การใส่กางเกงรัดกล้ามเนื้อต่อการลดการสะสมแลคเตทที่เกิดจากการออกกำลังกายอย่างหนักในโปรแกรมที่ทำให้เกิดการล้าเฉพาะบาสเกตบอลในนักกีฬาบาสเกตบอลชาย

นายธวัชชัย พลอยแดง

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
สาขาวิชาเวชศาสตร์การกีฬา
คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2560
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Wearing compression shorts on reduced lactate accumulation following strenuous exercise from basketball-specific fatigue program in elite male basketball player.

Mr. Tawatchai Ploydang

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Sports Medicine
Faculty of Medicine
Chulalongkorn University
Academic Year 2017

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การใส่กางเกงรัดกล้ามเนื้อต่อการลดการสะสมแลคเตทที่เกิดจากการออกกำลังกายอย่างหนักในโปรแกรมที่ทำให้เกิดการล้าเฉพาะบาสเกตบอลในนักกีฬาบาสเกตบอลชาย
โดย	นายธวัชชัย พลอยแดง
สาขาวิชา	เวชศาสตร์การกีฬา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ สมพล สงวนรังศิริกุล
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	รองศาสตราจารย์ ดร. วิไล อโนมะศิริ

คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะแพทยศาสตร์

(ศาสตราจารย์ นายแพทย์ สุทธิพงศ์ วัชรสินธุ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ พงศ์ศักดิ์ ยุกตะนันทน์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ สมพล สงวนรังศิริกุล)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์ ดร. วิไล อโนมะศิริ)

.....กรรมการ

(ดร. ทศพร ยิ้มลมัย)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ดร. กวีญา สินธารา)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ธวัชชัย พลอยแดง : การใส่กางเกงรัดกล้ามเนื้อต่อการลดการสะสมแลคเตทที่เกิดจากการออกกำลังกายอย่างหนักในโปรแกรมที่ทำให้เกิดการล้าเฉพาะบาสเกตบอลในนักกีฬาบาสเกตบอลชาย (Wearing compression shorts on reduced lactate accumulation following strenuous exercise from basketball-specific fatigue program in elite male basketball player.) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ. นพ. สมพล สงวนรังศิริกุล, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: รศ. ดร. วิไล อโนมะศิริ, 106 หน้า.

วัตถุประสงค์ จุดมุ่งหมายของการศึกษานี้เพื่อศึกษาผลของการใส่กางเกงรัดกล้ามเนื้อต่อการลดแลคเตทในเลือดที่เกิดจากการล้าจากการออกกำลังกายแบบเฉพาะของบาสเกตบอลในนักกีฬาบาสเกตบอลชาย

วิธีการศึกษา การศึกษาในรูป crossover design ในนักบาสเกตบอลที่มีทักษะสูง จำนวน 19 คน (อายุ 19.95 ± 1.87 ปี ค่าดัชนีมวลกาย 22.45 ± 1.36 กิโลกรัม/ตารางเมตร และค่าความสามารถการใช้ออกซิเจนสูงสุด 47.26 ± 2.83 มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที) กำหนดรูปแบบให้ใส่กางเกงรัดกล้ามเนื้อ (แรงกดที่ผิวหนัง 16.71 ± 1.35 มิลลิเมตรปรอท) สลับกับกางเกงเลคกิ้ง (3.79 ± 1.47 มิลลิเมตรปรอท) ในลำดับการสุ่มที่เว้นระยะระหว่างโดยเว้นระยะห่างในแต่ละรูปแบบ 5 วัน ทำการวัดระดับความเข้มข้นของแลคเตทจากเลือดที่ปลายนิ้ว สมรรถภาพการกระโดดสูงสุด และ การวัดคลื่นสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ gastrocnemius ก่อนและหลังการออกกำลังกายแบบเฉพาะของบาสเกตบอล

ผลการศึกษา ผลของกางเกงรัดกล้ามเนื้อขณะออกกำลังกายมีค่าแลคเตทในเลือดน้อยกว่ากลุ่มกางเกงเลคกิ้ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ค่า integrated electromyography และ median frequency ขณะใส่กางเกงรัดกล้ามเนื้อและกางเกงเลคกิ้งช่วงหลังออกกำลังกายเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนออกกำลังกายลดลงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ค่าสหสัมพันธ์ (correlation) ระหว่าง การเปลี่ยนแปลง median frequency กับการเปลี่ยนแปลงของระดับแลคเตทในเลือด มีค่าความสัมพันธ์ที่ $r = .2$ และ $r = .47$ ในขณะใส่กางเกงรัดกล้ามเนื้อและกางเกงเลคกิ้ง ตามลำดับ

สรุปผล ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่ากลุ่มกางเกงรัดกล้ามเนื้อสามารถช่วยลดการสะสมของแลคเตทในเลือดขณะออกกำลังกายเฉพาะบาสเกตบอลที่ทำให้เกิดอาการล้าได้ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการใส่กางเกงเลคกิ้ง

สาขาวิชา เวชศาสตร์การกีฬา ลายมือชื่อนิสิต .....

ปีการศึกษา 2560 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาร่วม .....

5774427630 : MAJOR SPORTS MEDICINE
KEYWORDS: COMPRESSION SHORTS / LEGGING SHORTS / LACTATE / CENTRAL FATIGUE / PERIPHERAL FATIGUE

TAWATCHAI PLOYDANG: Wearing compression shorts on reduced lactate accumulation following strenuous exercise from basketball-specific fatigue program in elite male basketball player.. ADVISOR: ASSOC. PROF. SOMPOL SAGUANRUNGSIRIKUL, M.D., CO-ADVISOR: ASSOC. PROF. WILAI ANOMASIRI, Ph.D., 106 pp.

Objectives: The purposes of this study were to investigate the effect of wearing compression shorts reduced lactate accumulation during basketball-specific fatigue program in elite male basketball player.

Methods: A crossover study design in Nineteen elite male basketball players (age 19.95 ± 1.87 years, BMI 22.45 ± 1.36 kg/m^2 and VO_2max 47.26 ± 2.83 ml/kg/min) was assigned patterns to wear compression shorts (pressure 16.71 ± 1.35 mmHg) alternating with legging shorts (pressure 3.79 ± 1.47 mmHg) in random order with 5-day interval between patterns. Fingertip blood lactate concentrations, countermovement jump and electrical muscle activation of gastrocnemius during pre and post- exercise were measured.

Results: Blood lactate of compression shorts during exercise was significantly lower than legging shorts ($p<0.05$). Integrated electromyography and median frequency of compression and legging shorts during post-exercise were significantly lower than pre-exercise ($p<0.05$). The correlation coefficients(r) between Δ median frequency and Δ blood lactate was = 0.2 in compression shorts and r = .47 in legging shorts, respectively.

Conclusion The results of this study demonstrated that the wearing compression shorts can reduced blood lactate accumulation during basketball-specific fatigue program better than wearing legging shorts.

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

Academic Year: 2017 Advisor's Signature .....

Co-Advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดีด้วยความกรุณาจาก รศ.นพ. สมพล สงวนรังศิริกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และ รศ.ดร. วิไล อโนมะศิริ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่กรุณาสละเวลาให้คำปรึกษา ให้ความรู้ ข้อคิดเห็น และคำแนะนำช่วยเหลือ ตลอดจนความเอาใจใส่ในการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องในการดำเนินการวิจัย จนกระทั่งงานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ขอขอบพระคุณ รศ.นพ. พงศักดิ์ ยุกตะนันทน์ ประธานคณะกรรมการสอบ ดร. ทศพร ยิ้มลมัย กรรมการวิทยานิพนธ์ และ ดร. กวีญา สินธารา กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายนอกมหาวิทยาลัย ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำแก้ไขปรับปรุง และข้อคิดเห็นต่างๆ ที่มีประโยชน์มากระหว่างการดำเนินงานวิจัย ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณในความกรุณาเป็นอย่างยิ่งไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณศูนย์ความเป็นเลิศทางการแพทย์ด้านการเดินและการเคลื่อนไหว โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ อาคารแพทยพัฒน์ ชั้น 4 คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือที่ใช้ในการทำวิจัย และขอบคุณห้องปฏิบัติการเวชศาสตร์การกีฬา อาคารแพทยพัฒน์ ชั้น 4 คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่เอื้ออำนวยสถานที่ในการทำวิจัย

