการเคลื่อนไหวที่ระดับความเร็วเชิงมุม 180 องศาต่อวินาที เลือกลักษณะการทำงานของกล้ามเนื้อเป็นคอนเซ็นทริค/คอนเซ็นทริค ออกแรงสูงสุดต่อเนื่องกันจำนวน 20 ครั้ง ทั้งหมด 4 เซต พักระหว่างเซต 1 นาที โดยจะใช้ค่าเฉลี่ยแรงบิดของกล้ามเนื้อ (Torque) ในครั้งที่ 2-5 ของเซตที่ 1 เป็นค่าก่อนให้โปรแกรมที่ทำให้เกิดความล้า และค่าเฉลี่ยแรงบิดของกล้ามเนื้อ (Torque) ใน 4 ครั้งสุดท้ายของเซตที่ 4 เป็นค่าก่อนการทดลอง สำหรับโปรแกรมที่ดัดแปลงมานั้นได้ผ่านการตรวจสอบจากผู้ทรงคุณวุฒิ 5 ท่าน ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์การกีฬา โดยมีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) เท่ากับ 0.9

5. ให้กลุ่มตัวอย่างนั่งพักเฉย ๆ บนเก้าอี้ เป็นเวลา 5 นาที และรับการเจาะเลือดเพื่อวัดระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือด ด้วยเครื่องวิเคราะห์ปริมาณแลคเตทในเลือด

6. เข้ารับการทดลองในรูปแบบที่ 1 การใช้โฟมโรลลิ่ง (ภาคผนวก จ)

6.1 กลุ่มตัวอย่างใช้โฟมโรลเลอร์ ที่เป็นทรงกระบอก ผิวมีลักษณะเป็นลายตะแกรง (Grid foam roller) ยี่ห้อทริกเกอร์ พ้อยท์ (Trigger point) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5.5 นิ้ว ยาว 13 นิ้ว เป็นเวลา 8 นาที

6.2 กลุ่มตัวอย่างได้รับการนวดบริเวณกล้ามเนื้อกล้ามเนื้อแฮมสตริงส์ (Hamstring) 4 นาที และกล้ามเนื้อควอดไดรเซปส์ (Quadriceps) 4 นาที โดยใน 1 นาที จะใช้เวลานวด 30 วินาที พัก 30 วินาที และเพื่อเป็นการควบคุมน้ำหนักของการใช้โฟมโรลลิ่ง ผู้วิจัยได้กำหนดมุมในการใช้เพื่อให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ดังนี้

6.2.1 ในกล้ามเนื้อแฮมสตริงส์ให้กลุ่มตัวอย่างนั่งเหยียดขาและเอาหลังพิงกับผนังในท่าเตรียม เพื่อให้หลังตั้งตรง วางมือไว้ข้างลำตัวทั้งสองข้าง ตำแหน่งโฟมโรลเลอร์อยู่ก่อนถึงข้อพับเข่า นำขาข้างที่ไม่ได้นวดพาดไว้บนขาข้างที่นวด ปลายเท้ายกสูงจากพื้น

6.2.2 เริ่มนวดไปข้างหน้าจนถึงตรงกลางของกล้ามเนื้อ นวดถอยกลับสลับไปมาจำนวน 2 นาที โดยตำแหน่งของการวางมือไม่ขยับ

6.2.3 เริ่มนวดจากตรงกลางของกล้ามเนื้อถึงกล้ามเนื้ออีกด้านหนึ่ง นวดถอยกลับสลับไปมาจำนวน 2 นาที โดยตำแหน่งของการวางมือไม่ขยับ

6.2.4 ในกล้ามเนื้อควอดไดรเซปส์ให้กลุ่มตัวอย่างนอนคว่ำเอาแขนท่อนล่างวางนาบกับพื้นโดยที่แขนท่อนบนทำมุม 90 องศากับพื้นทั้งสองข้าง ตำแหน่งโฟมโรลเลอร์อยู่เหนือเข่า ปลายเท้ายกสูงจากพื้น ส่วนขาอีกข้างหนึ่งงอขึ้นมาให้เข่าอยู่ในระดับเอว

6.2.5 เริ่มนวดถอยไปข้างหลังจนถึงตรงกลางของกล้ามเนื้อ นวดถอยกลับสลับไปมาจำนวน 2 นาที โดยตำแหน่งของการวางมือและแขนท่อนล่างไม่ขยับ

6.2.6 เริ่มนวดจากตรงกลางของกล้ามเนื้อถึงกล้ามเนื้ออีกด้านหนึ่ง นวดถอยกลับสลับไปมาจำนวน 2 นาที โดยตำแหน่งของการวางมือและแขนท่อนล่างไม่ขยับ

6.3 กลุ่มตัวอย่างจะได้รับการเจาะเลือดเพื่อวัดระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดด้วยเครื่องวิเคราะห์ปริมาณแลคเตทในเลือด และการทดสอบวัดค่าแรงบิดของกล้ามเนื้อด้วยเครื่องไอโซคิเนติก ในท่านั่งเหยียดเข่าและงอเข่า โดยใช้ขาด้านที่ตนเองถนัด ตั้งค่าช่วงการเคลื่อนไหวที่ระดับความเร็วเชิงมุม 180 องศาต่อวินาที เลือกลักษณะการทำงานของกล้ามเนื้อเป็นคอนเซ็นทริค/คอนเซ็นทริค

ออกแรงสูงสุดต่อเนื่องกันทั้งหมด 5 ครั้ง โดยจะใช้ค่าเฉลี่ยแรงบิดของกล้ามเนื้อ ในครั้งที่ 2-5 เป็นค่าหลังการทดลองทันที

6.4 ให้กลุ่มตัวอย่างนั่งพักเฉย ๆ บนเก้าอี้ เป็นเวลา 12 นาที และได้รับการเจาะเลือดเพื่อวัดระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดด้วยเครื่องวิเคราะห์ปริมาณแลคเตทในเลือด และการทดสอบวัดค่าแรงบิดของกล้ามเนื้ออีกครั้งด้วยเครื่องไอโซคิเนติก ในท่านั่งเหยียดเข่าและงอเข่า โดยใช้ขาด้านที่ตนเองถนัด ตั้งค่าช่วงการเคลื่อนไหวที่ระดับความเร็วเชิงมุม 180 องศาต่อวินาที เลือกลักษณะการทำงานของกล้ามเนื้อเป็นคอนเซ็นทริค/คอนเซ็นทริค ออกแรงสูงสุดต่อเนื่องกันทั้งหมด 5 ครั้ง โดยจะใช้ค่าเฉลี่ยแรงบิดของกล้ามเนื้อ ในครั้งที่ 2-5 เป็นค่าหลังการทดลอง 12 นาที

7. หลังการทดลองในรูปแบบที่ 1 ผ่านไป 1 สัปดาห์ กลุ่มตัวอย่างได้รับการทดลองในรูปแบบที่ 2 โดยการเจาะเลือดเพื่อวัดระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือด ด้วยเครื่องวิเคราะห์ปริมาณแลคเตทในเลือด และทำการบันทึกผล

8. ทำการอบอุ่นร่างกายด้วยการวิ่งบนลู่วิ่งไฟฟ้า (Treadmill) ที่ระดับความหนัก 70% ของอัตราการเต้นหัวใจสำรอง ($HR_{reserve}$) จำนวน 10 นาที (กรมพลศึกษา, 2556) และยืดเหยียดกล้ามเนื้อ ด้วยท่า Standing quad stretch, Standing hamstring stretch และ Standing glute stretch ข้างละ 15 วินาที

9. กลุ่มตัวอย่างเข้ารับโปรแกรมที่ทำให้เกิดความล้าด้วยเครื่องไอโซคิเนติก ซึ่งดัดแปลงมาจากโปรแกรมที่ทำให้เกิดความล้าของมัฟเฟียเลิททีและคณะ (Maffiuletti *et al.,* 2007) ในท่านั่งเหยียดเข่าและงอเข่า โดยใช้ขาด้านที่ตนเองถนัด ตั้งค่าช่วงการเคลื่อนไหวที่ระดับความเร็วเชิงมุม 180 องศาต่อวินาที เลือกลักษณะการทำงานของกล้ามเนื้อเป็นคอนเซ็นทริค/คอนเซ็นทริค ออกแรงสูงสุดต่อเนื่องกันจำนวน 20 ครั้ง ทั้งหมด 4 เซต พักระหว่างเซต 1 นาที โดยจะใช้ค่าเฉลี่ยแรงบิดของกล้ามเนื้อ (Torque) ในครั้งที่ 2-5 ของเซตที่ 1 เป็นค่าก่อนให้โปรแกรมที่ทำให้เกิดความล้า และค่าเฉลี่ยแรงบิดของกล้ามเนื้อ (Torque) ใน 4 ครั้งสุดท้ายของเซตที่ 4 เป็นค่าก่อนการทดลอง

10. ให้กลุ่มตัวอย่างนั่งพักเฉย ๆ บนเก้าอี้ เป็นเวลา 5 นาที และรับการเจาะเลือดเพื่อวัดระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือด ด้วยเครื่องวิเคราะห์ปริมาณแลคเตทในเลือด

11. เข้ารับการทดลองรูปแบบที่ 2 การฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหว เป็นเวลา 8 นาที ดังนี้

11.1 กลุ่มตัวอย่างจะได้รับการวิ่งเหยาะ ๆ บนลู่วิ่งไฟฟ้า (Treadmill) ที่ระดับความหนัก 40-45% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด

11.2 กลุ่มตัวอย่างจะได้รับการเจาะเลือดเพื่อวัดระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดด้วยเครื่องวิเคราะห์ปริมาณแลคเตทในเลือด และการทดสอบวัดค่าแรงบิดของกล้ามเนื้อด้วยเครื่องไอโซคิเนติก ในท่านั่งเหยียดเข่าและงอเข่า โดยใช้ขาด้านที่ตนเองถนัด ตั้งค่าช่วงการเคลื่อนไหวที่ระดับความเร็วเชิงมุม 180 องศาต่อวินาที เลือกลักษณะการทำงานของกล้ามเนื้อเป็นคอนเซ็นทริค/คอนเซ็นทริค ออกแรงสูงสุดต่อเนื่องกันทั้งหมด 5 ครั้ง โดยจะใช้ค่าเฉลี่ยแรงบิดของกล้ามเนื้อ ในครั้งที่ 2-5 เป็นค่าหลังการทดลองทันที

11.3 ให้กลุ่มตัวอย่างนั่งพักเฉย ๆ บนเก้าอี้ เป็นเวลา 12 นาที และได้รับการเจาะเลือดเพื่อวัดระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดด้วยเครื่องวิเคราะห์ปริมาณแลคเตทในเลือด และการทดสอบวัดค่าแรงบิดของกล้ามเนื้ออีกครั้งด้วยเครื่องไอโซคิเนติก ในท่านั่งเหยียดเข่าและงอเข่า โดยใช้ขาด้านที่ตนเองถนัด ตั้งค่าช่วงการเคลื่อนไหวที่ระดับความเร็วเชิงมุม 180 องศาต่อวินาที เลือกลักษณะการทำงานของกล้ามเนื้อเป็นคอนเซ็นทริค/คอนเซ็นทริค ออกแรงสูงสุดต่อเนื่องกันทั้งหมด 5 ครั้ง โดยจะใช้ค่าเฉลี่ยแรงบิดของกล้ามเนื้อ ในครั้งที่ 2-5 เป็นค่าหลังการทดลอง 12 นาที

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ผู้วิจัยและผู้ช่วยวิจัยเป็นผู้เก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วย

1.1 ข้อมูลพื้นฐาน

1.2 ค่าแรงบิดของกล้ามเนื้อ

1.3 ระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือด

2. ติดต่อขอใช้สถานที่และยืมเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย โดยใช้ห้อง 2107 อาคารจุฬาพัฒน์ 8 คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เป็นสถานที่ในการทดลองและเก็บข้อมูล

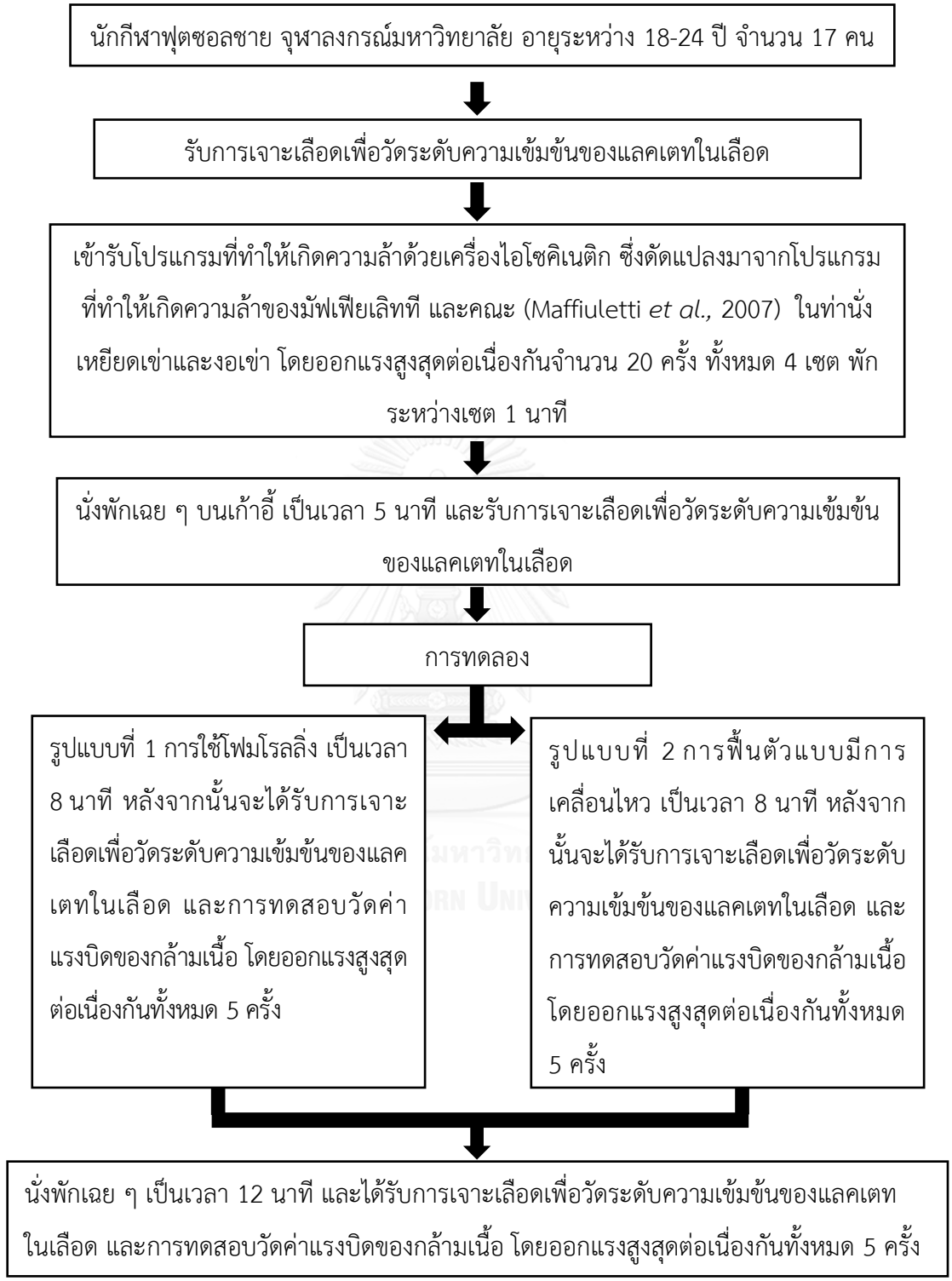
3. ทำหนังสือขอความอนุเคราะห์ถึงอาจารย์ที่ปรึกษาชมรมฟุตซอลของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพื่อขอตัวนักกีฬาฟุตซอลมาเป็นกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย

4. จัดเตรียมสถานที่ อุปกรณ์ และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยให้พร้อม

5.ทำการทดลองเป็นระยะเวลา 3 สัปดาห์ ระหว่างเดือนเมษายน-พฤษภาคม พ.ศ. 2560 ในวันจันทร์, อังคาร, พุธ, ศุกร์ เวลา 13.00-17.00 น. โดยจะทดลองวันละ 4-5 คน และนำผลการทดลองมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย



หมายเหตุ กลุ่มตัวอย่างชุดเดียวกันปฏิบัติทั้ง 2 รูปแบบ และแต่ละรูปแบบเว้นระยะห่างอย่างน้อย 1 สัปดาห์

ภาพที่ 6 แผนภาพขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ผ่านโปรแกรมสำเร็จรูป (Statistical Package for the Social Sciences : SPSS) เพื่อวิเคราะห์ข้อมูล ดังต่อไปนี้

1. หาค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ของข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง และดัชนีมวลกาย

2. วิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่าแรงบิดของกล้ามเนื้อ ระหว่างก่อนการทดลอง และหลังการทดลองทันที ของการใช้โฟมโรลลิ่ง และการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหว และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่าแรงบิดของกล้ามเนื้อ หลังการทดลองทันที ระหว่างการใช้โฟมโรลลิ่ง และการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหว ด้วยค่าทีรายคู่ (Paired t-test) ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

3. วิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือด ระหว่างก่อนการทดลอง และหลังการทดลองทันที ของการใช้โฟมโรลลิ่ง และการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหว และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือด หลังการทดลองทันที ระหว่างการใช้โฟมโรลลิ่ง และการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหว ด้วยค่าทีรายคู่ (Paired t-test) ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

4. วิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำของค่าเฉลี่ยของค่าแรงบิดของกล้ามเนื้อ และค่าเฉลี่ยของระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือด ก่อนให้โปรแกรมที่ทำให้เกิดความล้า ก่อนการทดลอง หลังการทดลองทันที และหลังการทดลอง 12 นาที ของการใช้โฟมโรลลิ่ง และการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหว โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำ (One-way ANOVA with repeated measure) ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูล และวิเคราะห์ผลตามระเบียบวิธีการทางสถิติที่ได้จากการศึกษาผลของการใช้โฟมโรลลิ่งและการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหวที่มีต่อแรงบิดและระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดในนักกีฬาฟุตซอล กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาฟุตซอลของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพศชาย ปีการศึกษา 2559 อายุระหว่าง 18-24 ปี จำนวน 17 คน กลุ่มตัวอย่างจะได้รับการทดลองทั้ง 2 รูปแบบ ได้แก่ การใช้โฟมโรลลิ่ง และการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหว โดยแต่ละรูปแบบเว้นระยะห่างอย่างน้อย 1 สัปดาห์ ในการทดลองจะทำการทดสอบหาค่าแรงบิดของกล้ามเนื้อและเจาะเลือดเพื่อหาระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือด จำนวน 4 ครั้ง คือ ก่อนให้โปรแกรมที่ทำให้เกิดความล้า ก่อนการทดลอง หลังการทดลองทันที และหลังการทดลอง 12 นาที นำผลวิเคราะห์ข้อมูลเสนอในรูปตารางประกอบความเรียงและแผนภูมิ โดยแบ่งการนำเสนอออกเป็น 4 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลพื้นฐานของผู้เข้าร่วมวิจัย

ตอนที่ 2 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่าแรงบิดของกล้ามเนื้อ ระหว่างก่อนการทดลอง และหลังการทดลองทันที ของการใช้โฟมโรลลิ่ง และการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหว และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่าแรงบิดของกล้ามเนื้อ หลังการทดลองทันที ระหว่างการใช้โฟมโรลลิ่ง และการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหว

ตอนที่ 3 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือด ระหว่างก่อนการทดลอง และหลังการทดลองทันที ของการใช้โฟมโรลลิ่ง และการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหว และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือด หลังการทดลองทันที ระหว่างการใช้โฟมโรลลิ่ง และการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหว

ตอนที่ 4 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำของค่าเฉลี่ยของค่าแรงบิดของกล้ามเนื้อ และค่าเฉลี่ยของระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือด ก่อนให้โปรแกรมที่ทำให้เกิดความล้า ก่อนการทดลอง หลังการทดลองทันที และหลังการทดลอง 12 นาที ของการใช้โฟมโรลลิ่ง และการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหว

Chulalongkorn University

ตอนที่ 5 แผนภูมิเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของค่าแรงบิดของกล้ามเนื้อ และค่าเฉลี่ยของระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือด ก่อนให้โปรแกรมที่ทำให้เกิดความล้า ก่อนการทดลอง หลังการทดลองทันที และหลังการทดลอง 12 นาที ของการใช้โฟมโรลลิ่ง และการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตอนที่ 1 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลพื้นฐานของผู้เข้าร่วมวิจัย

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลพื้นฐานของผู้เข้าร่วมวิจัย จำนวน 17 คน

ข้อมูลพื้นฐาน	$\bar{X}$	SD
อายุ (ปี)	20.18	1.74
ส่วนสูง (เซนติเมตร)	171.59	4.03
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	63.79	6.50
ดัชนีมวลกาย (กิโลกรัมต่อตารางเมตร)	21.65	1.96
เปอร์เซ็นต์ไขมันใต้ผิวหนัง (เปอร์เซ็นต์)	13.11	4.13
อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (ครั้งต่อนาที)	69.88	9.47

จากตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่า ผู้เข้าร่วมวิจัยจำนวน 17 คน มีอายุเฉลี่ยเท่ากับ 20.18 ± 1.74 ปี ส่วนสูงเฉลี่ยเท่ากับ 171.59 ± 4.03 เซนติเมตร น้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 63.79 ± 6.50 กิโลกรัม ดัชนีมวลกายเฉลี่ยเท่ากับ 21.65 ± 1.96 กิโลกรัมต่อตารางเมตร เปอร์เซ็นต์ไขมันใต้ผิวหนังเฉลี่ยเท่ากับ 13.11 ± 4.13 เปอร์เซ็นต์ และอัตราการเต้นของหัวใจขณะพักเฉลี่ยเท่ากับ 69.88 ± 9.47 ครั้งต่อนาที

ตอนที่ 2 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่าแรงบิดของกล้ามเนื้อ ระหว่างก่อนการทดลอง และหลังการทดลองทันที ของการใช้โฟมโรลลิ่ง และการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหว และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่าแรงบิดของกล้ามเนื้อ หลังการทดลองทันที ระหว่างการใช้โฟมโรลลิ่ง และการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหว

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่าแรงบิดของกล้ามเนื้อ ระหว่างก่อนการทดลอง และหลังการทดลองทันที ของการใช้โฟมโรลลิ่ง

ช่วงเวลา	$\bar{X}$	SD	t	p-value
ท่าเหยียดเข่า (Extension)				
ก่อนการทดลอง	81.25	19.40	-7.76	.000*
หลังการทดลองทันที	134.90	34.56		
ท่างอเข่า (Flexion)				
ก่อนการทดลอง	64.53	15.92	-10.06	.000*
หลังการทดลองทันที	120.92	31.95		

*p < .05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จากตารางที่ 4 พบว่าค่าเฉลี่ยของค่าแรงบิดของกล้ามเนื้อของการใช้โฟมโรลลิ่ง ในท่าเหยียดเข่า (Extension) ก่อนการทดลองมีค่า 81.25 นิวตันเมตร หลังการทดลองทันทีมีค่า 134.90 นิวตันเมตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และในท่างอเข่า (Flexion) ก่อนการทดลองมีค่า 64.53 นิวตันเมตร หลังการทดลองทันทีมีค่า 120.92 นิวตันเมตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่าแรงบิดของกล้ามเนื้อ ระหว่างก่อนการทดลอง และหลังการทดลองทันที ของการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหว

ช่วงเวลา	$\bar{X}$	SD	t	p-value
ท่าเหยียดเข่า (Extension)				
ก่อนการทดลอง	80.82	20.63	-10.79	.000*
หลังการทดลองทันที	128.92	29.92		
ท่างอเข่า (Flexion)				
ก่อนการทดลอง	62.61	15.86	-10.71	.000*
หลังการทดลองทันที	115.99	25.28		

*p < .05

จากตารางที่ 5 พบว่าค่าเฉลี่ยของค่าแรงบิดของกล้ามเนื้อของการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหวในท่าเหยียดเข่า (Extension) ก่อนการทดลองมีค่า 80.82 นิวตันเมตร หลังการทดลองทันทีมีค่า 128.92 นิวตันเมตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และในท่างอเข่า (Flexion) ก่อนการทดลองมีค่า 62.61 นิวตันเมตร หลังการทดลองทันทีมีค่า 115.99 นิวตันเมตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 6 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่าแรงบิดของกล้ามเนื้อ หลังการทดลองทันที ระหว่างการใช้โฟมโรลลิ่ง และการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหว

รูปแบบการทดลอง	$\bar{X}$	SD	t	p-value
ท่าเหยียดเข่า (Extension)				
การใช้โฟมโรลลิ่ง	134.90	34.56	-.54	.593
การฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหว	128.92	29.92		
ท่างอเข่า (Flexion)				
การใช้โฟมโรลลิ่ง	120.92	31.95	-.50	.621
การฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหว	115.99	25.28		

*p < .05

จากตารางที่ 6 พบว่าค่าเฉลี่ยของค่าแรงบิดของกล้ามเนื้อ ในท่าเหยียดเข่า (Extension) การใช้โฟมโรลลิ่งมีค่า 134.90 นิวตันเมตร การฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหวมีค่า 128.92 นิวตันเมตร และในท่างอเข่า (Flexion) การใช้โฟมโรลลิ่งมีค่า 120.92 นิวตันเมตร การฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหวมีค่า 115.99 นิวตันเมตร เมื่อเปรียบเทียบทั้ง 2 รูปแบบ ไม่แตกต่างกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตอนที่ 3 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือด ระหว่างก่อนการทดลอง และหลังการทดลองทันที ของการใช้โฟมโรลลิ่ง และการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหว และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือด หลังการทดลองทันที ระหว่างการใช้โฟมโรลลิ่ง และการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหว

ตารางที่ 7 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือด ระหว่างก่อนการทดลอง และหลังการทดลองทันที ของการใช้โฟมโรลลิ่ง

ช่วงเวลา	$\bar{X}$	SD	t	p-value
ก่อนการทดลอง	7.44	2.34	5.25	.000*
หลังการทดลองทันที	5.30	1.48		

*p < .05

จากตารางที่ 7 พบว่าค่าเฉลี่ยของระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดของการใช้โฟมโรลลิ่ง ก่อนการทดลองมีค่า 7.44 มิลลิโมลต่อลิตร และหลังการทดลองทันทีมีค่า 5.30 มิลลิโมลต่อลิตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

Chulalongkorn University

ตารางที่ 8 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือด ระหว่างก่อนการทดลองและหลังการทดลองทันที ของการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหว

ช่วงเวลา	$\bar{X}$	SD	t	p-value
ก่อนการทดลอง	7.05	2.57	2.88	.011*
หลังการทดลองทันที	5.32	2.43		

*p < .05

จากตารางที่ 8 พบว่าค่าเฉลี่ยของระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดของการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหว ก่อนการทดลองมีค่า 7.05 มิลลิโมลต่อลิตร และหลังการทดลองทันทีมีค่า 5.32 มิลลิโมลต่อลิตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 9 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือด หลังการทดลองทันที ระหว่างการใช้โฟมโรลลิ่ง และการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหว

รูปแบบการทดลอง	$\bar{X}$	SD	t	p-value
การใช้โฟมโรลลิ่ง	5.30	1.48	.03	.980
การฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหว	5.32	2.43		

*p < .05

จากตารางที่ 9 พบว่าค่าเฉลี่ยของระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดของการใช้โฟมโรลลิ่งมีค่า 5.30 มิลลิโมลต่อลิตร และการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหวมีค่า 5.32 มิลลิโมลต่อลิตร เมื่อเปรียบเทียบทั้ง 2 รูปแบบ ไม่แตกต่างกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตอนที่ 4 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำของค่าเฉลี่ยของค่าแรงบิดของกล้ามเนื้อ และค่าเฉลี่ยของระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือด ก่อนให้โปรแกรมที่ทำให้เกิดความล้า ก่อนการทดลอง หลังการทดลองทันที และหลังการทดลอง 12 นาที ของการใช้โฟมโรลลิ่งและการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหว

ตารางที่ 10 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ยของค่าแรงบิดของกล้ามเนื้อ ก่อนให้โปรแกรมที่ทำให้เกิดความล้า ก่อนการทดลอง หลังการทดลองทันที และหลังการทดลอง 12 นาที ของการใช้โฟมโรลลิ่ง

ช่วงเวลา	การใช้โฟมโรลลิ่ง		การฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหว	
	$\bar{X}$	SD	$\bar{X}$	SD
ท่าเหยียดเข่า (Extension)				
ก่อนให้โปรแกรมที่ทำให้เกิดความล้า	137.97	32.22	106.81	30.94
ก่อนการทดลอง	81.25	19.40	80.82	20.63
หลังการทดลองทันที	134.90	34.56	128.92	29.92
หลังการทดลอง 12 นาที	134.83	36.44	133.38	33.77
ท่างอเข่า (Flexion)				
ก่อนให้โปรแกรมที่ทำให้เกิดความล้า	125.79	32.95	98.41	37.99
ก่อนการทดลอง	64.53	15.92	62.61	15.86
หลังการทดลองทันที	120.92	31.95	115.99	25.28
หลังการทดลอง 12 นาที	119.60	34.36	121.86	34.63

จากตารางที่ 10 พบว่าค่าเฉลี่ยของค่าแรงบิดของกล้ามเนื้อของการใช้โฟมโรลลิ่ง ในท่าเหยียดเข่า (Extension) ก่อนให้โปรแกรมที่ทำให้เกิดความล้ามีค่า 137.97 นิวตันเมตร ก่อนการทดลองมีค่า 81.25 นิวตันเมตร หลังการทดลองทันทีมีค่า 134.90 นิวตันเมตร หลังการทดลอง 12 นาทีมีค่า 134.83 นิวตันเมตร ในท่างอเข่า (Flexion) ก่อนให้โปรแกรมที่ทำให้เกิดความล้ามีค่า 125.79 นิวตันเมตร ก่อนการทดลองมีค่า 64.53 นิวตันเมตร หลังการทดลองทันทีมีค่า 120.92 นิวตันเมตร หลังการทดลอง 12 นาทีมีค่า 119.60 นิวตันเมตร และค่าเฉลี่ยของค่าแรงบิดของกล้ามเนื้อ

ของการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหว ในท่าเหยียดเข่า (Extension) ก่อนให้โปรแกรมที่ทำให้เกิดความล้ามีค่า 106.81 นิวตันเมตร ก่อนการทดลองมีค่า 80.82 นิวตันเมตร หลังการทดลองทันทีมีค่า 128.92 นิวตันเมตร หลังการทดลอง 12 นาทีมีค่า 133.38 นิวตันเมตร ในท่างอเข่า (Flexion) ก่อนให้โปรแกรมที่ทำให้เกิดความล้ามีค่า 98.41 นิวตันเมตร ก่อนการทดลองมีค่า 62.61 นิวตันเมตร หลังการทดลองทันทีมีค่า 115.99 นิวตันเมตร หลังการทดลอง 12 นาทีมีค่า 121.86 นิวตันเมตร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 11 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือด ก่อนให้โปรแกรมที่ทำให้เกิดความล้า ก่อนการทดลอง หลังการทดลองทันที และหลังการทดลอง 12 นาที ของการใช้โฟมโรลลิ่ง

ช่วงเวลา	การใช้โฟมโรลลิ่ง		การฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหว	
	$\bar{X}$	SD	$\bar{X}$	SD
ก่อนให้โปรแกรมที่ทำให้เกิดความล้า	1.89	0.53	1.95	0.93
ก่อนการทดลอง	7.44	2.34	7.05	2.57
หลังการทดลองทันที	5.30	1.48	5.32	2.43
หลังการทดลอง 12 นาที	4.31	1.27	4.48	1.76

จากตารางที่ 11 พบว่าค่าเฉลี่ยของระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดของการใช้โฟมโรลลิ่งก่อนให้โปรแกรมที่ทำให้เกิดความล้ามีค่า 1.89 มิลลิโมลต่อลิตร ก่อนการทดลองมีค่า 7.44 มิลลิโมลต่อลิตร หลังการทดลองทันทีมีค่า 5.30 มิลลิโมลต่อลิตร หลังการทดลอง 12 นาทีมีค่า 4.31 มิลลิโมลต่อลิตร และค่าเฉลี่ยของระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดของการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหว ก่อนให้โปรแกรมที่ทำให้เกิดความล้ามีค่า 1.95 มิลลิโมลต่อลิตร ก่อนการทดลองมีค่า 7.05 มิลลิโมลต่อลิตร หลังการทดลองทันทีมีค่า 5.32 มิลลิโมลต่อลิตร หลังการทดลอง 12 นาทีมีค่า 4.48 มิลลิโมลต่อลิตร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 12 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำของค่าเฉลี่ยของค่าแรงบิดของกล้ามเนื้อก่อนให้โปรแกรมที่ทำให้เกิดความล้า ก่อนการทดลอง หลังการทดลองทันที และหลังการทดลอง 12 นาที ของการใช้โฟมโรลลิ่ง

ตัวแปร	แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p-value
ท่าเหยียดเข่า (Extension)						
ค่าแรงบิดของกล้ามเนื้อ (นิวตันเมตร)	ระหว่างการใช้โฟมโรลลิ่ง	38185.35 15214.11	3 48	12728.45 316.96	40.16	.000*
ท่างอเข่า (Flexion)						
ค่าแรงบิดของกล้ามเนื้อ (นิวตันเมตร)	ระหว่างการใช้โฟมโรลลิ่ง	42631.78 13165.45	3 48	14210.59 274.28	51.81	.000*

*p < .05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตารางที่ 12 พบว่าการใช้โฟมโรลลิ่งมีค่าเฉลี่ยของค่าแรงบิดของกล้ามเนื้อ ก่อนให้โปรแกรมที่ทำให้เกิดความล้า ก่อนการทดลอง หลังการทดลองทันที และหลังการทดลอง 12 นาที ในท่าเหยียดเข่าและงอเข่า แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 13 เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ของค่าแรงบิดของกล้ามเนื้อ ท่าเหยียดเข่า (Extension) ก่อนให้โปรแกรมที่ทำให้เกิดความล้า ก่อนการทดลอง หลังการทดลองทันที และหลังการทดลอง 12 นาที ของการใช้โฟมโรลลิ่ง

ช่วงเวลา	$\bar{X}$	ก่อนให้โปรแกรมที่ทำให้เกิดความล้า	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลองทันที	หลังการทดลอง 12 นาที
		137.97	81.25	134.90	134.83
ก่อนให้โปรแกรมที่ทำให้เกิดความล้า	137.97	-	56.72*	3.07	3.14
ก่อนการทดลอง	81.25		-	53.65*	53.58*
หลังการทดลองทันที	134.90			-	0.08
หลังการทดลอง 12 นาที	134.83				-

*p < .05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตารางที่ 13 เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ค่าแรงบิดของกล้ามเนื้อ ท่าเหยียดเข่า (Extension) การใช้โฟมโรลลิ่ง พบว่า ก่อนให้โปรแกรมที่ทำให้เกิดความล้า หลังการทดลองทันที และหลังการทดลอง 12 นาทีแตกต่างกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 14 เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ของค่าแรงบิดของกล้ามเนื้อ ท่างอเข่า (Flexion) ก่อนให้โปรแกรมที่ทำให้เกิดความล้า ก่อนการทดลอง หลังการทดลองทันที และหลังการทดลอง 12 นาที ของการใช้โฟมโรลลิ่ง

ช่วงเวลา	$\bar{X}$	ก่อนให้โปรแกรมที่ทำให้เกิดความล้า	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลองทันที	หลังการทดลอง 12 นาที
		125.79	64.53	120.92	119.60
ก่อนให้โปรแกรมที่ทำให้เกิดความล้า	125.79	-	61.27*	4.87	6.19
ก่อนการทดลอง	64.53		-	56.39*	55.07*
หลังการทดลองทันที	120.92			-	1.32
หลังการทดลอง 12 นาที	119.60				-

*p < .05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตารางที่ 14 เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ค่าแรงบิดของกล้ามเนื้อ ท่างอเข่า (Flexion) การใช้โฟมโรลลิ่ง พบว่า ก่อนให้โปรแกรมที่ทำให้เกิดความล้า หลังการทดลองทันที และหลังการทดลอง 12 นาทีแตกต่างกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 15 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำของค่าเฉลี่ยของค่าแรงบิดของกล้ามเนื้อก่อนให้โปรแกรมที่ทำให้เกิดความล้า ก่อนการทดลอง หลังการทดลองทันที และหลังการทดลอง 12 นาที ของการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหว

ตัวแปร	แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p-value
ท่าเหยียดเข่า (Extension)						
ค่าแรงบิดของกล้ามเนื้อ (นิวตันเมตร)	ระหว่างการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหว	29599.24	3	9866.41	37.95	.000*
		12478.76	48	259.97		
ท่างอเข่า (Flexion)						
ค่าแรงบิดของกล้ามเนื้อ (นิวตันเมตร)	ระหว่างการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหว	36274.26	3	12091.42	36.83	.000*
		15759.96	48	328.33		

*p < .05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตารางที่ 15 พบว่าการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหวมีค่าเฉลี่ยของค่าแรงบิดของกล้ามเนื้อก่อนให้โปรแกรมที่ทำให้เกิดความล้า ก่อนการทดลอง หลังการทดลองทันที และหลังการทดลอง 12 นาที ในท่าเหยียดเข่าและงอเข่า แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 16 เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ของค่าแรงบิดของกล้ามเนื้อ ท่าเหยียดเข่า (Extension) ก่อนให้โปรแกรมที่ทำให้เกิดความล้า ก่อนการทดลอง หลังการทดลองทันที และหลังการทดลอง 12 นาที ของการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหว

ช่วงเวลา	$\bar{X}$	ก่อนให้โปรแกรมที่ทำให้เกิดความล้า	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลองทันที	หลังการทดลอง 12 นาที
		106.81	80.82	128.92	133.38
ก่อนให้โปรแกรมที่ทำให้เกิดความล้า	106.81	-	25.99*	22.11*	26.57*
ก่อนการทดลอง	80.82		-	48.09*	52.55*
หลังการทดลองทันที	128.92			-	4.46
หลังการทดลอง 12 นาที	133.38				-

*p < .05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตารางที่ 16 เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ค่าแรงบิดของกล้ามเนื้อ ท่าเหยียดเข่า (Extension) การฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหว พบว่า ก่อนการทดลอง หลังการทดลองทันที และหลังการทดลอง 12 นาทีแตกต่างกับก่อนให้โปรแกรมที่ทำให้เกิดความล้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และหลังการทดลองทันที หลังการทดลอง 12 นาทีแตกต่างกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 17 เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ของค่าแรงบิดของกล้ามเนื้อ ท่างอเข่า (Flexion) ก่อนให้โปรแกรมที่ทำให้เกิดความล้า ก่อนการทดลอง หลังการทดลองทันที และหลังการทดลอง 12 นาที ของการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหว

ช่วงเวลา	$\bar{X}$	ก่อนให้โปรแกรมที่ทำให้เกิดความล้า	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลองทันที	หลังการทดลอง 12 นาที
		98.41	62.61	115.99	121.86
ก่อนให้โปรแกรมที่ทำให้เกิดความล้า	98.41	-	35.80*	17.58	23.45
ก่อนการทดลอง	62.61		-	53.38*	59.25*
หลังการทดลองทันที	115.99			-	5.88
หลังการทดลอง 12 นาที	121.86				-

*p < .05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตารางที่ 17 เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ค่าแรงบิดของกล้ามเนื้อ ท่างอเข่า (Flexion) การฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหว พบว่า ก่อนให้โปรแกรมที่ทำให้เกิดความล้า หลังการทดลองทันที และหลังการทดลอง 12 นาทีแตกต่างกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 18 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำของค่าเฉลี่ยของระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือด ก่อนให้โปรแกรมที่ทำให้เกิดความล้า ก่อนการทดลอง หลังการทดลองทันที และหลังการทดลอง 12 นาที ของการใช้โฟมโรลลิ่ง

ตัวแปร	แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p-value
ระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือด (มิลลิโมลต่อลิตร)	ระหว่างการใช้โฟมโรลลิ่ง	270.20 61.99	3 48	90.07 1.29	69.74	.000*

*p < .05

จากตารางที่ 18 พบว่าการใช้โฟมโรลลิ่งมีค่าเฉลี่ยของของระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือด ก่อนให้โปรแกรมที่ทำให้เกิดความล้า ก่อนการทดลอง หลังการทดลองทันที และหลังการทดลอง 12 นาที แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 19 เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ของระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือด ก่อนให้โปรแกรมที่ทำให้เกิดความล้า ก่อนการทดลอง หลังการทดลองทันที และหลังการทดลอง 12 นาที ของการใช้โฟมโรลลิ่ง

ช่วงเวลา	$\bar{X}$	ก่อนให้โปรแกรมที่ทำให้เกิดความล้า	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลองทันที	หลังการทดลอง 12 นาที
		1.89	7.44	5.30	4.31
ก่อนให้โปรแกรมที่ทำให้เกิดความล้า	1.89	-	5.55*	3.41*	2.42*
ก่อนการทดลอง	7.44		-	2.14*	3.12*
หลังการทดลองทันที	5.30			-	0.99*
หลังการทดลอง 12 นาที	4.31				-

*p < .05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตารางที่ 19 เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ของระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือด การใช้โฟมโรลลิ่ง พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 20 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำของค่าเฉลี่ยของระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือด ก่อนให้โปรแกรมที่ทำให้เกิดความล้า ก่อนการทดลอง หลังการทดลองทันที และหลังการทดลอง 12 นาที ของการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหว

ตัวแปร	แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p-value
ระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือด (มิลลิโมลต่อลิตร)	ระหว่างการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหว	229.78	3	76.59	33.33	.000*
		110.31	48	2.30		

*p < .05

จากตารางที่ 20 พบว่าการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหวมีค่าเฉลี่ยของระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือด ก่อนให้โปรแกรมที่ทำให้เกิดความล้า ก่อนการทดลอง หลังการทดลองทันที และหลังการทดลอง 12 นาที แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 21 เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ของระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือด ก่อนให้โปรแกรมที่ทำให้เกิดความล้า ก่อนการทดลอง หลังการทดลองทันที และหลังการทดลอง 12 นาที ของการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหว

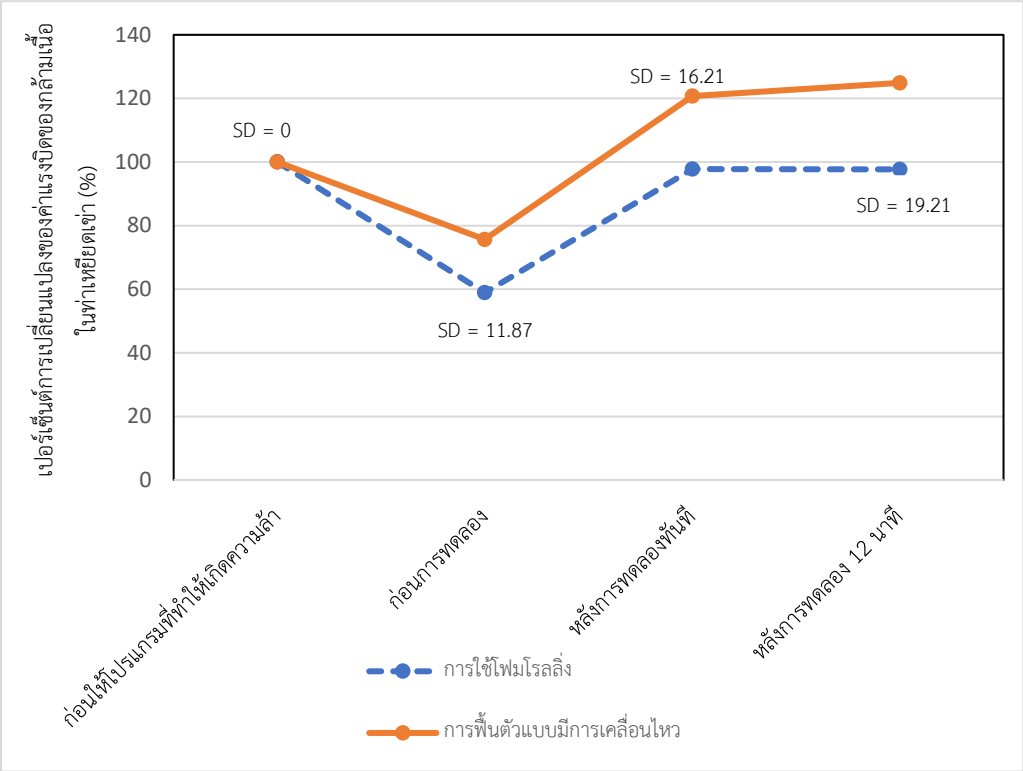
ช่วงเวลา	$\bar{X}$	ก่อนให้โปรแกรมที่ทำให้เกิดความล้า	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลองทันที	หลังการทดลอง 12 นาที
		1.95	7.05	5.32	4.48
ก่อนให้โปรแกรมที่ทำให้เกิดความล้า	1.89	-	5.10*	3.37*	2.54*
ก่อนการทดลอง	7.05		-	1.73	2.57*
หลังการทดลองทันที	5.32			-	0.84
หลังการทดลอง 12 นาที	4.48				-