ขอขอบคุณ อ.อรวรีย์ อิงคเตชะ อาจารย์คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยบูรพา และ ดร. พัชรา เกรียงไกร วิทยากรอิสระ และนาย ทัศน์พล คีระสมบูรณ์ สำหรับคำปรึกษา คำแนะนำ ข้อคิด ในการทำวิทยานิพนธ์ และขอขอบคุณผู้เข้าร่วมงานวิจัย 19 ท่าน ที่ได้ให้ความร่วมมือตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูลวิจัย

ขอขอบคุณรุ่นพี่ รุ่นน้องและเพื่อนๆ นิสิตเวชศาสตร์การกีฬาทุกคนเสมอมา ที่สำคัญคือทุน 90 ปี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่มอบทุนอุดหนุนการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ ผู้วิจัยขอแสดงความขอบคุณและส่งความปรารถนาดีไปยังผู้ให้การช่วยเหลือ สำหรับงานวิจัยในครั้งนี้เป็นอย่างยิ่งตั้งแต่แรกจนกระทั่งสิ้นสุดกระบวนการวิจัย

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ คณาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้แก่ผู้วิจัย ทั้งทางด้านวิชาการและการดำเนินชีวิต พ่อแม่และญาติพี่น้อง ที่คอยให้กำลังใจเสมอมา ซึ่งผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาของทุกท่าน จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง 11

สารบัญภาพ 12

บทที่ 1 15

บทนำ 15

ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย 15

คำถามการวิจัย 16

วัตถุประสงค์ของการวิจัย 16

สมมติฐานการวิจัย 17

กรอบแนวความคิด (Conceptual framework) 17

ขอบเขตของการวิจัย 18

คำสำคัญ 18

ข้อตกลงเบื้องต้น 18

ข้อจำกัดในการวิจัย 19

คำนิยามเชิงปฏิบัติการที่ใช้ในการวิจัย 19

ผลหรือประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย 20

บทที่ 2 21

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 21

ปัจจัยที่ส่งผลต่อความแม่นยำขณะกระโดดยิง 21

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

ความหนักของการแข่งขันในกีฬาบาสเกตบอล 22
การล้าจากส่วนกลาง (Central fatigue) 23
ความสัมพันธ์ระหว่างแลคเตทกับการล้าจากส่วนปลาย 24
กลไกการขนส่งกรดแลคติกที่เกิดขึ้น 28
ผลของการล้าต่อประสิทธิภาพการกระโดดยิงในบาสเกตบอล 29
คุณลักษณะและคุณสมบัติของกางเกงรัดกล้ามเนื้อ 31
กลไกทางด้านสรีรวิทยาของกางเกงรัดกล้ามเนื้อ 32
ผลของกางเกงรัดกล้ามเนื้อต่อสมรรถภาพ 33
สรุปผลจากการทบทวนวรรณกรรม 34
บทที่ 3 35
วิธีการดำเนินงานวิจัย 35
รูปแบบการวิจัย 35
ระเบียบวิธีวิจัย 35
เกณฑ์ในการคัดเข้าศึกษา (Inclusion criteria) 35
เกณฑ์ในการคัดออกจากการศึกษา (Exclusion criteria) 36
การคำนวนขนาดตัวอย่าง 36
การเลือกกลุ่มตัวอย่าง 37
การเข้าถึงอาสาสมัคร 38
เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย 38
ขั้นตอนการทดสอบ 43
ทดสอบวัดอัตราการเต้นของหัวใจและประสิทธิภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดโดย Bruce treadmill protocol 44
การวัดแรงกดที่ผิวหนังจากการสวมกางเกงรัดกล้ามเนื้อ 46

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

การประเมินคลื่นสัญญาณไฟฟ้าของกล้ามเนื้อ medial gastrocnemius 47
การทดสอบสมรรถภาพการกระโดดสูงสุด (countermovement jump test:CMJ)..... 47
การออกกำลังกายเพื่อกระตุ้นให้เกิดการล้า..... 48
การวัด integrated electromyography (iEMG) และ compound muscle action potential (CMAP) ของกล้ามเนื้อ medial gastrocnemius 49
การวัดค่าความถี่มีเดียน (median frequency) 51
การตรวจหาปริมาณแลคเตท 52
การเก็บรวบรวมข้อมูล 54
การวิเคราะห์ข้อมูล 54
บทที่ 4 55
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 55
การเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล..... 55
ตอนที่ 1 การวิเคราะห์คุณลักษณะทั่วไปของผู้เข้าร่วมงานวิจัย 56
ตอนที่ 2 การวิเคราะห์แรงกดของกางเกงรัดกล้ามเนื้อและกางเกงเลคกิ้ง (placebo) 57
ตอนที่ 3 การวิเคราะห์ผลที่ได้จากการทดสอบความสามารถการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2 max)..... 58
ตอนที่ 4 การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการออกกำลังกายแบบเฉพาะของนักกีฬาบาสเกตบอล 59
ตอนที่ 5 การวิเคราะห์ข้อมูลคลื่นสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ medial gastrocnemius 62
ตอนที่ 6 การเปรียบเทียบข้อมูลระหว่างนักกีฬาบาสเกตบอลที่ใส่กางเกงรัดกล้ามเนื้อและกางเกง เลคกิ้ง (placebo)..... 66
บทที่ 5 74
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ..... 74
สรุปผลการวิจัย..... 74

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

สมรรถภาพนักกีฬาบาสเกตบอลชาย และโปรแกรมการออกกำลังกายเฉพาะบาสเกตบอลที่ทำให้เกิดการล้า 75
ผลของโปรแกรมการออกกำลังกายเฉพาะบาสเกตบอลต่อระดับแลคเตทในเลือดและสมรรถภาพด้านการกระโดดสูง 76
ผลของกางเกงรัดกล้ามเนื้อต่อ HR intensity แลคเตท และความสูงของการกระโดด 78
ผลของกางเกงรัดกล้ามเนื้อต่อคลื่นสัญญาณไฟฟ้าของกล้ามเนื้อ medial gastrocnemius 80
ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป 82
รายการอ้างอิง 83
ภาคผนวก 89
ภาคผนวก ก 89
ภาคผนวก ข 92
ภาคผนวก ค 100
ภาคผนวก ง 102
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 106

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน ($\mathbf{X}$±S.D.) ของคุณลักษณะทั่วไปของกลุ่มผู้เข้าร่วมงานวิจัย 56

ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน ($\boldsymbol{\mathcal{X}}$±S.D.) ของแรงกดของกางเกงรัดกล้ามเนื้อและกางเกงเลคกิ้ง ในผู้เข้าร่วมงานวิจัย 57

ตารางที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน ($\boldsymbol{\mathcal{X}}$±S.D.) ของการวิเคราะห์ผลต่างๆที่ได้จากการทดสอบความสามารถการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2 max) ของกลุ่มผู้เข้าร่วมงานวิจัย 58

ตารางที่ 4 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน ($\boldsymbol{\mathcal{X}}$±S.D.) ของข้อมูลที่ได้จากการออกกำลังกายแบบเฉพาะของผู้เข้าร่วมงานวิจัยขณะใส่กางเกงรัดกล้ามเนื้อ 60

ตารางที่ 5 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน ($\boldsymbol{\mathcal{X}}$±S.D.) ของข้อมูลที่ได้จากการออกกำลังกายแบบเฉพาะของผู้เข้าร่วมงานวิจัยขณะใส่กางเกงเลคกิ้ง 61

ตารางที่ 6 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน ($\boldsymbol{\mathcal{X}}$±S.D.) ของประเภทคลื่นสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ medial gastrocnemius ในนักบาสเกตบอลชาย 63

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญภาพ

ภาพที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงของ median frequency และ muscle lactate 25

ภาพที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลง EMD และ muscle lactate ขณะหดตัวแบบเกร็งค้าง 30 วินาที และ 60 วินาที 25

ภาพที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแลคเตทในกล้ามเนื้อและแลคเตทในเลือดของก่อนออกกำลังกายและหลังออกกำลังกาย 7 เดือน 26

ภาพที่ 4 แสดงค่า arterial lactate และ venous lactate concentration ช่วงการปั่นจักรยานที่ความหนักสูงขึ้นเรื่อยๆ ของแต่ละอาสาสมัคร 27

ภาพที่ **5** แสดงค่าการเปรียบเทียบ capillary lactate กับ arterial lactate 28

ภาพที่ 6 กลไกทางด้านสรีรวิทยาของการมีแรงรัดจากภายนอกปริมาณ 15-20 มิลลิเมตรปรอท 33

ภาพที่ 7 แสดงกางเกงรัดกล้ามเนื้อแบบเหนือหัวเข่า เครื่องหมายการค้า SKINS A400 มี 38