*p < .05

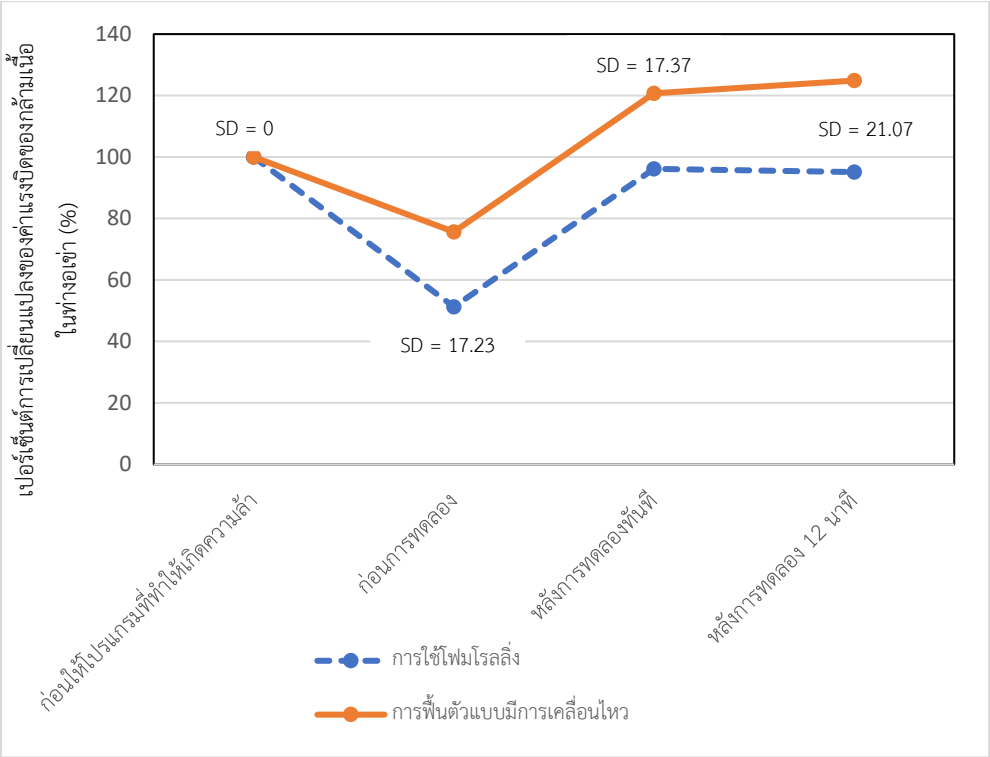
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตารางที่ 21 เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ของระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือด การฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหว พบว่า ก่อนการทดลอง หลังการทดลองทันที และหลังการทดลอง 12 นาทีแตกต่างกับก่อนให้โปรแกรมที่ทำให้เกิดความล้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และหลังการทดลอง 12 นาทีแตกต่างกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

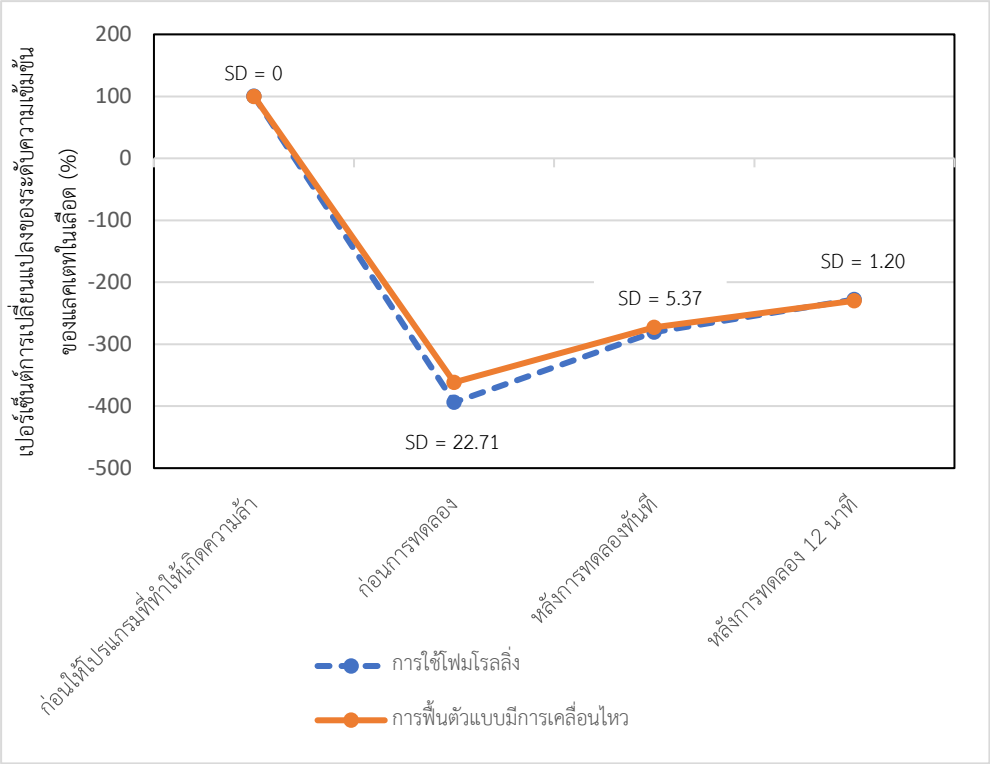
ตอนที่ 5 แผนภูมิเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของค่าแรงบิดของกล้ามเนื้อ และค่าเฉลี่ยของระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือด ก่อนให้โปรแกรมที่ทำให้เกิดความล้า ก่อนการทดลอง หลังการทดลองทันที และหลังการทดลอง 12 นาที ของการใช้โฟมโรลลิ่ง และการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหว



แผนภูมิที่ 1 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของค่าแรงบิดของกล้ามเนื้อ ในท่าเหยียดเข่า (Extension) ก่อนให้โปรแกรมที่ทำให้เกิดความล้า ก่อนการทดลอง หลังการทดลองทันที และหลังการทดลอง 12 นาที ระหว่างการใช้โฟมโรลลิ่ง และการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหว



แผนภูมิที่ 2 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของค่าแรงบิดของกล้ามเนื้อ ในท่างอเข่า (Flexion) ก่อนให้โปรแกรมที่ทำให้เกิดความล้า ก่อนการทดลอง หลังการทดลองทันที และหลังการทดลอง 12 นาที ระหว่างการใช้โฟมโรลลิ่ง และการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหว



แผนภูมิที่ 3 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือด ก่อนให้โปรแกรมที่ทำให้เกิดความล้า ก่อนการทดลอง หลังการทดลองทันที และหลังการทดลอง 12 นาที ระหว่างการใช้โฟมโรลลิ่ง และการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหว

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลของการใช้โฟมโรลลิ่งและการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหวที่มีต่อแรงบิดและระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดในนักกีฬาฟุตซอล กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักกีฬาฟุตซอลของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2559 เพศชาย อายุระหว่าง 18-24 ปี จำนวน 17 คน โดยผู้เข้าร่วมวิจัยเป็นบุคคลที่มีสุขภาพดี และไม่มีปัญหาด้านการบาดเจ็บเกี่ยวกับกระดูกและกล้ามเนื้อที่เป็นอุปสรรคต่อการทำวิจัย และยินยอมให้เจาะเลือดและสามารถเข้าร่วมได้ตลอดจนสิ้นสุดการวิจัย โดยที่ผู้เข้าร่วมวิจัยทุกคนเข้ารับโปรแกรมที่ทำให้เกิดความล้าด้วยเครื่องไอโซคิเนติกแล้วเข้ารับการทดลองทั้ง 2 รูปแบบ คือ การใช้โฟมโรลลิ่ง และการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหว เป็นเวลา 8 นาที การทดลองแต่ละรูปแบบจะเว้นระยะห่างอย่างน้อย 1 สัปดาห์ ทำการบันทึกค่าแรงบิดของกล้ามเนื้อและระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือด ก่อนให้โปรแกรมที่ทำให้เกิดความล้า ก่อนการทดลอง หลังการทดลองทันที และหลังการทดลอง 12 นาที

นำผลที่ได้มาวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่าแรงบิดของกล้ามเนื้อ และระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือด ระหว่างก่อนการทดลอง และหลังการทดลองทันที ของการใช้โฟมโรลลิ่ง และการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหว และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่าแรงบิดของกล้ามเนื้อ และระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือด หลังการทดลองทันที ระหว่างการใช้โฟมโรลลิ่ง และการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหว ด้วยค่าทีรายคู่ (Paired t-test) และวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำ (One-way ANOVA with repeated measures) ของค่าเฉลี่ยของค่าแรงบิดของกล้ามเนื้อ และค่าเฉลี่ยของระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือด ก่อนให้โปรแกรมที่ทำให้เกิดความล้า ก่อนการทดลอง หลังการทดลองทันที และหลังการทดลอง 12 นาที ของการใช้โฟมโรลลิ่ง และการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหว ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

ผลการวิจัยพบว่า

1. กลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 17 คน มีอายุเฉลี่ยเท่ากับ 20.18 ± 1.74 ปี ส่วนสูงเฉลี่ยเท่ากับ 171.59 ± 4.03 เซนติเมตร น้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 63.79 ± 6.50 กิโลกรัม ดัชนีมวลกายเฉลี่ยเท่ากับ 21.65 ± 1.96 กิโลกรัมต่อตารางเมตร เปอร์เซ็นต์ไขมันใต้ผิวหนังเฉลี่ยเท่ากับ 13.11 ± 4.13 เปอร์เซ็นต์ และอัตราการเต้นของหัวใจขณะพักเฉลี่ยเท่ากับ 69.88 ± 9.47 ครั้งต่อนาที

2. ค่าเฉลี่ยของค่าแรงบิดของกล้ามเนื้อ และระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือด ระหว่างก่อนการทดลอง และหลังการทดลองทันที ของการใช้โฟมโรลลิ่ง และการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหว พบว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ค่าเฉลี่ยของค่าแรงบิดของกล้ามเนื้อ และระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือด หลังการทดลองทันที ของการใช้โฟมโรลลิ่ง และการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหว พบว่าไม่แตกต่างกัน

4. ค่าเฉลี่ยของค่าแรงบิดของกล้ามเนื้อ และค่าเฉลี่ยของระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือด ก่อนให้โปรแกรมที่ทำให้เกิดความล้า ก่อนการทดลอง หลังการทดลองทันที และหลังการทดลอง 12 นาที ของการใช้โฟมโรลลิ่ง และการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหว พบว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

อภิปรายผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ศึกษาและเปรียบเทียบผลของการใช้โฟมโรลลิ่งและการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหวที่มีต่อแรงบิดและระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือด โดยทำการศึกษาผลของการทำให้ร่างกายสามารถฟื้นตัวแบบทันทีทันใด (Acute effect) จากการศึกษาพบว่าค่าเฉลี่ยของค่าแรงบิดของกล้ามเนื้อ และค่าเฉลี่ยของระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือด เมื่อเปรียบเทียบก่อนการทดลองและหลังการทดลองทันทีของการใช้โฟมโรลลิ่ง และการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหว พบว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่เมื่อเปรียบเทียบหลังการทดลองทันที ระหว่างการใช้โฟมโรลลิ่ง และการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหว พบว่าไม่แตกต่างกัน ซึ่งไม่สอดคล้องกับสมมุติฐานที่ตั้งไว้ จึงอภิปรายผลดังรายละเอียดดังต่อไปนี้

1.ค่าเฉลี่ยแรงบิดของกล้ามเนื้อ เมื่อเปรียบเทียบก่อนการทดลองและหลังการทดลองทันทีของการใช้โฟมโรลลิ่ง และการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหวพบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จากผลการทดลองพบว่า ก่อนให้โปรแกรมที่ทำให้เกิดความล้ามีค่าเฉลี่ยแรงบิดของกล้ามเนื้อในการใช้โฟมโรลลิ่ง และการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหวมีค่าสูงกว่าค่าก่อนการทดลอง เนื่องจากก่อนการทดลองกล้ามเนื้อมีความล้าจากโปรแกรมที่ให้เกิดความกล้า โดยดัดแปลงมาจากโปรแกรมที่ทำให้เกิดความล้าของมัฟเฟียเลิททีและคณะ (Maffiuletti *et al.,* 2007) ซึ่งถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร์ และสิทธา พงษ์พิบูลย์ (2554) กล่าวว่า ความล้าของกล้ามเนื้อ (Muscle fatigue) เป็นปรากฏการณ์ที่ซับซ้อนเป็นผลมาจากความบกพร่องของหลายกระบวนการในระบบประสาทและกล้ามเนื้อและแหล่งพลังงาน ผลลัพธ์จากความล้าของกล้ามเนื้อคือการสูญเสียแรงที่กล้ามเนื้อผลิตออกมาชั่วคราว ความล้าของกล้ามเนื้อในนักกีฬาจะเกิดขึ้นจากการฝึกซ้อมและแข่งขันมากกว่าคนทั่วไปเป็นเหตุให้ความสามารถทางกีฬาลดลงมาก สอดคล้องกับ รัชฎา แก่นสาร์ และคณะ (2557) กล่าวว่าความล้าของกล้ามเนื้อ ทำให้ความสามารถในการหดตัวลดลงจนถึงกล้ามเนื้ออาจไม่มีการหดตัวเลย มักเกิดขึ้นหลังจากทำงานหนักเป็นเวลานาน ๆ หรือออกกำลังกายอย่างหนัก กล้ามเนื้อล้าเกิดจากมีการสะสมของคาร์บอนไดออกไซด์ ภายในกล้ามเนื้อมีไฮโดรเจนไอออนเพิ่มขึ้น ทำให้โปรตีนแอคทินและไมโอซินเคลื่อนที่ช้าลง และสอดคล้องกับ Plowman and Denise (1998) กล่าวว่าการล้าของกล้ามเนื้อสังเกตได้จากการลดลงของแรงและอัตราเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อ (Muscle contraction) ซึ่งมีสาเหตุจากการยับยั้งของเอนไซม์แอคโทไมโอซิน เอทีพีเอส ซึ่งทำให้เอทีพีแตกตัวเพื่อใช้เป็นพลังงานในการหดตัวของกล้ามเนื้อ และอีกหนึ่งสาเหตุคือ การที่ไฮโดรเจนไอออนส่งผลในการรบกวนการทำงานและการส่งถ่ายแคลเซียมไอออนที่ทำหน้าที่ในการกระตุ้นและช่วยในการหดตัว