ภาพที่ 8 แสดงกางเกงเลคกิ้ง (placebo) เครื่องหมายการค้า Do-D shop ที่มีส่วนประกอบของ cotton 95% และ Spandex 5% 39

ภาพที่ 9 แสดงขั้วบันทึกคลื่นสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (Electrode) เครื่องหมายการค้า Ambu® Blue sensor P 40

ภาพที่ 10 (ซ้าย) แสดงแผ่นรับแรงกดฝ่าเท้า (Bertec Force plate FP4060-08) 40

ภาพที่ 11 แสดง cuff วัดแรงกดที่ผิวหนังผ่านทาง pressure transducer และ Biopac polygraph system เครื่องหมายการค้า BIOPAC Systems MP100A, Inc Santa Barbara, California, U.S.A 41

ภาพที่ 12 แสดงเครื่องกระตุ้นกล้ามเนื้อด้วยไฟฟ้า (NEUROPACK MEM 3202, Nihon Kohden, Tokyo, Japan) 41

ภาพที่ 13 แสดงเครื่องวิเคราะห์แลคเตท เครื่องหมายการค้า (Accutrend® Plus, ... 42

ภาพที่ 14แสดงแผ่น strip สำหรับแลคเตท เครื่องหมายการค้า BM-Lactate, cobas®, Germany 42

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาพที่ 15 แสดง Bruce treadmill protocol 45
ภาพที่ 16 แสดงถึง Biopac System MP100A ในการวัดแรงกดของกางเกง 46
ภาพที่ 17 แสดงกางเกงเลคกิ้ง 47
ภาพที่ 18 แสดงกางเกงรัดกล้ามเนื้อ SKINs A400 47
ภาพที่ 19 แสดงค่า force ในแต่ละช่วงของการกระโดด 48
ภาพที่ 20 แสดงโปรแกรมการออกกำลังกาย 49
ภาพที่ 21 แสดงตำแหน่งการติดขั้ว electrode บน medial gastrocnemius 51
ภาพที่ 22 แสดงเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้กระตุ้นไฟฟ้า (NEUROPACK MEM 3202, ... 51
ภาพที่ 23 แสดงอุปกรณ์ที่ใช้ในการเจาะเลือด และเครื่องวิเคราะห์แลคเตท 53
ภาพที่ 24 แสดงการเจาะเลือด โดยใช้เข็มเจาะเลือด 53
ภาพที่ 25 แสดงการใช้ strip เก็บเลือดที่ เจาะเพื่อนำไปให้เครื่องวิเคราะห์แลคเตททำการ วิเคราะห์ต่อไป 53
ภาพที่ 26 แสดงการใช้สำลีสะอาดห้ามเลือดในขณะที่รอเครื่องวิเคราะห์ผลอยู่ 53
ภาพที่ 27 แสดงข้อมูล integrated electromyography (iEMG) ระหว่างก่อนและหลังออกกำลังกายในนักบาสเกตบอล จำนวน 19 คน 64
ภาพที่ 28 แสดงข้อมูล median frequency ขณะทำ maximum voluntary isometric contraction (MVIC) 10 วินาที ระหว่างก่อนและหลังออกกำลังกายในนักบาสเกตบอลจำนวน 19 คน 65
ภาพที่ 29 การเปรียบเทียบแลคเตทขณะออกกำลังกายระหว่างใส่กางเกงรัดรัดกล้ามเนื้อ และกางเกงเลคกิ้ง 66
ภาพที่ 30 การเปรียบเทียบ HR intensity ขณะออกกำลังกายระหว่างใส่กางเกงรัดรัดกล้ามเนื้อและกางเกงเลคกิ้ง 67
ภาพที่ 31 การเปรียบเทียบความสูงของการกระโดดขณะออกกำลังกายระหว่างใส่กางเกงรัดรัดกล้ามเนื้อและกางเกงเลคกิ้ง 68
ภาพที่ 32 เปรียบเทียบค่า integrated electromyography (iEMG) ของ medial gastrocnemius ก่อนการออกกำลังกายและหลังออกกำลังกาย 69

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาพที่ 33 แสดงข้อมูลร้อยละของการเปลี่ยนแปลง integrated electromyography (iEMG) ของ medial gastrocnemius หลังออกกำลังกายเทียบกับก่อนออกกำลังกาย 70

ภาพที่ 34 เปรียบเทียบค่า compound muscle action potential (CMAP) ก่อนและหลังจากออกกำลังกายเฉพาะบาสเกตบอล 71

ภาพที่ 35 เปรียบเทียบค่าสหสัมพันธ์ระหว่าง Δ median frequency และ Δ lactate ขณะใส่กางเกงรัดกล้ามเนื้อ..... 72

ภาพที่ 36 เปรียบเทียบค่าสหสัมพันธ์ระหว่าง Δ median frequency และ Δ lactate ขณะใส่กางเกงเลคกิ้ง 73

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 1

บทนำ

ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย

กีฬาบาสเกตบอลเป็นกีฬาที่มีรูปแบบการเล่นแบ่งเป็น 2 ฝ่าย โดยแต่ละฝ่ายมีผู้เล่นในสนาม 5 คน โดยแต่ละทีมจะผลัดการทำคะแนนและผลัดกันป้องกัน คะแนนที่นักกีฬาทำได้นั้นจำเป็นที่ต้องอาศัยทักษะและเทคนิคต่างๆ ที่ได้จากการฝึกซ้อมมาใช้ในการเล่น โดยเฉพาะทักษะการยิง การยิงในกีฬาบาสเกตบอลมีด้วยกันหลายวิธีโดยการแบ่งตามสุนทร กายประจักษ์ ในปี พ.ศ. 2536 (1) ดังนี้ การเลี้ยงลูกบอลเข้าไปยิงใต้ห่วง (lay-up shot) การยืนยิงประตู (set shot) การกระโดดยิงประตู (jump shot) การยิงลูกตวัด (hook shot) และการยิงประตูโทษ (free throw)

การกระโดดยิงนั้นเป็นวิธีนิยมใช้กันในนักบาสเกตบอล เนื่องจากเป็นวิธีที่สามารถทำคะแนนขณะมีฝ่ายตรงข้ามเข้ามาป้องกันระยะประชิดได้ อีกทั้งยังช่วยเพิ่มความสูงของลูกขณะปล่อยบอลและเพิ่มความมั่นคงของร่างกายขณะปล่อยบอล (2) ซึ่งในการแข่งขันบาสเกตบอลของลีกสเปน พบว่าคะแนนส่วนใหญ่มาจากการกระโดดยิงร้อยละ 70 ของวิธีการทำคะแนนทั้งหมด ดังนั้นการกระโดดยิงเป็นวิธีที่จำเป็นสำหรับผู้ฝึกสอนและนักกีฬาที่ควรหมั่นฝึกซ้อมการยิง

ประสิทธิภาพความแม่นยำขณะกระโดดยิงเป็นสิ่งที่จำเป็นมากที่ต้องฝึกซ้อมเพื่อให้เกิดความชำนาญ เนื่องจากมีหลายๆ ปัจจัยที่ส่งผลต่อความแม่นยำของการกระโดดยิง ซึ่งได้แก่ มุมที่ใช้ในการปล่อยบอล ความเร็วของลูกขณะปล่อย และความสูงของลูกบอลขณะปล่อย (3) จากปัจจัยที่กล่าวมาพบว่าความสูงของลูกบอลขณะปล่อยเป็นปัจจัยสำคัญ เนื่องจากถ้าความสูงขณะปล่อยบอลลดลง มุมที่ใช้ในการปล่อยบอลจะลดลงตาม ดังนั้นทำให้นักกีฬาต้องออกแรงมากขึ้น การที่ออกแรงปล่อยบอลมากจะทำให้ความเร็วของลูกขณะปล่อยเพิ่มขึ้น เมื่อความสูงของลูกขณะปล่อยลดลง ที่มาจากความสูงของการกระโดดลดลง เป็นเพราะว่านักกีฬาเกิดการล้าขึ้นขณะแข่งขัน ทำให้นักกีฬาไม่สามารถรักษาพละกำลังการกระโดด การปล่อยบอลให้คงที่เหมือนเดิมได้ จึงทำให้ความแม่นยำที่ลูกเข้าห่วงลดลง นอกจากนี้ผลของการล้ายังส่งผลให้นักกีฬามีความเร็วเชิงมุมของรยางค์แขนลดลง (4) ความสูงของหัวไหล่ และข้อมือลดลง (5, 6) การที่นักกีฬาล้าเนื่องมาจากมีการสะสมของแลคเตทเพิ่มมากขึ้น ในร่างกาย การแข่งขันบาสเกตบอลนานาชาติพบว่านักกีฬามีอัตราชีพจรเฉลี่ยมากถึง 90% ของอัตราชีพจรสูงสุด และมีกรดแลคเตทสูงสุด 9.7 มิลลิโมลต่อลิตร ถ้านักกีฬาไม่ได้รับการฟื้นฟูร่างกายให้กลับมาได้ จะทำให้นักกีฬามีสมรรถภาพลดลงขณะแข่งขัน