ของกล้ามเนื้อรวมไปถึงกระบวนการของโปรตีนครอสบริดก์ในเส้นใยกล้ามเนื้อด้วย ซึ่งระดับของแลคเตทไอออนที่มีปริมาณสูงขึ้นนี้ก็จะส่งผลรบกวนต่อกระบวนการของโปรตีนครอสบริดก์เช่นกัน และจะทำให้แรงและความเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อลดลงด้วย จากนั้นค่าเฉลี่ยแรงบิดของกล้ามเนื้อหลังการทดลองทันที และหลังการทดลอง 12 นาทีกลับขึ้นมาสูงอีกครั้ง เนื่องจากได้รับการฟื้นตัวทั้งสองรูปแบบ และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างการใช้โฟมโรลลิ่ง และการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหวพบว่า ไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยแรงบิดของกล้ามเนื้อ หลังการทดลองทันทีพบว่า ค่าเฉลี่ยแรงบิดของกล้ามเนื้อของการใช้โฟมโรลลิ่งมีค่าที่มากกว่าการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหว จากรายงานวิจัยของ Edmunds *et al.* (2016) พบว่า การใช้โฟมโรลลิ่งในการฟื้นตัวของกล้ามเนื้อควอดไดรเซปส์และกล้ามเนื้อแฮมสตริงส์หลังออกกำลังกายอย่างหนักจะช่วยเพิ่มแรงกล้ามเนื้อ เนื่องจากการใช้โฟมโรลลิ่งเป็นการนวดด้วยตนเองที่สามารถลดอาการปวดเมื่อยและช่วยในการฟื้นตัวได้อย่างรวดเร็ว (Vigotsky *et al*., 2015) ซึ่งสอดคล้องกับ MacDonald *et al*. (2013) กล่าวว่า การใช้โฟมโรลลิ่งจะปรับความสมดุลของกล้ามเนื้อ บรรเทาอาการปวดกล้ามเนื้อ บรรเทาความตึงเครียด ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของกล้ามเนื้อ และช่วยเพิ่มช่วงของการเคลื่อนไหว ดังนั้นการใช้โฟมโรลลิ่ง จึงอาจจะทำให้ปริมาณการไหลเวียนเลือดไปยังกล้ามเนื้อที่ได้รับการนวดเพิ่มขึ้น ซึ่งการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหวเป็นการฟื้นตัวทั้งร่างกาย อาจจะทำให้กล้ามเนื้อบริเวณที่มีความล้ามีการไหลเวียนของเลือดน้อยกว่า และการเพิ่มขึ้นของการไหลเวียนเลือดนั้น จะทำให้เพิ่มความเร็วและความแรงในการหดตัวของกล้ามเนื้อ โดยการสันดาปพลังงานเพิ่มขึ้น (Woods *et al*., 2007) ซึ่งสอดคล้องกับเจริญ กระบวนรัตน์ (2538) กล่าวว่า การเพิ่มปริมาณเลือดที่จะไปเลี้ยงอวัยวะต่าง ๆ รวมถึงกล้ามเนื้อส่วนต่าง ๆ ของร่างกายเพื่อส่งสารอาหารและออกซิเจนไปกับเลือดที่จะนำไปใช้ผลิตเป็นพลังงานต่อเนื่องต่อไปได้ มีผลให้อัตราเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ Anna Mika (2016) ทำการวิจัยเปรียบเทียบการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหวกับการนั่งเฉย ๆ พบว่า แรงบิด, งาน และกำลัง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สามารถลดความเมื่อยล้าในกล้ามเนื้อได้

2.ค่าเฉลี่ยของระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือด เมื่อเปรียบเทียบก่อนการทดลองและหลังการทดลองทันทีของการใช้โฟมโรลลิ่ง และการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหวพบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จากผลการทดลองพบว่า ก่อนให้โปรแกรมที่ทำให้เกิดความล้าค่าเฉลี่ยของระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดของกการใช้โฟมโรลลิ่ง และการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหวมีค่าต่ำกว่า ค่าก่อนการทดลอง เพราะเมื่อให้โปรแกรมที่ทำให้เกิดความล้า ค่าเฉลี่ยของระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดที่สูงขึ้น เนื่องจากภายหลังจากออกกำลังกาย จะมีกรดแลคติก

คั่งอยู่ในกล้ามเนื้อและในเลือดจึงทำให้มีการเมื่อยล้า การฟื้นตัวย่อมต้องการการเคลื่อนย้ายกรดแลคเตทออกไปก่อน (ชูศักดิ์ เวชแพศย์ และกันยา ปาละวิวัธน์, 2536) ซึ่งกรดแลคเตทเกิดจากการสลายกลูโคสโดยไม่ใช้ออกซิเจนจากกระบวนการไกลโคไลซิส ถ้าร่างกายได้รับออกซิเจนไม่เพียงพอ จะทำให้มีกรดแลคเตทสะสมมากขึ้น จากนั้นค่าเฉลี่ยของระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดหลังการทดลองทันที และหลังการทดลอง 12 นาทีก็ค่อย ๆ ลดต่ำลง เนื่องจากได้รับการฟื้นตัวทั้งสองรูปแบบ ซึ่งจะช่วยเพิ่มการเคลื่อนย้ายกรดแลคเตทออกไป และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างการใช้โฟมโรลลิ่ง และการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหวพบว่า ไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยของระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือด หลังการทดลองทันทีพบว่า การใช้โฟมโรลลิ่งสามารถเคลื่อนย้ายกรดแลคเตทในเลือดได้ดีกว่าการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหว ด้วยเหตุผลข้างต้น คือ การใช้โฟมโรลลิ่งเป็นการนวดด้วยตนเองที่สามารถลดอาการปวดเมื่อยและช่วยในการฟื้นตัวได้อย่างรวดเร็ว (Vigotsky *et al*., 2015) เนื่องจากโฟมโรลเลอร์มีพื้นผิวสัมผัสหลากหลายระดับ ทำให้มีความหลากหลายของระดับความหนักในการกด เปรียบเทียบได้กับส่วนต่าง ๆ ของมือ ได้แก่ ฝ่ามือ นิ้วมือ จากการศึกษาของ Curran *et al.* (2008) ที่ได้ทำการศึกษาโฟมโรลเลอร์ที่มีลักษณะพื้นที่สัมผัสหลากหลายระดับ เกี่ยวกับแรงดันที่มีผลต่อเนื้อเยื่ออ่อน และพื้นที่สัมผัส พบว่า โฟมโรลเลอร์ที่มีลักษณะพื้นที่สัมผัสหลากหลายระดับมีแรงดันที่ส่งผลต่อการทำงานเนื้อเยื่ออ่อน มากกว่าโฟมโรลเลอร์แบบผิวเรียบ การศึกษาของ D'Amico and Paolone (2017) พบว่า ระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดภายในกลุ่มการใช้โฟมโรลลิ่งและกลุ่มการนั่งพักเฉย ๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เปรียบเทียบระหว่างกลุ่มไม่พบความแตกต่าง ซึ่งสอดคล้องกับ MacDonald *et al*. (2013) กล่าวว่า การใช้โฟมโรลลิ่งจะปรับความสมดุลของกล้ามเนื้อ บรรเทาอาการปวดกล้ามเนื้อ บรรเทาความตึงเครียด ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของกล้ามเนื้อ และช่วยเพิ่มช่วงของการเคลื่อนไหว ดังนั้นการใช้โฟมโรลลิ่ง จึงอาจจะทำให้ปริมาณการไหลเวียนเลือดไปยังกล้ามเนื้อที่ได้รับการนวดเพิ่มขึ้น ซึ่งสามารถเคลื่อนย้ายกรดแลคเตทได้ดีกว่าการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหว ซึ่ง Foss and Keteyian (1998) พบว่าถ้ามีการออกกำลังกายเบา ๆ แทนที่จะให้พักอยู่เฉย ๆ จะทำให้การเคลื่อนย้ายกรดแลคเตทจากเลือดและกล้ามเนื้อเกิดได้เร็วขึ้น เพราะจะช่วยเพิ่มการไหลเวียนเลือด ทำให้การเคลื่อนย้ายของเสียออกจากกล้ามเนื้อและเลือดเร็วขึ้น สำหรับการวิจัยนี้ได้ใช้การฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหว ที่ระดับความหนัก 40-45% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด สอดคล้องกับ American College of Sports and Medicine (2000) กล่าวว่า ความหนักของการออกกำลังกายที่ 30-45 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด จะทำให้มีการเคลื่อนย้ายกรดแลคเตทจากเลือดได้เร็วที่สุด ซึ่งเทียบได้กับอัตราการเต้นหัวใจสูงสุดที่ 35-59 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด

จากการวิจัยครั้งนี้สรุปได้ว่า การใช้โฟมโรลลิ่งและการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหวที่มีต่อแรงบิดและระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดในนักกีฬาฟุตซอล ไม่แตกต่างกัน เนื่องจากทั้ง 2 รูปแบบ ทำให้ร่างกายสามารถฟื้นตัวจากความเมื่อยล้าได้ โดยการเพิ่มการไหลเวียนเลือด ทำให้เคลื่อนย้ายของเสีย คือ แลคเตทในเลือด ไฮโดรเจนไอออน และคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากกล้ามเนื้อและเลือดได้เร็วขึ้น นอกจากนี้การเพิ่มการไหลเวียนเลือดยังช่วยเพิ่มออกซิเจนในเลือด ทำให้กล้ามเนื้อสามารถสร้างพลังงานได้เพิ่มขึ้น ส่งผลให้การหดตัวของกล้ามเนื้อกลับมาทำงานได้ดีขึ้น เนื่องจากมีออกซิเจนที่เพียงพอสำหรับการสังเคราะห์ฟอสโฟครีเอทินและทดแทนออกซิเจนที่ฮีโมโกลบิน ไมโอโกลบิน และของเหลวในร่างกาย จึงทำให้แรงบิดของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นและสามารถทำให้ระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดลดลง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

ในการแข่งขันกีฬาที่มีช่วงพักลการแข่งขันระหว่าง 10-15 นาที นักกีฬาสามารถนำโฟมโรลเลอร์ไปใช้ในการนวดตนเองได้ หรือการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหวไปปฏิบัติได้ตามสถานการณ์ที่เหมาะสม เพื่อเป็นการฟื้นตัวระหว่างช่วงพักของการแข่งขัน

ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยในครั้งต่อไป

1.ควรมีการศึกษาเปรียบเทียบผลการใช้โฟมโรลลิ่งกับการฟื้นตัวด้วยวิธีการอื่น ๆ เช่น การยืดเหยียดกล้ามเนื้อ การนวด การใช้ความเย็น เป็นต้น

2.ศึกษาอุปกรณ์โฟมโรลเลอร์ในการนวดกล้ามเนื้อนักกีฬาในสถานการณ์การแข่งขันจริง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กรกต ศรีกวีเพชรรัตน์. (2552). *ผลระยะเฉียบพลันของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ แบบเคลื่อนที่และแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อที่มีต่อแรงเชิงมุมสูงสุดของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

กรมพลศึกษา. (2555). *คู่มือผู้ฝึกสอนกีฬาฟุตซอล T-Certificate: Futsal Referee Guide*. กรุงเทพมหานคร: องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก ในพระบรมราชูปถัมภ์.

กรมพลศึกษา. (2556). *การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบ Dynamic Stretching สำหรับนักกีฬา*. กรุงเทพมหานคร: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

กรมพลศึกษา. (2558). *ลักษณะของสัดส่วนร่างกายและสมรรถภาพทางกลไกของนักกีฬาฟุตซอลระดับเยาวชนไทย*. พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพมหานคร: วีรวรรณ พริ้นติ้งค์ แอนด์ แพ็คเก็จจิ้ง.

เจริญ กระบวนรัตน์. (2552). *การยืดเหยียดกล้ามเนื้อ.* กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชูศักดิ์ เวชแพศย์ และกันยา ปาละวิวัธน์. (2536). *สรีรวิทยาของการออกกำลังกาย.* กรุงเทพมหานคร: ธรรกมล.

ณธพล ทองธนภัทร. (2553). ผลของกิจกรรมสี่แบบที่มีต่อการฟื้นตัวในระยะเวลาจำกัด. *วารสารวิชาการ สถาบันการพลศึกษา*, 3(1), 131-144.

ณัฐชนนท์ ซังพุก, บุญส่ง โกสะ, ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร์ และณัฐยา แก้วมุกดา. (2559). ผลของรูปแบบการฟื้นสภาพภายหลังการออกกำลังกายที่มีต่อระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกและอัตราการเต้นของหัวใจในนักกีฬาฟุตบอล. *วารสารวิชาการ สถาบันการพลศึกษา*, 8(2) 159-174.

ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร์ และสิทธา พงษ์พิบูลย์. (2554). *สรีรวิทยาการออกกำลังกาย.* กรุงเทพมหานคร: คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

บุญสิตา สายวุฒิกุล, อาภัสรา อัครพันธุ์ และราตรี เรืองไทย. (2554). ผลของการฟื้นตัวด้วยการให้ออกซิเจนต่อความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือดแลคเตทในเลือดและความเร็วในการวิ่งของนักฟุตซอล. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการกีฬา*, 11(1), 223-235.

บุญสิตา สายวุฒิกุล. (2554). *ผลของการฟื้นตัวด้วยการให้ออกซิเจนและการมีกิจกรรมการเคลื่อนไหวต่อความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือด กรดแลคติกในเลือด และความสามารถของนักกีฬาฟุตซอล*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พรพิมล เหมือนใจ. (2557). เปรียบเทียบผลระหว่างการยืดกล้ามเนื้อแบบค้างและการนวดพีทริสซาจต่ออาการแสดงของการปวดกล้ามเนื้อเหยียดเข่าหลังกระตุ้นด้วยการออกกำลังกายแบบพลัยโอเมตริกในชายไทย. *วารสารเทคนิคการแพทย์และกายภาพบำบัด*, *26*(2), 158-168

พิชยา นพกาล, เกษม ใช้คล่องกิจ, สุรีพร อนุศาสนนันท์ และสมพร ส่งตระกูล. (2556). การเปรียบเทียบผลของการฟื้นตัวแบบมีกิจกรรมการเคลื่อนไหวที่ระดับความหนักต่างกันระหว่างเซตและภายหลังการฝึกด้วยแรงต้าน. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการกีฬา*, 13(1), 53-63.

พิชิต ภูติจันทร์. (2535). *สรีรวิทยาการออกกำลังกาย.* กรุงเทพมหานคร: โอเดียนสโตร์,

มนนต์ชัย อินทเรือง. (2551). *ผลของการพักแบบไม่มีจิกรรมเคลื่อนไหว การพักแบบมีกิจกรรมการเคลื่นไหว และการเดินจงกรมที่มีต่อกรดแลคติคในเลือดและอัตราการเต้นของหัวใจภายหลังการออกกำลังกาย*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

มลฑกาญจน์ หอมสุวรรณ. (2543). *ผลของการนวดแผนไทยที่มีต่อการเคลื่อนย้ายกรดแลคติคและการฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกายแบบแอโรบิค*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

รัชฎา แก่นสาร์, นงนุช โอบะ, ชุติมา จริตงาม และวิจิตรา ปัญญาชัย. (2557). *สรีรวิทยา 1.* พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพมหานคร: ธนาเพรส.

ราตรี สุดทรวง, จุไรพร สมบุญวงศ์, สมจิตร เอี่ยมอ่อง และอรอนงค์ กุละพัฒน์. (2546). *สรีรวิทยาพื้นฐาน เล่ม 1.* กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาสรีรวิทยา, คณะแพทยศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุภาพร โกเมนเอก. (2551). *การเปรียบเทียบผลของการฟื้นตัวหลังการออกกำลังกายด้วยวิธีการต่าง ๆ ต่อประสิทธิภาพในการทำงานของร่างกายในนักกีฬา*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อรัทยา ถนอมเมฆ. (2555). *ผลของความเข้มข้นของเครื่องดื่มผสมกลูโคสที่มีต่ออัตราการเต้นของหัวใจ ปริมาณแลคเตทและกลูโคสในเลือด ระยะฟื้นตัวหลังการออกกำลังกายของนักกีฬาหญิง.* (วิทยานิพนธ์ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต), มหาวิทยาลัยบูรพา.

อำพร ศรียาภัย. (2544). *ผลของการพัก การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่และการซาวน่าที่มีผลต่อระดับกรดแลคติกในเลือดและอัตราการเต้นของหัวใจ.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อิสริยา ทองห่อ. (2559). *ผลของวิธีการฟื้นตัวภายหลังออกกำลังกายที่มีต่อกรดแลคติกในเลือด อัตราการเต้นของหัวใจและสมรรถภาพเชิงแอนโรบิกในนักกีฬา.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยบูรพา.

ภาษาอังกฤษ

American College of Sports Medicine. (2000). *Guidelines for Exercise Testing and Training of the American College of Sports Medicine*. Baltimore, MD: Lippincott Williams and Wilkins.

Axen, K., and Axen, K. V. (2001). *Illustrated principles of exercise physiology.* San Francisco, CA: Benjamin Cummings.