กีฬาบาสเกตบอลเป็นกีฬาที่ผู้ฝึกสอนเน้นฝึกนักกีฬาในด้านความอดทนต่อการล้ามากกว่าการฝึกทางด้านจิตใจ เนื่องจากขณะแข่งขันถ้านักกีฬามีสภาวะทางด้านจิตใจที่ไม่ดี (กลัว วิตกกังวล) ผู้ฝึกสอนสามารถเปลี่ยนตัวนักกีฬาออกมาพัก เพื่อบรรเทาสภาวะทางด้านจิตใจให้กลับมาสู่สภาวะปกติได้ แต่ถ้านักกีฬาที่เป็นคนสำคัญของทีมเกิดการล้าขณะแข่งขันในช่วงที่สำคัญ ผู้ฝึกสอนจะยังคงให้นักกีฬาแข่งขันต่อไป เป็นเพราะว่าการเปลี่ยนตัวหลักของทีมออกมาพัก อาจทำให้เกิดการเสียเปรียบของทีมได้ เนื่องจากสูญเสียระบบการเล่น ดังนั้นการหาวิธีการลดการล้า (ลดการสะสมแลคเตท) ของกล้ามเนื้อในช่วงการแข่งขันจึงเป็นสิ่งที่สำคัญ วิธีการที่สามารถช่วยลดการล้าขณะแข่งขันได้ คือ การใส่กางเกงรัดกล้ามเนื้อขา จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า สามารถช่วยลดการล้าที่เกิดจากการออกกำลังกายอย่างหนัก จากการลดการสะสมของแลคเตทที่กล้ามเนื้อจากการเพิ่มความเร็วการไหลของเลือดดำกลับสู่หัวใจ รวมถึงเพิ่มปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจใน 1 นาที (7) และยังช่วยรักษาหรือเพิ่มสมรรถภาพการกระโดดในขณะที่กล้ามเนื้อเกิดการล้าได้ (8) โดยการเพิ่มการรู้ตำแหน่งของข้อมากขึ้น ลดการสั่นของกล้ามเนื้อในช่วงลงสู่พื้นจากการกระโดดสูงสุด ทำให้ลดการล้าของกล้ามเนื้อลง (9)

จากที่ได้กล่าวมาการล้าส่งผลต่อประสิทธิภาพการกระโดดมาก เนื่องจากส่งผลต่อความสูงของลูกขณะปล่อยบอลลดลง การที่ความสูงของลูกลดลง จะทำให้มุมที่ใช้ในการปล่อยและความเร็วของลูกขณะปล่อยเกิดการเปลี่ยนแปลง แต่ยังไม่มีการศึกษาใดที่ศึกษาเกี่ยวกับกางเกงรัดกล้ามเนื้อขาในการสร้างสภาวะการออกกำลังกายระดับความหนักเทียบเท่ากับการแข่งขันจริง ว่าผลของกางเกงรัดกล้ามเนื้อจะสามารถเกิดประโยชน์ระหว่างการแข่งขันได้หรือไม่ ดังนั้นจึงเป็นที่มาที่จะศึกษาผลของการใส่กางเกงรัดกล้ามเนื้อ ต่อการออกกำลังกายในสภาวะเทียบเท่ากับการแข่งขันที่ทำให้เกิดสภาวะการล้าของกล้ามเนื้อขึ้นในนักกีฬาบาสเกตบอล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

คำถามการวิจัย

คำถามหลัก การใส่กางเกงรัดกล้ามเนื้อในขณะออกกำลังกายแบบเฉพาะของบาสเกตบอลที่ทำให้เกิดการล้าในนักกีฬาบาสเกตบอลชาย จะเกิดผลอย่างไรต่อระดับแลคเตท

คำถามรอง การล้าที่เกิดขึ้นจากโปรแกรมการออกกำลังกายแบบเฉพาะของบาสเกตบอลที่นำมาวิจัยครั้งนี้ มาจากการล้าจากส่วนปลายหรือการล้าจากส่วนกลาง

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

วัตถุประสงค์หลัก เพื่อศึกษาผลของการใส่กางเกงรัดกล้ามเนื้อต่อการลดแลคเตทที่เกิดจากการล้าจากการออกกำลังกายแบบเฉพาะของบาสเกตบอลในนักกีฬาบาสเกตบอลชาย

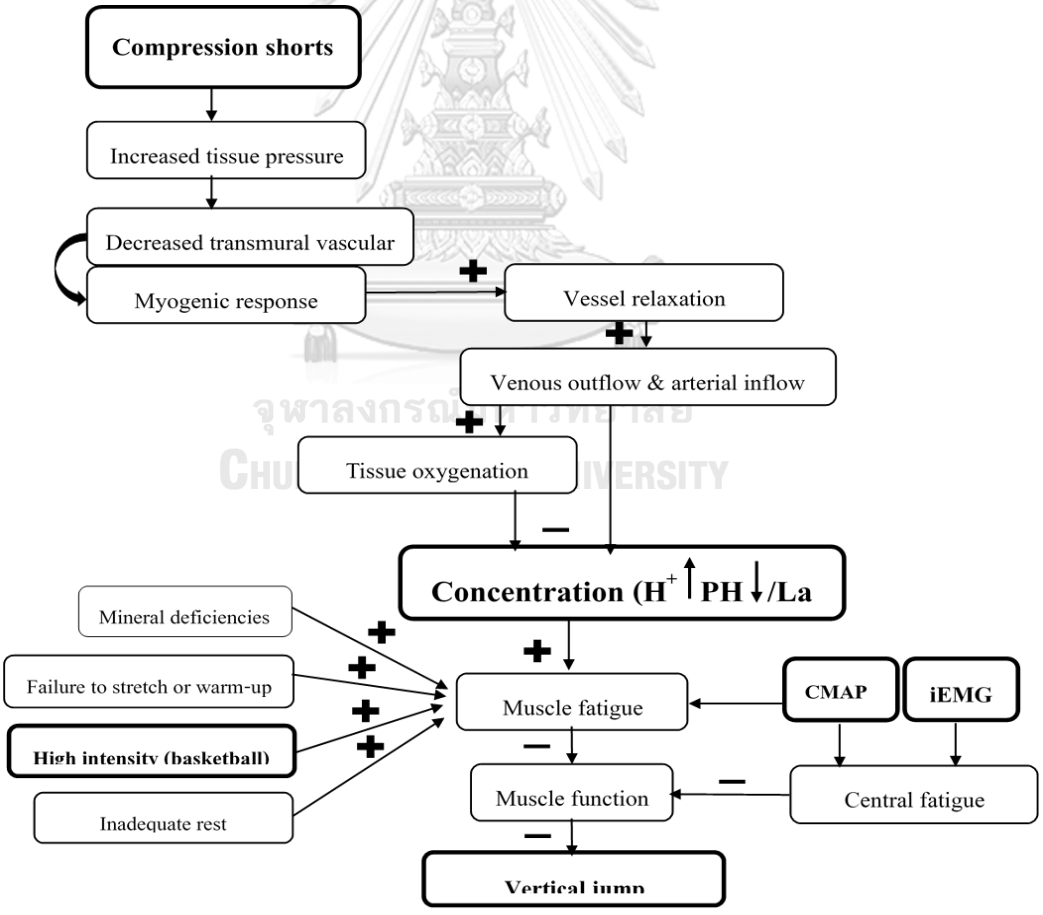
วัตถุประสงค์รอง เพื่อศึกษาผลของโปรแกรมการออกกำลังกายแบบเฉพาะของบาสเกตบอลต่อการล้าที่มาจากส่วนกลางและการล้าที่มาจากส่วนปลาย

สมมติฐานการวิจัย

สมมติฐานหลัก การใส่กางเกงรัดกล้ามเนื้อในขณะออกกำลังกายแบบเฉพาะของบาสเกตบอลที่ทำให้เกิดการล้าสามารถช่วยลดระดับแลคเตทในนักบาสเกตบอลชายได้

สมมติฐานรอง การล้าที่เกิดขึ้นจากโปรแกรมการออกกำลังกายแบบเฉพาะของบาสเกตบอลที่นำมาวิจัยครั้งนี้ มาจากการล้าจากส่วนปลาย

กรอบแนวความคิด (Conceptual framework)