Bompa, T., and Cornacchia, L. J. (1998). *Serious strength training: periodisation for building muscle power and mass*. Champaign, IL: Human Kinetics.

Brown, S. P., Miller, W. C., and Eason, J. M. (2006). *Exercise physiology*. Philadelphia, PA: Lippincott Williams and Wilkins.

Cohen, J. (1977). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (revised ed.). NY: Academic Press.

Curran, P. F., Fiore, R. D., and Crisco, J. J. (2008). A comparison of the pressure exerted on soft tissue by 2 myofascial rollers. *Journal of sport rehabilitation,* 17(4), 432-442.

D'Amico, A., and Paolone, V. (2017). The Effect of Foam Rolling on Recovery Between Two Eight Hundred Metre Runs. *Journal of Human Kinetics,* 57(1), 97-105.

de Moura, N. R., et al. (2012). Inflammatory response and neutrophil functions in players after a futsal match. *The Journal of Strength and Conditioning Research,* 26(9), 2507-2514.

Edmunds, R., et al. (2016). Effects of foam rolling versus static stretching on recovery of quadriceps and hamstrings force. *Journal of Bodywork and Movement Therapies,* 20(1), 146.

Foss, M. L., and Keteyian, S. J. (1998). *Fox's physiological basis for exercise and sport*. IA: William C. Brown.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Fox, E. L., and Mathews, D. K. (1981). *The physical Basis of physical Education and Athletes.* Philadelphia, PA: Saunders.

Freiwald, J., Baumgart, C., Kühnemann, M., and Hoppe, M. W. (2016). Foam-Rolling in sport and therapy–Potential benefits and risks: Part 2–Positive and adverse effects on athletic performance. *Sports Orthopaedics and Traumatology,* 32(3), 267-275.

Goodwin, J. E., Glaister, M., Howatson, G., Lockey, R. A., and McInnes, G. (2007). Effect of preperformance lower-limb massage on thirty-meter sprint running. *Journal of Strength and Conditioning Research,* 21(4), 1028.

Grant, J. C. B. (1962). *An Atlas of Anatomy: By Regions*. Philadelphia, PA: Lippincott Williams and Wilkins.

Gupta, S., Goswami, A., Sadhukhan, A. K., and Mathur, D. N. (1996). Comparative study of lactate removal in short term massage of extremities, active recovery and a passive recovery period after supramaximal exercise sessions. *International journal of sports medicine,* 17(02), 106-110.

Hall, J. E. (2006). *Guyton and Hall Textbook of medical physiology (11thed.).* AMS: Elsevier.

Karpovich, P. V., and Sinning, W. E. (1971). *Physiology of muscular activity.* Philadelphia, PA: Lippincott Williams and Wilkins.

Karpovich, P. V., and Sinning, W. E. (1953). Physiology of muscular activity. Philadelphia, PA: *W.B. Saunders*.

Kraemer, W. J., Fry, A. C., Ratamess, N., and French, D. (1995). Strength testing: development and evaluation of methodology. *Physiological assessment of human fitness,* 2, 119-150.

MacDonald, G. Z., et al. (2013). An acute bout of self-myofascial release increases range of motion without a subsequent decrease in muscle activation or force. *The Journal of Strength & Conditioning Research,* 27(3), 812-821.

Maffiuletti, N. A., Bizzini, M., Desbrosses, K., Babault, N., and Munzinger, U. (2007). Reliability of knee extension and flexion measurements using the Con-Trex

isokinetic dynamometer. *Clinical physiology and functional imaging,* 27(6), 346-353.

Markovic, G. (2015). Acute effects of instrument assisted soft tissue mobilization vs. foam rolling on knee and hip range of motion in soccer players. *Journal of Bodywork and Movement Therapies,* 19(4), 690-696.

McArdle, W. D., Katch, F. I., and Katch, V. L. (2000). *Essentials of exercise physiology.* Philadelphia, PA: Lippincott Williams and Wilkins.

Mika, A., et al. (2016). Comparison of Two Different Modes of Active Recovery on Muscles Performance after Fatiguing Exercise in Mountain Canoeist and Football Players. *PloS one,* 11(10), e0164216.

Pearcey, G. E., et al. (2015). Foam rolling for delayed-onset muscle soreness and recovery of dynamic performance measures. *Journal of athletic training,* 50(1), 5-13.

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

Peter, J. B., Barnard, R. J., Edgerton, V. R., Gillespie, C. A., and Stempel, K. E. (1972). Metabolic profiles of three fiber types of skeletal muscle in guinea pigs and rabbits. *Biochemistry,* 11(14), 2627-2633.

Plowman, S. A., and Smith, D. L. (1997). *Exercise physiology for health, fitness, and performance.* Boston, MA: Allyn and Bacon.

Powers, S. K., and Howley, E. T. (2007). *Exercise physiology : theory and applications to fitness and performance.* Boston, MA: McGraw-Hill.

Ramos-Campo, D. J., Rubio-Arias, J. A., Carrasco-Poyatos, M., and Alcaraz, P. E. (2016). Physical performance of elite and subelite Spanish female futsal players. *Biology of sport,* 33(3), 297.

Schleip, R., and Müller, D. G. (2013). Training principles for fascial connective tissues: scientific foundation and suggested practical applications. *Journal of Bodywork and Movement Therapies,* 17(1), 103-115.

Schroeder, A. N., and Best, T. M. (2015). Is self myofascial release an effective preexercise and recovery strategy? A literature review. *Current sports medicine reports,* 14(3), 200-208.

Shephard, R. J. (1994). *Aerobic fitness and health*. Champaign, IL: Human Kinetics.

Tptherapy. (2016) . *Trigger point: Grid foam roller.* [Online] Available from: https://www.tptherapy.com/product/GRID_FoamRoller [2016, July 27].

Vaeyens, R., Lenoir, M., Williams, A. M., and Philippaerts, R. M. (2007). Mechanisms underpinning successful decision making in skilled youth soccer players: An analysis of visual search behaviors. *Journal of Motor Behavior,* 39(5), 395-408.

Vigotsky, A. D., et al. (2015). Acute effects of anterior thigh foam rolling on hip angle, knee angle, and rectus femoris length in the modified Thomas test. *PeerJ,* 3, e1281.

Wilmore, J., Costill, D., and Kenny, D. (2008). *Physiology of sport and exercise (4th ed.).* Champaign, IL: Human Kinetics.

Woods, K., Bishop, P., and Jones, E. (2007). Warm-Up and Stretching in the Prevention of Muscular Injury. *Sports Medicine*. 37(12): 1089-1099.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก

ใบรับรองโครงการวิจัยจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน

AF 04-07

ข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

ชื่อโครงการวิจัย	ผลของการใช้โฟมโรลลิ่งที่มีต่อการฟื้นตัวของแรงและระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดในนักกีฬาฟุตซอล
ชื่อผู้วิจัย	นายณัฐพงษ์ ทองลอย ตำแหน่ง นิสิตปริญญาโท
สถานที่ติดต่อผู้วิจัย	คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถนนพระราม 1 ปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330
โทรศัพท์มือถือ	088-4666866 E-mail : 4meseek@gmail.com

1. ขอเรียนเชิญท่านเข้าร่วมในการวิจัยก่อนที่ท่านจะตัดสินใจเข้าร่วมในการวิจัย มีความจำเป็นที่ท่านควรทำความเข้าใจว่างานวิจัยนี้ทำเพราะเหตุใด และเกี่ยวข้องกับอะไร กรุณาใช้เวลาในการอ่านข้อมูลต่อไปนี้อย่างละเอียดรอบคอบ และสอบถามข้อมูลเพิ่มเติมหรือข้อมูลที่ไม่ชัดเจนได้ตลอดเวลา

2. โครงการนี้เกี่ยวข้องกับการวิจัยผลของการใช้โฟมโรลลิ่งที่มีต่อการฟื้นตัวของแรงและระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดในนักกีฬาฟุตซอล

3. วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้

1. เพื่อศึกษาผลของการใช้โฟมโรลลิ่งและการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหวที่มีต่อการฟื้นตัวของแรงและระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดในนักกีฬาฟุตซอล

2. เพื่อเปรียบเทียบผลของการใช้โฟมโรลลิ่งและการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหวที่มีต่อการฟื้นตัวของแรงและระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดในนักกีฬาฟุตซอล

4. รายละเอียดของกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักกีฬาฟุตซอล เพศชาย ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2559 อายุระหว่าง 18-24 ปี ทั้งหมด 20 คน โดยเลือกกลุ่มตัวอย่างเป็นการเลือกแบบเจาะจง กลุ่มตัวอย่างทุกคนจะได้รับการทดลองทั้ง 2 รูปแบบ ได้แก่ การใช้โฟมโรลลิ่ง และการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหว

เลขที่โครงการวิจัย 054.2/60
วันที่รับรอง 27 เม.ย. 2560
วันหมดอายุ 26 เม.ย. 2561

เกณฑ์การคัดเข้า (Inclusion Criteria)

1. ผู้เข้าร่วมวิจัยเป็นบุคคลที่มีสุขภาพดี และไม่มีปัญหาด้านการบาดเจ็บเกี่ยวกับกระดูกและกล้ามเนื้อ

2.ผู้เข้าร่วมวิจัยสมัครใจในการเข้าร่วมวิจัย ยินดีลงนามในใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัย และสามารถเข้าร่วมได้จนสิ้นสุดการวิจัย

เกณฑ์การคัดออก (Exclusion Criteria)

1.ผู้เข้าร่วมวิจัยได้รับยาที่มีผลต่อการทำงานของกล้ามเนื้อ เช่น ยาคลายกล้ามเนื้อ, ยาบรรเทาการอักเสบชนิดที่ไม่ใช่สเตียรอยด์ (NSAIDS), ยาคลายวิตกกังวล (Anxiolytic drugs) เป็นต้น

2.ผู้เข้าร่วมวิจัยมีความผิดปกติของหลอดเลือด ได้แก่ หลอดเลือดขอด หรือ หลอดเลือดอุดตัน

เลขที่โครงการวิจัย 054.2560
วันที่รับรอง 27 เม.ย. 2560
วันหมดอายุ 26 เม.ย. 2561

3.ผู้เข้าร่วมวิจัยมีความผิดปกติในการแข็งตัวของเลือดหรือกินยาที่มีผลต่อการแข็งตัวของเลือด

<u>เกณฑ์ยุติการเข้าร่วมวิจัย (Subject Withdrawal Criteria)</u>

1.ผู้เข้าร่วมวิจัยเกิดเหตุสุดวิสัยขึ้น และไม่สามารถเข้าร่วมการวิจัยต่อได้ เช่น เกิดอุบัติเหตุจนได้รับบาดเจ็บ มีอาการป่วย เป็นต้น

5. กระบวนการการวิจัยที่กระทำต่อกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย ผู้วิจัยประสานงานกับประธานชมรม และอาจารย์ที่ปรึกษาชมรมฟุตซอล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเพื่อขอความอนุเคราะห์กลุ่มตัวอย่าง จากนั้นให้นักกีฬาฟุตซอล เพศชาย ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ผู้วิจัยทำการสอบถามข้อมูลเบื้องต้นเพื่อเป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกนักกีฬาเข้าร่วมวิจัย เมื่อได้กลุ่มตัวอย่างแล้วผู้วิจัยทำการอธิบายชี้แจงต่าง ๆ เกี่ยวกับการดำเนินงานวิจัย และขั้นตอนการปฏิบัติอย่างละเอียดก่อนการทดลองจริง แก่กลุ่มตัวอย่าง เพื่อให้รับทราบและเข้าใจถึงวัตถุประสงค์ วิธีการดำเนินการทดลอง รวมทั้งเหตุผลที่เชิญเข้าร่วมในการวิจัยครั้งนี้ และเปิดโอกาสให้ซักถามข้อสงสัยได้ภายหลังการอธิบายรายละเอียดจนกระทั่งผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยมีความเข้าใจอย่างชัดเจน และให้ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยลงนามในใบยินยอมก่อนเข้าร่วมโครงการวิจัย หลังจากนั้น*ผู้วิจัยจะนัดกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมการวิจัยทั้งหมด 4 ครั้ง ณ ห้อง 2107 อาคารจุฬาพัฒน์ 8 คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยแบ่งเป็นการฝึกใช้โฟมโรลลิ่งนวดกล้ามเนื้อให้ตนเองก่อนการทดสอบจริงจำนวน 2 ครั้ง ครั้งละ 20 นาที ช่วงวันธรรมดาหลังเลิกเรียน ในครั้งแรกผู้วิจัยจะอธิบายพร้อมสาธิตวิธีการปฏิบัติการทำโฟมโรลลิ่งให้แก่กลุ่มตัวอย่าง และให้กลุ่มตัวอย่างลองฝึกปฏิบัติ ผู้วิจัยจะคอยให้คำแนะนำให้กลุ่มตัวอย่างปฏิบัติได้อย่างถูกต้อง ครั้งที่สองให้กลุ่มตัวอย่างฝึกปฏิบัติด้วยตนเอง และการทดลองจำนวน 2 ครั้ง โดยผู้วิจัยและผู้ช่วยวิจัยจะเป็นผู้ดำเนินการทดลองด้วยตนเอง กลุ่มตัวอย่างทั้ง 20 คนจะได้รับการทดลองทั้ง 2 รูปแบบ ได้แก่ การใช้โฟมโรลลิ่ง และการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหว ในการทดลองแต่ละครั้งจะใช้เวลาประมาณ 45 นาทีต่อคนต่อครั้ง และแต่ละรูปแบบจะเว้นระยะห่างอย่างน้อย 1 สัปดาห์* การวิจัยนี้มีการนำส่วนประกอบของร่างกายไปศึกษาด้วยการเจาะเลือดจากปลายนิ้วมือ บีบให้ได้หยดเลือดขนาดเท่าหัวเข็มหมุด (ประมาณ 1-3 ไมโครลิตร) จำนวนทั้งสิ้น 8 ครั้งต่อคน การเจาะเลือดโดยนักเทคนิคการแพทย์ เมื่อเสร็จสิ้นการวิจัยแล้วข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยจะถูกทำลายทิ้ง ทั้งนี้ก่อนการทดลองจริงจะให้กลุ่มตัวอย่างโดยการวิจัยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1.เก็บข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ น้ำหนัก, ส่วนสูง, ดัชนีมวลกาย, เปอร์เซ็นต์ไขมัน และชีพจรในขณะพัก

2.กลุ่มตัวอย่างได้รับการเจาะเลือดเพื่อวัดระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือด จากนั้นอบอุ่นร่างกายด้วยการวิ่งบนลู่วิ่งไฟฟ้า ที่ระดับความหนัก 70% ของอัตราการเต้นหัวใจสำรอง จำนวน 10 นาที และยืดเหยียดกล้ามเนื้อ ทั้งหมด 3 ท่า ท่าละ 30 วินาที

3.กลุ่มตัวอย่างเข้ารับโปรแกรมที่ทำให้เกิดความล้าด้วยเครื่องไอโซคิเนติก ในท่านั่งเหยียดเข่าและงอเข่า โดยใช้ขาด้านที่ตนเองถนัด ออกแรงสูงสุดต่อเนื่องกันจำนวน 20 ครั้ง ทั้งหมด 4 เซต พักระหว่างเซต 1 นาที

4.ให้กลุ่มตัวอย่างนั่งพักเฉย ๆ บนเก้าอี้ เป็นเวลา 5 นาที และรับการเจาะเลือดเพื่อวัดระดับ

AF 04-07
เลขที่โครงการวิจัย 054.2/
วันที่รับรอง 27 เม.ย. 2561
วันหมดอายุ 26 เม.ย. 2561