ขอบเขตของการวิจัย

1. การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาวิจัยเชิงทดลองในมนุษย์รูปแบบไขว้ (Human experimental study with cross over design) ในนักกีฬาบาสเกตบอลชายไทย อายุ 18-30 ปี มีความสูงระหว่าง 170 – 195 เซนติเมตร และมีน้ำหนักอยู่ระหว่าง 65 – 85 กิโลกรัม มีสุขภาพดี ไม่มีอาการปวดและได้รับบาดเจ็บบริเวณรยางค์ขาขณะเริ่มเข้าร่วมงานวิจัย ไม่มีความผิดปกติเกี่ยวกับเส้นประสาทและกล้ามเนื้อของรยางค์ขา และไม่มีข้อจำกัดในการเคลื่อนไหวของลำตัวและรยางค์ขา

2. การวิจัยครั้งนี้ได้รับการอนุมัติจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัย คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เนื่องจากเป็นการวิจัยในมนุษย์ ดังนั้นผู้เข้าร่วมวิจัยต้องลงนามยินยอมเข้าร่วมงานวิจัย ซึ่งสามารถขอถอนตัวจากงานวิจัยนี้ได้ทุกเมื่อ ไม่ว่าจะด้วยเหตุผลอะไรก็ตาม

3. ผู้วิจัยทำการสอบเทียบเครื่องมือวิจัย (Calibration) ในครั้งแรกของวันที่เริ่มต้นเก็บข้อมูล

คำสำคัญ

Compression shorts, Legging shorts, Lactate, Central fatigue, Peripheral fatigue

ข้อตกลงเบื้องต้น

1. ผู้เข้าร่วมงานวิจัยต้องเป็นนักบาสเกตบอลชายไทย อายุ 18 – 30 ปี

2. ผู้เข้าร่วมงานวิจัยต้องลงลายมือชื่อให้ความยินยอมที่จะเข้าร่วมงานวิจัยก่อนทำการเก็บข้อมูล

3. หากตรวจประเมินแล้วพบความผิดปกติ หรือ มีคุณสมบัติไม่ตรงตามที่ผู้วิจัยกำหนดจะคัดออกจากการเป็นผู้เข้าร่วมงานวิจัย

4. ข้อมูลส่วนตัวของผู้เข้าร่วมงานวิจัยจะถูกเก็บเป็นความลับ

5. ช่วงเก็บข้อมูล หากผู้เข้าร่วมงานวิจัยรู้สึกไม่สบายใจ ไม่พอใจ ไม่ว่ากรณีใดสามารถยกเลิกการเป็นผู้เข้าร่วมงานวิจัย โดยไม่จำเป็นต้องแจ้งเหตุผลแก่ผู้วิจัย

6. หากว่าผู้เข้าร่วมงานวิจัยได้รับบาดเจ็บขณะเก็บข้อมูล จะไม่นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์

ข้อจำกัดในการวิจัย

1. การศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาการวิจัย ในนักบาสเกตบอลอาชีพชายไทย อายุระหว่าง 18-30 ปี ผลที่ได้อาจจะใช้ไม่ได้กับประชากรที่เป็นนักกีฬาหญิง

2. ผู้วิจัยอาจไม่สามารถควบคุมผู้เข้าร่วมงานวิจัยไม่ให้ออกกำลังกายอย่างหนักก่อนวันที่ทำการทดสอบได้ เนื่องจากการออกกำลังกายอย่างหนักจะทำให้ค่าของแลคเตทเกิดความคลาดเคลื่อนไป แต่ผู้วิจัยได้อธิบายและขอร้องให้ผู้เข้าร่วมงานวิจัยปฏิบัติตามในระหว่างช่วงงานวิจัย

คำนิยามเชิงปฏิบัติการที่ใช้ในการวิจัย

1) Compression shots หมายถึง กางเกงรัดกล้ามเนื้อ (Nylon 75%, Spandex 25%) ที่มีคุณสมบัติในการยืดและหดตัวได้ รวมถึงมีการให้แรงกดที่บริเวณผิวหนังในส่วนที่ปกคลุม

2) Legging shorts หมายถึง กางเกงเลคกิ้ง (cotton 95%, Spandex 5%) ที่มีคุณสมบัติยืดและหดตัว แต่ไม่มีแรงกดบริเวณผิวหนังในส่วนที่ปกคลุม

3) Lactate หมายถึง เป็นสารที่เกิดจากการออกกำลังกายอย่างหนัก ที่ทำให้ร่างกายมีการใช้พลังงานแบบ anaerobic glycolysis เกิดการนำ glycogen มาใช้ และถ้าออกกำลังกายระยะเวลานาน ร่างกายจะเกิดสภาวะขาดออกซิเจนทำให้ผลิต H^+ มากขึ้นส่งผลทำให้กล้ามเนื้อเกิดสภาวะเป็นกรดขึ้น ทำให้เกิดแลคเตทมากขึ้น ส่งผลทำให้ร่างกายลดประสิทธิภาพในการทำงานลง

4) Central fatigue หมายถึง การล้าที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงภายในระบบประสาทส่วนกลางที่เกิดการล้มเหลวในการส่งสัญญาณมาที่กล้ามเนื้อ โดยการใช้เครื่องวัดคลื่นสัญญาณของกล้ามเนื้อแบบไร้สาย (wireless EMG; Biomonitor ME 6000) ชนิด surface electromyography เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ใต้กราฟของคลื่นสัญญาณรวม (integrated electromyography: iEMG) ขณะออกกำลังกายและการเปลี่ยนแปลงขนาดของ Compound muscle action potential (CMAP) โดยการใช้ built-in stimulator (NEUROPACK MEM 3202, Nihon Kohden, Tokyo, Japan) เพื่อดูการทำการของเส้นใยกล้ามเนื้อในการเกิด action potential ของกล้ามเนื้อมัดที่สนใจ (iEMG/CMAP ratio) จะพบว่า ถ้า iEMG มีค่าลดลงโดยปราศจากการเปลี่ยนแปลงขนาดของ CMAP บ่งชี้ได้ว่าการล้าที่เกิดขึ้นนั้นมาจากการล้าจากส่วนกลาง (10)

5) Peripheral fatigue หมายถึง การล้าที่เกิดขึ้นที่บริเวณรอยต่อของเส้นประสาท และอาจจะเกิดขึ้นกับกล้ามเนื้อที่ใช้ทำงานได้ การวัดวิธีที่ 1 คือ ค่า CMAP จะเป็นตัวบ่งชี้ในการเกิดการล้าของการส่งสัญญาณบริเวณรอยต่อของเส้นประสาท ถ้า CMAP มีค่าลดลงโดยปราศจากการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

เปลี่ยนแปลงของค่า iEMG บ่งชี้ได้ว่า การล้าที่เกิดขึ้นมาจากการล้าจากส่วนปลาย และการวัดวิธีที่ 2 ค่า median frequency คือ ความถี่ของผลรวมของกำลังของสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อมีค่าเป็นครึ่งนึงของกำลังทั้งหมด การลดลงของค่า median frequency หมายถึง เกิดการล้าของกล้ามเนื้อขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากการล้าจากส่วนปลาย

ผลหรือประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย

1. เพื่อให้ทราบถึงคุณสมบัติของกางเกงรัดกล้ามเนื้อสามารถที่จะชะลอการเพิ่มขึ้นหรือทำให้ลดการสะสมแลคเตทในระหว่างช่วงที่พักระยะสั้นภายหลังจากการออกกำลังกายอย่างหนักแต่ละครั้ง ซึ่งเป็นประโยชน์กับกีฬาบาสเกตบอลในการให้ความสำคัญในการขอเวลานอก ส่งผลทำให้นักกีฬาที่ใส่กางเกงรัดกล้ามเนื้อสามารถฟื้นฟูร่างกายได้ดีกว่าการไม่ใส่กางเกงรัดกล้ามเนื้อ
2. เพื่อทราบถึงการล้าที่เกิดขึ้นในกีฬาบาสเกตบอลเป็นการล้าจากส่วนกลางที่เกิดจากการส่งกระแสประสาทจากสมองมายังรอยต่อของเส้นประสาท หรือการล้าจากส่วนปลายที่เกิดจากการทำงานของกล้ามเนื้อลดลง เพื่อเป็นแนวทางในการฝึกนักกีฬาให้มีความอดทนต่อการล้าที่เกิดขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปัจจัยที่ส่งผลต่อความแม่นยำขณะกระโดดยิง