ความเข้มข้นของแลคเตทในเลือด

5.เข้ารับการทดลองในรูปแบบที่ 1 การใช้โฟมโรลลิ่งนวดกล้ามเนื้อด้วยตัวเอง

5.1 กลุ่มตัวอย่างจะใช้ใช้อุปกรณ์โฟมโรลเลอร์ บริเวณกล้ามเนื้อแฮมสตริงส์ เป็นเวลา 4 นาที และกล้ามเนื้อควอดไครเซปส์ เป็นเวลา 4 นาที โดยใน 1 นาที จะใช้เวลานวด 45 วินาที พัก 15 วินาที

5.2 กลุ่มตัวอย่างจะได้รับการเจาะเลือดเพื่อวัดระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือด และการทดสอบวัดค่าแรงเชิงมุมสูงสุดของกล้ามเนื้อด้วยเครื่องไอโซคิเนติก ในท่านั่งเหยียดเข่าและงอเข่า โดยใช้ขาด้านที่ตนเองถนัด ออกแรงสูงสุดต่อเนื่องกันทั้งหมด 5 ครั้ง

5.3 ให้กลุ่มตัวอย่างนั่งพักเฉย ๆ บนเก้าอี้ เป็นเวลา 12 นาที และได้รับการเจาะเลือดเพื่อวัดระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือด และการทดสอบวัดค่าแรงเชิงมุมสูงสุดของกล้ามเนื้ออีกครั้งด้วยเครื่องไอโซคิเนติก ในท่านั่งเหยียดเข่าและงอเข่า โดยใช้ขาด้านที่ตนเองถนัด ออกแรงสูงสุดต่อเนื่องกันทั้งหมด 5 ครั้ง

6.หลังการทดลองในรูปแบบที่ 1 ผ่านไปอย่างน้อย 1 สัปดาห์ กลุ่มตัวอย่างได้รับการเจาะเลือดเพื่อวัดระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือด จากนั้นอบอุ่นร่างกายด้วยการวิ่งบนลู่วิ่งไฟฟ้า ที่ระดับความหนัก 70% ของอัตราการเต้นหัวใจสำรอง จำนวน 10 นาที และยืดเหยียดกล้ามเนื้อ ทั้งหมด 3 ท่า ท่าละ 30 วินาที

7.กลุ่มตัวอย่างเข้ารับโปรแกรมที่ทำให้เกิดความล้าด้วยเครื่องไอโซคิเนติก ในท่านั่งเหยียดเข่าและงอเข่า โดยใช้ขาด้านที่ตนเองถนัด ออกแรงสูงสุดต่อเนื่องกันจำนวน 20 ครั้ง ทั้งหมด 4 เซต พักระหว่างเซต 1 นาที

8.ให้กลุ่มตัวอย่างนั่งพักเฉย ๆ บนเก้าอี้ เป็นเวลา 5 นาที และรับการเจาะเลือดเพื่อวัดระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือด

9.เข้ารับการทดลองรูปแบบที่ 2 การฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหว เป็นเวลา 8 นาที ดังนี้

9.1 กลุ่มตัวอย่างจะได้รับการวิ่งบนลู่วิ่งไฟฟ้า ที่ระดับความหนัก 40-45% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด

9.2 กลุ่มตัวอย่างจะได้รับการเจาะเลือดเพื่อวัดระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือด และการทดสอบวัดค่าแรงเชิงมุมสูงสุดของกล้ามเนื้อด้วยเครื่องไอโซคิเนติก ในท่านั่งเหยียดเข่าและงอเข่า โดยใช้ขาด้านที่ตนเองถนัด ออกแรงสูงสุดต่อเนื่องกันทั้งหมด 5 ครั้ง

9.3 ให้กลุ่มตัวอย่างนั่งพักเฉย ๆ บนเก้าอี้ เป็นเวลา 12 นาที และได้รับการเจาะเลือดเพื่อวัดระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือด และการทดสอบวัดค่าแรงเชิงมุมสูงสุดของกล้ามเนื้ออีกครั้งด้วยเครื่องไอโซคิเนติก ในท่านั่งเหยียดเข่าและงอเข่า โดยใช้ขาด้านที่ตนเองถนัด ออกแรงสูงสุดต่อเนื่องกันทั้งหมด 5 ครั้ง

6. ในกรณีผู้วิจัยพบว่าผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยไม่อยู่ในเกณฑ์คัดเข้า และอยู่ในสภาวะที่สมควรได้รับความช่วยเหลือ/แนะนำ ทางผู้วิจัยจะให้คำแนะนำเบื้องต้นเกี่ยวกับการออกกำลังกายเพื่อเสริมสร้างสมรรถภาพทั้งกายและจิตให้แก่ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย และมีของที่ระลึกมอบให้เป็นผ้าขนหนู 1 ผืน

7. หากผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยได้รับบาดเจ็บ ได้รับอันตราย หรืออาการแสดงที่อาจมีผลต่อร่างกายในระหว่างการทดลองให้หยุดการทดลองทันที และนั่งพักสังเกตอาการในเบื้องต้น ทั้งนี้ผู้มีส่วน

ร่วมในการวิจัยต้องรีบแจ้งผู้วิจัยทราบโดยเร็ว โดยผู้วิจัยได้มีการเตรียมอุปกรณ์ปฐมพยาบาลเบื้องต้น เพื่อช่วยในการปฐมพยาบาล ในกรณีที่อาการไม่ดีขึ้นผู้วิจัยจะพาไปพบแพทย์ ณ สถานพยาบาลใกล้เคียง คือ โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ และจะเป็นผู้ดำเนินการออกค่าใช้จ่ายในการรักษาทั้งหมด นอกจากนี้ผู้วิจัยมีแนวทางการป้องกัน คือ ตรวจเช็คอุปกรณ์ เครื่องมือในการทำวิจัยอย่างรอบคอบ เพื่อมิให้เกิดความเสี่ยงใด ๆ ที่จะทำให้เกิดอันตรายต่อร่างกาย

8. ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นประโยชน์ต่อตัวนักกีฬาเป็นแนวทางในการปฏิบัติในการฝึกซ้อมและการแข่งขันเพื่อเตรียมความพร้อมและเพิ่มประสิทธิภาพในการฝึกซ้อมและการแข่งขันให้แก่นักกีฬา และเป็นทางเลือกให้นักกีฬา และผู้ฝึกสอนตลอดจนบุคคลที่สนใจได้สามารถนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อไป

9. *การเข้าร่วมในการวิจัยของท่านเป็นโดยสมัครใจ และสามารถปฏิเสธที่จะเข้าร่วมหรือถอนตัวจากการวิจัยได้ทุกขณะ โดยไม่ต้องให้เหตุผลหรือคำอธิบายใด ๆ ซึ่งการกระทำดังกล่าวจะไม่มีผลอันใดต่อการพิจารณาคะแนนในรายวิชาใด ๆ ที่กำลังศึกษาอยู่ และไม่มีผลต่อการพิจารณาในการคัดเลือกเป็นนักกีฬาเข้าร่วมการแข่งขันกีฬามหาวิทยาลัย*

10. หากท่านมีข้อสงสัยให้สอบถามเพิ่มเติมได้โดยสามารถติดต่อผู้วิจัยได้ตลอดเวลา และหากผู้วิจัยมีข้อมูลเพิ่มเติมที่เป็นประโยชน์หรือโทษเกี่ยวกับการวิจัย ผู้วิจัยจะแจ้งให้ท่านทราบอย่างรวดเร็วเพื่อให้ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยทบทวนว่ายังสมัครใจจะอยู่ในงานวิจัยต่อไปหรือไม่

11. ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับท่านจะเก็บเป็นความลับ หากมีการเสนอผลการวิจัยจะเสนอเป็นภาพรวม ข้อมูลใดที่สามารถระบุถึงตัวท่านได้จะไม่ปรากฏในรายงาน

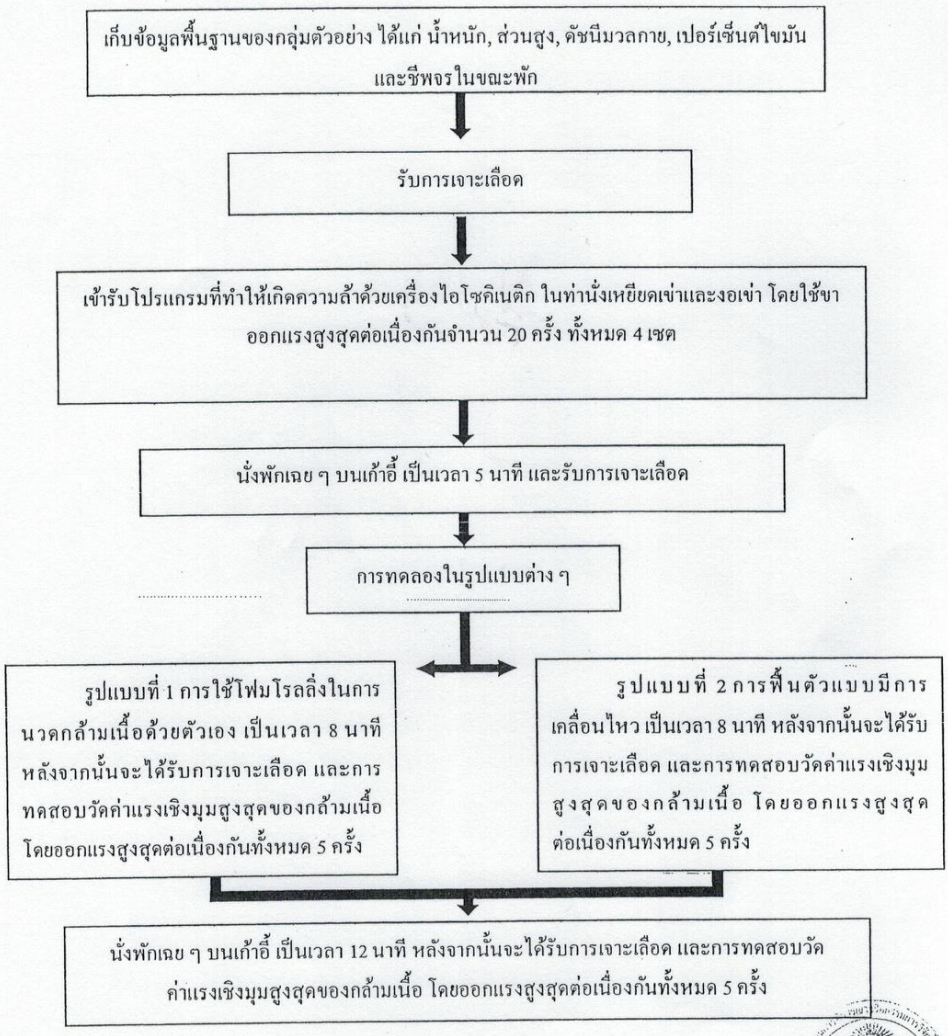
12. *การวิจัยครั้งนี้มีการจ่ายค่าเดินทาง และค่าชดเชยการเสียเวลาให้แก่ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย ครั้งละ 150 บาทต่อคน สำหรับวันที่มาทดสอบเท่านั้น ส่วนวันที่มาฝึกการใช้โฟมโรลลิ่งไม่มีการจ่ายค่าเดินทาง และค่าชดเชยการเสียเวลาให้ นอกจากนี้ผู้วิจัยได้จัดเตรียมน้ำดื่มและอาหารว่างสำหรับผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยทุกครั้ง*

13. "หากท่านไม่ได้รับการปฏิบัติตามข้อมูลดังกล่าวสามารถร้องเรียนได้ที่ คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 254 อาคารจามจุรี 1 ชั้น 2 ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 โทรศัพท์/โทรสาร 0-2218-3202 E-mail: eccu@chula.ac.th"

เลขที่โครงการ 054.2/60
รับที่รับรอง 27 มิ.ย. 2560
วันหมดอายุ 26 มิ.ย. 2561

AF 04-07

แผนภูมิขั้นตอนการวิจัย



หมายเหตุ กลุ่มตัวอย่างชุดเดียวกันจะปฏิบัติทั้ง 2 รูปแบบ และแต่ละรูปแบบจะเว้นระยะห่างอย่างน้อย 1 สัปดาห์

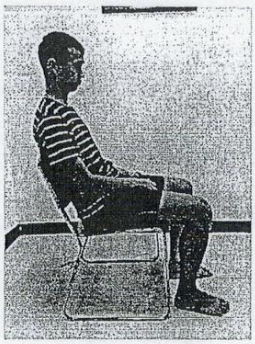
เลขที่โครงการวิจัย 054.2/60
วันที่รับรอง 27 มิ.ย. 2560
วันหมดอายุ 26 มิ.ย. 2561

ภาพประกอบการทดลอง

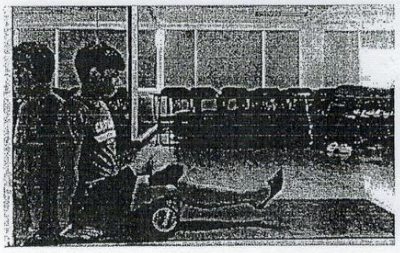
ภาพแสดงการอบอุ่นร่างกายด้วยการวิ่งบนลู่วิ่งไฟฟ้า

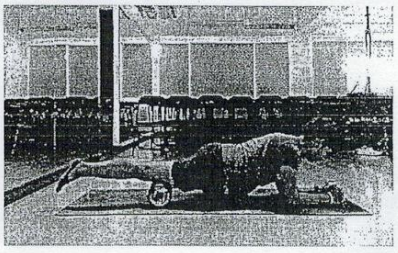
ภาพแสดงการยืดเหยียดกล้ามเนื้อทั้งหมด 3 ท่า ท่าละ 30 วินาที

ภาพแสดงการทำให้เกิดความล้าด้วยเครื่องไอโซคิเนติก



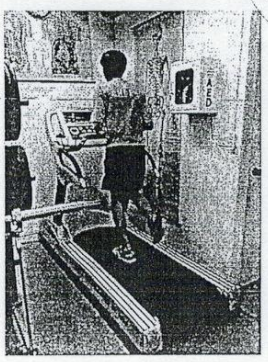
ภาพแสดงการนั่งพักเฉย ๆ บนเก้าอี้





ภาพแสดงการทำโฟมโรลลิ่ง

เลขที่ครุภัณฑ์ 0542/60
รับที่รับรอง 27 เม.ย. 2560
รับรายการ 26 เม.ย. 2561



ภาพแสดงการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหว

AF 04-07

ภาพแสดงการเจาะเลือดที่ปลายนิ้วมือ

เลขที่โครงการวิจัย 054.2/60

วันที่รับรอง 27 มิ.ย. 2560

วันหมดอายุ 26 มิ.ย. 2561

ภาคผนวก ข

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิที่ตรวจสอบประเมินเครื่องมือวิจัย

1. ศาสตราจารย์ ดร.ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร์	อาจารย์คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุทธนะ ติงศภัทิย์	อาจารย์ภาควิชาหลักสูตรการสอนและเทคโนโลยีการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมศรี ปานพันธุ์โพธิ์	อาจารย์คณะวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ สถาบันการพลศึกษา วิทยาเขตเพชรบูรณ์
4. อาจารย์ ดร.เบญจพล เบญจพลากร	อาจารย์คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
5. นางสาวชัชฎาพร พิทักษ์เสถียรกุล	ผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้านวิทยาศาสตร์การกีฬา กรมพลศึกษา กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ค