กีฬาบาสเกตบอลเป็นกีฬาที่เล่นเป็นทีม การตัดสินผลแพ้ชนะจะดูจากทีมใดทำแต้มได้มากที่สุดจะเป็นฝ่ายชนะ ลักษณะการทำแต้มนั้นมีด้วยกันหลายวิธี ได้แก่ การเลี้ยงลูกบอลเข้าไปยิงใต้ห่วง (lay-up shot) การยืนยิงประตู (set shot) การกระโดดยิงประตู (jump shot) การยิงลูกตวัด (hook shot) และการยิงประตูโทษ (1) วิธีการทำแต้มที่นิยมนั้นคือ การกระโดดยิง พบว่า ความสูงของการปล่อยบอลเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความแม่นยำในการกระโดดยิง ถ้านักกีฬาปล่อยบอลสูง มุมที่ใช้ในการปล่อยบอลก็จะลดลง ทำให้สามารถควบคุมบอลได้ดี อีกทั้งความเร็วของลูกขณะปล่อยลดลง เพราะการที่ปล่อยบอลจากจุดที่สูงที่สุดของความสามารถในการกระโดด ส่งผลทำให้ความเร็วของร่างกายไม่ส่งผลต่อความเร็วของลูกบอลเมื่อปล่อยไปแล้ว (11) ซึ่งปัจจัยที่ส่งผลต่อความสูงของการปล่อยบอล ได้แก่ ก) ความสูงของนักบาสเกตบอล (12) ซึ่งในนักบาสเกตบอลที่สูง จะสามารถปล่อยบอลได้สูงกว่านักบาสเกตบอลที่เตี้ย ข) ตำแหน่งของลำตัว แนะนำว่าตำแหน่งของลำตัวขณะยิงควรอยู่ตั้งฉากกับพื้น (2) ค) การงอไหล่ก่อนปล่อยบอล ง) ตำแหน่งของข้อสะโพก ข้อเข่า และข้อเท้า ก่อนกระโดด (13) และ จ) การล้า (6)

ในการแข่งขันบาสเกตบอลนักกีฬามีการเคลื่อนที่ตลอดเวลา โดยนักกีฬาที่เก่งในทีมจะใช้เวลาในการเล่นมากกว่า 80% ของเวลาการแข่งขันทั้งหมด ส่งผลต่อการล้าที่เกิดขึ้นที่กล้ามเนื้อขา การได้รับการฟื้นฟูร่างกายระหว่างการแข่งขันที่ไม่เพียงพอ ส่งผลต่อการลดประสิทธิภาพของการกระโดดยิงลง (5) เนื่องมาจากนักกีฬามีความสูงของการกระโดดยิงลดลง ส่งผลต่อความสูงของหัวไหล่ ข้อศอกและข้อมือขณะยิงลดลง (6) ทำให้มุมของลูกที่ใช้ในการปล่อยลดลง ส่งผลต่อมุมที่ลูกเข้าห่วงลดน้อยเช่นกัน (14) อีกทั้งยังทำให้นักกีฬาต้องใช้พละกำลังมากในการปล่อยบอล จนไปเพิ่มความเร็วของลูกบอลหหลังจากปล่อยบอล ดังนั้นนักกีฬาควรที่ปล่อยบอลให้ความเร็วของลูกต่ำ และมุมของลูกขณะปล่อยบอลเหมาะสม มุมที่เหมาะสมที่สุด คือ 52 – 55 องศา (11) มีความเร็วของลูกอยู่ที่ 6.0 - 7.2 เมตรต่อวินาที (15) โดยทฤษฎีนี้จะส่งผลให้นักกีฬาได้เปรียบหลายๆ ด้าน เช่น นักกีฬาจะยิงแม่นยำมากขึ้น ลดการเกิดการล้าของรยางค์ส่วนบน และยังทำให้มุมที่ใช้ในการปล่อยบอลเพิ่มขึ้น ทำให้ลูกเข้าห่วงมากขึ้น

กีฬาบาสเกตบอลเป็นกีฬาประเภททีมเช่นเดียวกับ ฟุตบอล วอลเลย์บอล แฮนด์บอล เป็นต้น ซึ่งจะมีความแตกต่างกับกีฬาประเภทบุคคล หรือ ประเภทคู่ เช่น เทเบิลเทนนิส เทนนิส กอล์ฟ แบดมินตัน ดังนั้นปัจจัยที่ส่งผลต่อสมรรถภาพของนักกีฬาประเภทบุคคล หรือ ประเภทคู่ นั่นคือ ปัจจัยทางด้านจิตใจ ได้แก่ การขาดความมั่นใจ การเครียด และการไม่สามารถรับมือเทคติกของคู่ต่อสู้ได้ (16) I-Ting Chen และคณะในปี ค.ศ. 2010 ได้กล่าวว่า ปัจจัยทางด้านจิตใจทั้ง 3 อย่างนี้เป็นปัจจัยที่เกิดในนักแบดมินตันมากที่สุด ซึ่งทำให้สมรรถภาพการแข่งขันลดลง (14) เนื่องจากการเสียแต้มหลายครั้งติดต่อกัน นักกีฬาเกิดการสูญเสียความเชื่อมั่น พฤติกรรมของโค้ชที่แสดงก็เป็นปัจจัยอย่างหนึ่งที่ส่งผลกระทบทางด้านจิตใจของนักกีฬาระหว่างแข่งขัน (17) นอกจากนี้งานของ Mamassis และ Doganis ได้ทำการฝึกทางด้านจิตใจในนักกีฬาเทนนิสเป็นเวลา 25 สัปดาห์ก่อนการแข่งขัน พบว่า นักกีฬาเทนนิสที่มีการพัฒนาสมรรถภาพการเล่นเทนนิสมากขึ้น จะมีความวิตกกังวลลดลง ในขณะเดียวกันความมั่นใจในตัวเองเพิ่มขึ้น (18) แต่สำหรับปัจจัยที่ส่งผลต่อสมรรถภาพการเล่นบาสเกตบอล หรือกีฬาที่มีการตัดสินกันด้วยคะแนนเป็นหลัก อีกทั้งมีเวลาเป็นตัวกำหนดการตัดสิน คือ ปัจจัยทางด้านการล้า เพราะว่าถ้าสมาชิกของทีมเกิดกล้ามเนื้อล้า จนทำให้สมรรถภาพลดลงอย่างเห็นได้ชัด โค้ชจึงต้องตัดสินใจเปลี่ยนตัวออกมาพัก ซึ่งการเปลี่ยนตัวนั้นเกิดผลเสียโดยทำให้รูปแบบการเล่นเกิดการเปลี่ยนแปลงไป จากการที่ได้เปรียบอยู่อาจกลับกลายเป็นเสียเปรียบได้

ดังนั้นปัจจัยที่ส่งผลต่อกีฬาบาสเกตบอลเป็นหลัก คือ การล้า เพราะทำให้สมรรถภาพการเล่นลดลง รวมไปถึงความแม่นยำในการยิงลดลง จึงจำเป็นที่จะต้องหาวิธีในการลดการล้าของนักกีฬาเป็นหลัก สำหรับปัจจัยทางด้านจิตใจ พบว่า อาจไม่มีความสำคัญในกีฬาบาสเกตบอลเนื่องจากนักกีฬาสามารถเปลี่ยนตัว ปรับสภาพจิตใจให้ปกติ แล้วกลับไปลงเล่นใหม่ได้ แต่กีฬาประเภทบุคคล หรือประเภทคู่ ไม่สามารถเปลี่ยนตัวได้ จึงจำเป็นต้องฝึกทางด้านสมรรถภาพของร่างกายเป็นหลัก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ความหนักของการแข่งขันในกีฬาบาสเกตบอล

กีฬาบาสเกตบอลเป็นกีฬาที่เล่นกันเป็นทีม นักกีฬาในทีมนั้นจะต้องพยายามทำคะแนนและป้องกันการทำคะแนนจากฝ่ายตรงข้าม นักกีฬาจะต้องใช้ทั้งทักษะการวิ่งเต็มที่ (sprint) กระโดด เลี้ยงบอล ส่งบอล-รับบอล ยิง วิ่งเปลี่ยนทิศทาง และการป้องกัน ตลอดเวลาการแข่งขัน โดยการเคลื่อนที่ส่วนใหญ่เป็นแบบการเคลื่อนที่แบบเฉพาะ (slide, sprint ,jump, cut) ประมาณ 40% ของเวลาที่อยู่ในสนาม โดยแบ่งเป็นความหนักๆ มากร้อยละ 8.8 หนักปานกลางร้อยละ 17.7 และเบาร้อยละ 14.2% (19) การใช้พลังงานของกีฬาบาสเกตบอลโดยทั่วไปแล้วจะใช้พลังงานแบบ ATP-PCr system 60% Glycolysis system 20% และ Oxidative system 20% ดังนั้นการที่ใช้ระบบ ATP-PCr เป็นหลักจะส่งผลทำให้นักกีฬามีการคั่งของแลคเตทมากขึ้น จากการศึกษาของ Rodriguez-Alonso และคณะ