การอบอุ่นร่างกาย

อุปกรณ์

1. นาฬิกาวัดชีพจร Polar FT60 training computer และสายรัดหน้าอกพร้อมเซ็นเซอร์วัดชีพจร

2. ลู่วิ่งไฟฟ้า (Treadmill) ยี่ห้อ Steelflex รุ่น XT-7600

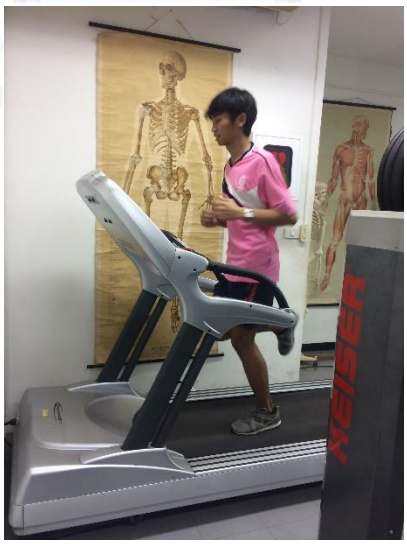
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3. นาฬิกาจับเวลาแบบดิจิตอล ยี่ห้อ CASIO STOP-WATCH รุ่น HS-30W

ขั้นตอนในการอบอุ่นร่างกาย

1. ติดนาฬิกาวัดชีพจร Polar FT60 training computer และสายรัดหน้าอกพร้อมเซ็นเซอร์วัดชีพจรให้กับกลุ่มตัวอย่าง

2. ให้กลุ่มตัวอย่างทำการอบอุ่นร่างกายด้วยการวิ่งบนลู่วิ่งไฟฟ้า (Treadmill) ยี่ห้อ Steelflex รุ่น XT-7600 ที่ระดับความหนัก 70% ของอัตราการเต้นหัวใจสำรอง ($HR_{reserve}$) จำนวน 10 นาที



ภาพที่ 7 การอบอุ่นร่างกาย

ภาคผนวก ง

การยืดเหยียดกล้ามเนื้อ

กลุ่มตัวอย่างจะยืดเหยียดกล้ามเนื้อทั้งหมด 3 ท่า คือ Standing quad stretch, Standing hamstring stretch และ Standing glute stretch โดยแต่ละท่าจะทำข้างละ 15 วินาที

1. ท่า Standing quad stretch จะได้กล้ามเนื้อควอดไดรเซปส์ (Quadriceps)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2. ท่า Standing hamstring stretch จะได้กล้ามเนื้อแฮมสตริงส์ (Hamstring)

3. ท่า Standing glute stretch จะได้กล้ามเนื้อกลูเตียส แม็กซิมัส (Gluteus Maximus)

ภาพที่ 8 การยืดเหยียดกล้ามเนื้อ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก จ

การใช้โฟมโรลลิ่ง

อุปกรณ์

1. โฟมโรลเลอร์ ซึ่งเป็นทรงกระบอก ผิวมีลักษณะเป็นลายตะแกรง (Grid foam roller) ยี่ห้อทริกเกอร์ พ้อยท์ (Trigger point) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5.5 นิ้ว ยาว 13 นิ้ว

2. เบาะสำหรับปูรอง (Mat)

ขั้นตอนการใช้โฟมโรลลิ่ง

การใช้โฟมโรลลิ่ง โดยใช้อุปกรณ์โฟมโรลเลอร์นวดกล้ามเนื้อด้วยตนเอง เป็นเวลา 8 นาที กลุ่มตัวอย่างจะได้รับการนวดบริเวณกล้ามเนื้อแฮมสตริงส์ (Hamstring) 4 นาที กล้ามเนื้อควอดไดรเซปส์ (Quadriceps) 4 นาที โดยใน 1 นาที จะใช้เวลานวด 30 วินาที พัก 30 วินาที

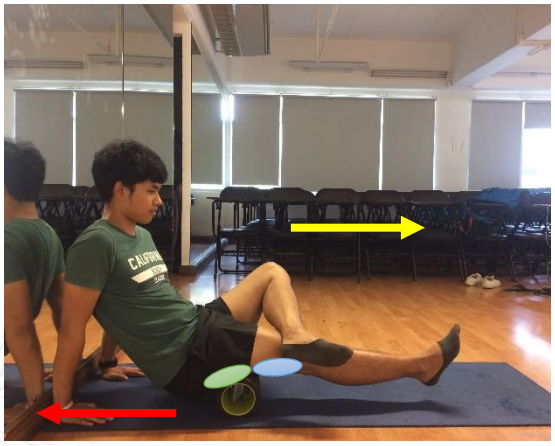
กล้ามเนื้อแฮมสตริงส์ (Hamstring)

1. กลุ่มตัวอย่างนั่งเหยียดขาและเอาหลังพิงกับผนังในท่าเตรียม เพื่อให้หลังตั้งตรง วางมือไว้ข้างลำตัวทั้งสองข้าง ตำแหน่งโฟมโรลเลอร์อยู่ก่อนถึงข้อพับเข่า โดยหันลายแบบนิ้วมือ (Finger) เข้าหากล้ามเนื้อ จากนั้นนำขาข้างที่ไม่ได้นวดพาดไว้บนขาข้างที่นวด ปลายเท้ายกสูงจากพื้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. เริ่มนวดไปข้างหน้าจนถึงตรงกลางของกล้ามเนื้อ (บริเวณสีฟ้า) นวดถอยกลับสลับไปมา จำนวน 2 นาที โดยตำแหน่งของการวางมือไม่ขยับ

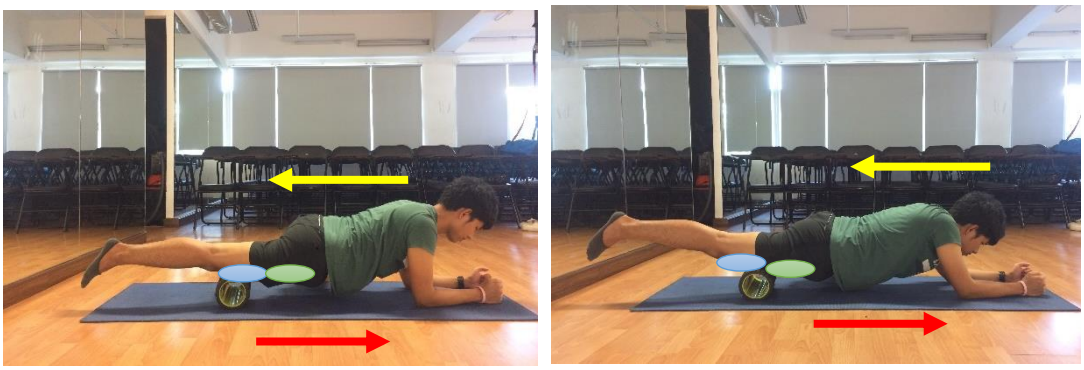
3. และเริ่มนวดจากตรงกลางของกล้ามเนื้อถึงกล้ามเนื้ออีกด้านหนึ่ง (บริเวณสีเขียว) โดยหันลายแบบนิ้วมือ (Finger) เข้าหากล้ามเนื้อ นวดถอยกลับสลับไปมาจำนวน 2 นาที โดยตำแหน่งของการวางมือไม่ขยับ



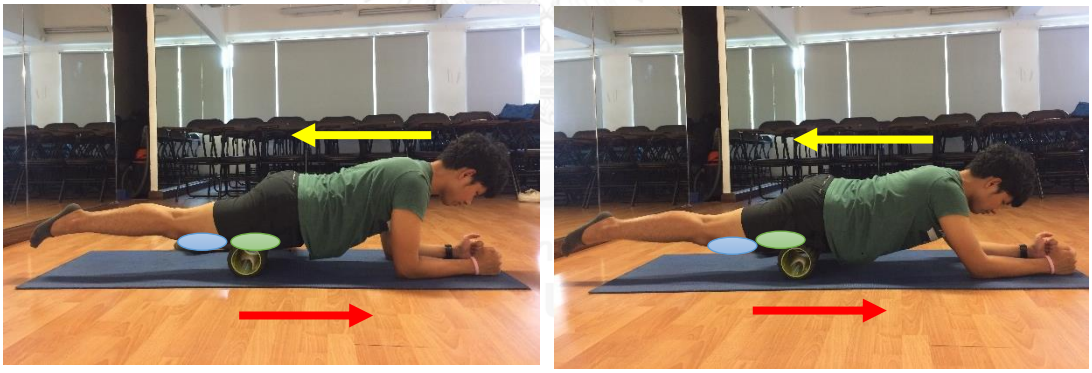
กล้ามเนื้อควอดไดรเซปส์ (Quadriceps)

1. กลุ่มตัวอย่างนอนคว่ำเอาแขนท่อนล่างวางนาบกับพื้นโดยที่แขนท่อนบนทำมุม 90 องศากับพื้นทั้งสองข้าง ตำแหน่งโฟมโรลเลอร์อยู่เหนือเข่า โดยหันลายแบบนิ้วมือ (Finger) เข้าหากล้ามเนื้อปลายเท้ายกสูงจากพื้น ส่วนขาอีกข้างหนึ่งงอขึ้นมาให้เข่าอยู่ในระดับเอว

2. เริ่มนวดถอยไปข้างหลังจนถึงตรงกลางของกล้ามเนื้อ (บริเวณสีฟ้า) นวดถอยกลับสลับไปมาจำนวน 2 นาที โดยตำแหน่งของการวางมือและแขนท่อนล่างไม่ขยับ



3. และเริ่มนวดจากตรงกลางของกล้ามเนื้อถึงกล้ามเนื้ออีกด้านหนึ่ง (บริเวณสีเขียว) โดยหันลายแบบนิ้วมือ (Finger) เข้าหากล้ามเนื้อ นวดถอยกลับสลับไปมาจำนวน 2 นาที โดยตำแหน่งของการวางมือและแขนท่อนล่างไม่ขยับ



หมายเหตุ : ลูกศรสีเหลืองแสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของลำตัว ลูกศรสีแดงแสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของโฟมโรลเลอร์

ภาพที่ 9 การใช้โฟมโรลลิ่ง

ภาคผนวก ฉ

แบบคัดกรองผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

รหัสนักกีฬา.....

1. ท่านมีโรคประจำตัวหรือไม่

☐ ไม่มี ☐ มี (โปรดระบุ).....

2. ท่านเคยมีประวัติการบาดเจ็บของระบบกระดูกและกล้ามเนื้อหรือไม่

☐ ไม่เคย

☐ เคย (โปรดระบุ) .....

เมื่อใด (วัน/เดือน/ปี) .....

3. ปัจจุบันท่านยังมีอาการบาดเจ็บของระบบกระดูกและกล้ามเนื้ออยู่หรือไม่

☐ ไม่มี ☐ มี (โปรดระบุ) .....

4. ท่านมีปัญหาดังต่อไปนี้หรือไม่

☐ มีความผิดปกติของหลอดเลือด ได้แก่ หลอดเลือดขอด หรือ หลอดเลือดอุดตัน

☐ มีความผิดปกติในการแข็งตัวของเลือดหรือการได้รับยาที่มีผลต่อการแข็งตัวของเลือด

☐ ได้รับยาที่มีผลต่อการทำงานของกล้ามเนื้อ เช่น ยาคลายกล้ามเนื้อ, ยาบรรเทาการอักเสบชนิดที่ไม่ใช่สเตียรอยด์ (NSAIDS), ยาคลายวิตกกังวล (Anxiolytic drugs) เป็นต้น

☐ มีอาการของกระดูกหักที่ยังไม่ติด หรือที่ยังไม่สมานตัวสมบูรณ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ช

แบบบันทึกข้อมูลพื้นฐาน

รหัสนักกีฬา.....

เพศ..... น้ำหนัก.....กิโลกรัม ส่วนสูง.....เซนติเมตร

วัน/เดือน/ปีเกิด..... อายุ.....ปี

ข้อมูลพื้นฐาน	ค่าที่ได้
ดัชนีมวลกาย (BMI) (น้ำหนักตัว (กก.)/ส่วนสูง (ม.)^2)	
เปอร์เซ็นต์ไขมันใต้ผิวหนัง	
อัตราการเต้นหัวใจขณะพัก (ครั้ง/นาที)	
อัตราการเต้นหัวใจสูงสุด (ครั้ง/นาที) (220-อายุ)	
อัตราการเต้นหัวใจสำรอง (ครั้ง/นาที) (HR_{Max}- HR_{Rest})	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ซ

แบบบันทึกข้อมูลการทดลอง รูปแบบที่ 1 การใช้โฟมโรลลิ่ง

รหัสนักกีฬา.....

การวัดผล	ค่าแรงบิดของกล้ามเนื้อ (Nm)										ระดับกรดแลคติกในเลือด (มิลลิโมล/ลิตร)
ก่อนให้โปรแกรมที่ทำให้เกิดความล้า	ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3		ครั้งที่ 4		ครั้งที่ 5		เฉลี่ย		
	Ext	Flex	Ext	Flex	Ext	Flex	Ext	Flex	Ext	Flex	
ก่อนการทดลอง	ครั้งที่ 17		ครั้งที่ 18		ครั้งที่ 19		ครั้งที่ 20		เฉลี่ย		
	Ext	Flex	Ext	Flex	Ext	Flex	Ext	Flex	Ext	Flex	
หลังการทดลองทันที	ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3		ครั้งที่ 4		ครั้งที่ 5		เฉลี่ย		
	Ext	Flex	Ext	Flex	Ext	Flex	Ext	Flex	Ext	Flex	
หลังการทดลอง 12 นาที	ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3		ครั้งที่ 4		ครั้งที่ 5		เฉลี่ย		
	Ext	Flex	Ext	Flex	Ext	Flex	Ext	Flex	Ext	Flex	

ภาคผนวก ฌ

แบบบันทึกข้อมูลการทดลอง รูปแบบที่ 2 การฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหว

รหัสนักกีฬา.....

การวัดผล	ค่าแรงบิดของกล้ามเนื้อ (Nm)										ระดับกรดแลคติกในเลือด (มิลลิโมล/ลิตร)
ก่อนให้โปรแกรมที่ทำให้เกิดความล้า	ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3		ครั้งที่ 4		ครั้งที่ 5		เฉลี่ย		
	Ext	Flex	Ext	Flex	Ext	Flex	Ext	Flex	Ext	Flex	
ก่อนการทดลอง	ครั้งที่ 17		ครั้งที่ 18		ครั้งที่ 19		ครั้งที่ 20		เฉลี่ย		
	Ext	Flex	Ext	Flex	Ext	Flex	Ext	Flex	Ext	Flex	
หลังการทดลองทันที	ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3		ครั้งที่ 4		ครั้งที่ 5		เฉลี่ย		
	Ext	Flex	Ext	Flex	Ext	Flex	Ext	Flex	Ext	Flex	
หลังการทดลอง 12 นาที	ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3		ครั้งที่ 4		ครั้งที่ 5		เฉลี่ย		
	Ext	Flex	Ext	Flex	Ext	Flex	Ext	Flex	Ext	Flex	

Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ชื่อ-สกุล นายณัฐพงษ์ ทองลอย

เกิดวันที่ 27 กรกฎาคม 2535

สถานที่เกิด จันทบุรี

ที่อยู่ปัจจุบัน 374/11 ม.7 ถ.เทศบาล16 ต.สีคิ้ว อ.สีคิ้ว จ.นครราชสีมา 30140

ประวัติการศึกษา

สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษา โรงเรียนราชสีมาวิทยาลัย จังหวัดนครราชสีมา ปีการศึกษา 2553

สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การกีฬา คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2557

สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโท ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การกีฬา แขนงวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2559

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University