ในปี ค.ศ. 2003 ศึกษาเกี่ยวกับอัตราชีพจรและแลคเตท ในการแข่งขันบาสเกตบอลระดับชาติและนานาชาติทีมหญิง รายงานว่า อัตราชีพจรระหว่างการแข่งขันระดับนานาชาติเฉลี่ยร้อยละ 94.6 ของอัตราชีพจรสูงสุด ระดับชาติเฉลี่ยร้อยละ 90.8 ของอัตราชีพจรสูงสุด มีแลคเตทเฉลี่ยสูงสุดที่ 9.7 มิลลิโมลต่อลิตรในระดับนานาชาติ และ 8.4 มิลลิโมลต่อลิตรในระดับชาติ (20) ต่อมาในปี 2007 Abdelkrim และคณะ ได้ทำการศึกษาในนักบาสเกตบอลชายอายุต่ำกว่า 19 ปี รายงานว่า มีอัตราชีพจรเฉลี่ยที่ 171 ครั้งต่อนาที คิดเป็นร้อยละ 91 ของอัตราชีพจรสูงสุด และมีค่าแลคเตทสูงสุด 13.2 มิลลิโมลต่อลิตร (18) เมื่อเทียบกับค่าแลคเตทขณะพัก (1-2 มิลลิโมลต่อลิตร) พบว่าสูงกว่าในขณะพักมาก

ดังนั้นกีฬาบาสเกตบอลจัดเป็นกีฬาที่ต้องใช้พลังงานอย่างมาก สำหรับผู้เล่นที่เป็นกำลังหลักของทีม จำเป็นต้องใช้เวลาในการแข่งขันมากกว่าร้อยละ 80 ของเวลาในการแข่งขันทั้งหมด ส่งผลให้นักกีฬาเกิดการคั่งของกรดแลคติกมาก ซึ่งเป็นเหตุผลให้เกิดสภาวะ metabolic acidosis และระบบการไหลเวียนไม่มีประสิทธิภาพ การที่เลือดกลับสู่หัวใจ (venous return) ไม่เพียงพอ การล้าของร่างกายก็จะเกิดขึ้นเรื่อยๆ ส่งผลให้กล้ามเนื้อล้า ปวดกล้ามเนื้อ การทำงานมีประสิทธิภาพลดลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งประสิทธิภาพการเคลื่อนที่ของการกระโดดยิงลดลง ในสภาวะการล้าของกล้ามเนื้อสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ การล้าจากส่วนกลาง (central fatigue) เกิดจากการเปลี่ยนแปลงภายในหน้าที่ของระบบประสาท ส่วนกลางที่มีการล้มเหลวในการส่งสัญญาณไปยังกล้ามเนื้อ (21) และการล้าจากส่วนปลาย (peripheral fatigue) เกิดในบริเวณรอยต่อของเส้นประสาทและภายในกล้ามเนื้อ (22)

การล้าจากส่วนกลาง (Central fatigue)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การล้าจากระบบประสาทส่วนกลางหรือการล้าจากส่วนกลาง เป็นชนิดการล้าที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงภายในหน้าที่ของระบบประสาทส่วนกลางที่มีความล้มเหลวในการส่งสัญญาณไปที่รอยต่อของเส้นประสาท เพื่อให้เกิด action potential ส่งไปยังกล้ามเนื้อเพื่อให้เกิดการหดตัว (21) ความผิดปรกตินี้จะเกิดขึ้นที่การทำงานของ motorneurone ที่สมองส่งสัญญาณมาที่รอยต่อของเส้นประสาททำให้เกิดการหดตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อ ซึ่งขณะส่งสัญญาณมาบริเวณ axon เกิดการถูกปิดกลั้น จนไปทำให้สัญญาณที่ถูกส่งออกมาไม่มีประสิทธิภาพ ดังนั้นการหดตัวของกล้ามเนื้อจึงด้อยประสิทธิภาพไป ส่วนใหญ่แล้วการล้าจากส่วนกลางมักเกิดในช่วงการออกกำลังกายที่ยาวนาน ซึ่งเมื่อเกิดการล้าจากส่วนกลางส่งผลทำให้หลั่ง serotonin ในสมองเพิ่มมากขึ้น โดยเป็นสารสื่อประสาทที่เกี่ยวกับการนอนหลับ ขาดแรงจูงใจ ล้า เป็นต้น (23) ในการวัดการล้าจากการออกกำลังกายที่เป็นแบบ noninvasive นั้นมีด้วยกัน 3 วิธี ได้แก่ 1) การเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงในอัตราส่วนการทำงานของส่วนกลาง (central activation ratio; CAR) ก่อนและหลังออกกำลังกาย ซึ่ง CAR หมายถึง

ค่าของการหดตัวสูงสุดของกล้ามเนื้อหารด้วยค่าสูงสุดของแรงทั้งหมด (24) 2) การเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนของแรงที่เกิดจากการหดตัวสูงสุดหารด้วยแรงที่เกิดจากการกระตุ้น (MVC/tetannic force ratio) (25) ถ้าอัตราส่วนลดลงบ่งชี้ว่าเกิดการลดลงของแรงที่เกิดจากการหดตัวสูงสุด เป็นผลทำให้ระบบการทำงานของส่วนกลางล้มเหลว 3) การเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของ Integrated EMG ขณะออกกำลังกายกับการเปลี่ยนแปลงขนาดของ compound muscle action potential (iEMG/CMAP ratio) (10) โดย CMAP หรือ M-wave ได้จากการกระตุ้นไฟฟ้าไปที่เส้นประสาทที่สั่งให้กล้ามเนื้อเป้าหมายหดตัว ในการศึกษาเกี่ยวกับการออกกำลังกายรยางค์ขาจะกระตุ้นไฟฟ้าที่ tibial nerve เพื่อให้ gastrocnemius หดตัว เป็นวิธีมาตรฐานที่นิยมใช้โดยทั่วไป ถ้าขนาดของ CMAP ลดลงแต่ค่า iEMG ไม่เปลี่ยนแปลงบ่งชี้ว่าเป็นการล้าจากส่วนปลาย แต่ถ้าค่า CMAP ไม่เปลี่ยนแปลง แต่ iEMG มีการลดลง บ่งชี้ว่าเป็นการล้าที่ส่วนกลาง (26) สำหรับงานวิจัยนี้จะใช้วิธีที่ 3 เนื่องจากเป็นการวัดที่มีความแม่นยำและยังสามารถวัดขณะออกกำลังกายได้

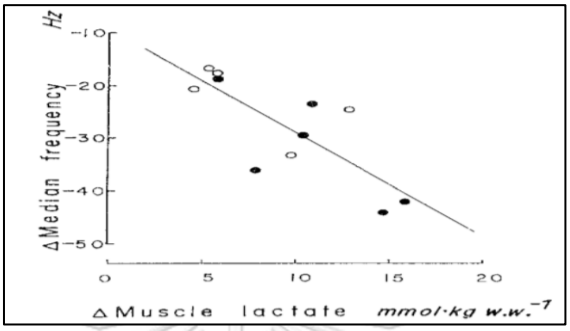
ความสัมพันธ์ระหว่างแลคเตทกับการล้าจากส่วนปลาย

การออกกำลังกายที่มากกว่า 70% VO_2 max จะเพิ่มความดันภายในกล้ามเนื้อส่งผลทำให้เกิดการปิดกั้นการไหลของเลือด (27) เลือดไม่สามารถขนส่งออกซิเจนมาที่กล้ามเนื้อได้เพียงพอ ส่งผลให้เกิดการสร้างพลังงานแบบ glycolysis มาใช้ โดยการใช้ glycogen จากกล้ามเนื้อมาเปลี่ยนให้อยู่ในรูป pyruvate เพื่อใช้ในการสร้างพลังงานขึ้น ผลที่เกิดขึ้นคือมีแลคติกสะสมเพิ่มขึ้น ส่วนใหญ่แล้วกล้ามเนื้อชนิด fast twitch fibers จะเกิดการล้าได้ง่ายกว่า slow twitch fibers ในขณะออกกำลังกาย ผลของการเกิดแลคติกเพิ่มขึ้นจะส่งผลทำให้เกิด H^+ เพิ่มขึ้นและเกิดการเป็นกรดมากขึ้น เมื่อแลคติกและ H^+ ได้เข้าสู่กระแสเลือดจะเปลี่ยนรูปเป็นแลคเตท การที่มี H^+ มากขึ้น จะทำให้เกิดการกระตุ้นให้ Ca^{2+} หลั่งออกมาจาก sarcoplasmic reticulum น้อย (28) เนื่องจากเพิ่ม threshold ของการเกิด action potential ขึ้น ทำให้การหดตัวของกล้ามเนื้อและแรงในการหดตัวน้อยลง สรุปได้ว่าผลของการหดตัวที่ลดลงในช่วงที่เกิดการล้า เป็นผลมาจากจากสะสมของแลคเตทมากขึ้น ดังนั้นการส่งกระแสไฟฟ้าจึงเกิดการเปลี่ยนแปลงไป เป็นเหตุให้เกิดการล้าจากส่วนปลายขึ้น

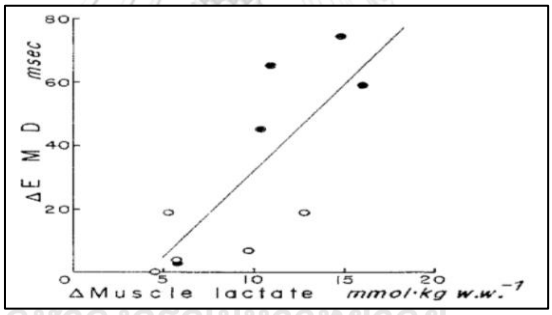
ในปี ค.ศ. 1987 Horita และ Ishiko (29) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างการสะสมแลคเตทที่กล้ามเนื้อและการทำงานของ surface EMG ขณะเหยียดขาแบบเกร็งค้างไว้ 30 และ 60 วินาที ในผู้ชายอายุเฉลี่ย 23.6 ปี พบว่า ช่วงสุดท้ายของการเหยียดขาแบบเกร็งค้างมีแรงที่ลดลง 59% เมื่อเทียบกับช่วงแรกของการเหยียดขา ความเข้มข้นของแลคเตทเพิ่มขึ้นภายหลังจากเหยียดขา 30 และ 60 วินาที เมื่อเทียบกับขณะพัก ความสัมพันธ์ระหว่างแลคเตทและค่า median frequency พบว่ามีความสัมพันธ์กัน (ภาพที่ 2.1) และความสัมพันธ์ระหว่างแลคเตทกับระยะเวลาระหว่างช่วง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เริ่มต้นของไฟฟ้ากระตุ้นถึงช่วงกล้ามเนื้อเริ่มหดตัว (Electromechanical delay; EMD) พบว่ามีความสัมพันธ์กัน (ภาพที่ 2.2) สรุปได้ว่าการสะสมของแลคเตทจะมีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงความถี่ของ EMG และความสามารถการหดตัวของกล้ามเนื้อในขณะออกกำลังกายอย่างหนัก รวมถึงมีการลดประสิทธิภาพการทำงานของสัญญาณไฟฟ้า ซึ่งเป็นผลของการล้าที่เกิดจากส่วนปลาย



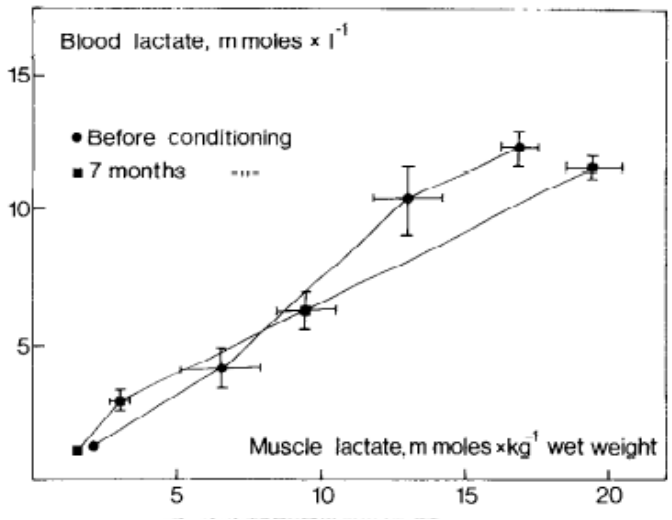
ภาพที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงของ median frequency และ muscle lactate ขณะหดตัวแบบเกร็งค้าง 30 (จุดสีขาว) และ 60 วินาที (จุดสีดำ) (29)



ภาพที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลง EMD และ muscle lactate ขณะหดตัวแบบเกร็งค้าง 30 วินาที (จุดสีขาว) และ 60 วินาที (จุดสีดำ) (29)

ค่าแลคเตทที่วัดจากกล้ามเนื้อโดยตรงนั้นจะมีความแม่นยำอย่างมาก เพราะเป็นแลคเตทที่ได้จากการทำงานของกล้ามเนื้อที่สนใจโดยตรง แต่การวัดค่าแลคเตทจะทำโดยวิธี muscle biopsy ในกล้ามเนื้อที่สนใจ ซึ่งเป็นวิธีที่ทำโดยแพทย์ผู้มีความรู้ความชำนาญการเฉพาะ อีกหนึ่งวิธีที่สามารถทำการวัดค่าแลคเตทได้ คือ การวัดจากเลือด โดยการใช้เข็มเจาะที่เส้นเลือดดำหรือเส้นเลือดแดง ซึ่งได้มีผู้วิจัยได้ศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างแลคเตทในกล้ามเนื้อและแลคเตทในเลือด (ภาพที่ 2.3) พบว่า ทั้งในช่วงก่อนออกกำลังกาย และหลังออกกำลังกายมาแล้ว 7 เดือน มีความสัมพันธ์กันระหว่างแลคเตทในกล้ามเนื้อและแลคเตทในเลือด (30) คือ ถ้าแลคเตทกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นจะส่งผลทำให้แลคเตทในเลือดเพิ่มขึ้น แต่ค่าของแลคเตทในเลือดจะมีค่าน้อยกว่าแลคเตทในกล้ามเนื้อ เป็นเพราะว่า

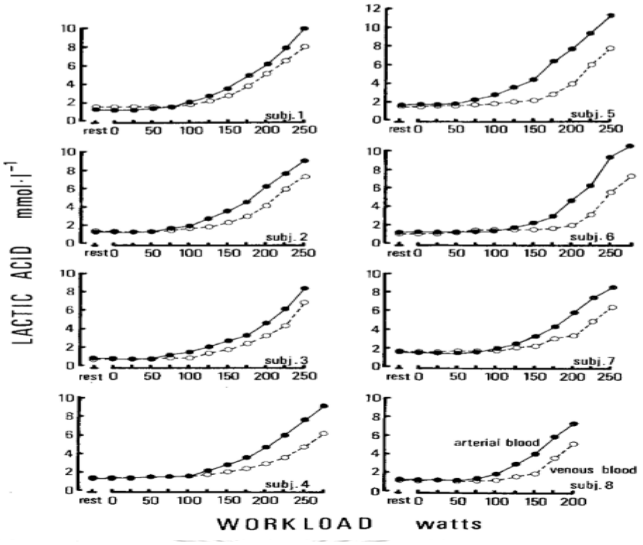
แลคเตทในกล้ามเนื้อจะซึมผ่านหลอดเลือดอย่างค่อยเป็นค่อยไป จึงทำให้ค่าแลคเตทในเลือดมีค่าที่ต่ำกว่าแลคเตทในกล้ามเนื้อ แต่เนื่องด้วยการวัดแลคเตทในเลือดเป็นวิธีที่สะดวก ปลอดภัย จึงเป็นที่นิยมใช้ในงานวิจัย



ภาพที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแลคเตทในกล้ามเนื้อและแลคเตทในเลือดของก่อนออกกำลังกาย (วงกลม) และหลังออกกำลังกาย 7 เดือน (สี่เหลี่ยม) (30)

การวัดแลคเตทในเลือดสามารถวัดได้จากเส้นเลือดดำ (venous lactate) และเส้นเลือดแดง (arterial lactate) ซึ่งค่าที่ได้พบว่า ค่าแลคเตทจากเส้นเลือดแดงมีค่ามากกว่าแลคเตทจากเส้นเลือดดำ ดังงานวิจัยของ Yoshida และคณะ (31) ในปี ค.ศ. 1982 โดยการให้อาสาสมัครปั่นจักรยานวัดงานเริ่มต้นที่ 0 วัตต์ จากนั้นเพิ่ม 25 วัตต์ในทุกๆ นาทีจนไม่สามารถปั่นต่อไปได้ ในแต่ละนาทีจะมีการเจาะเลือดที่ arterial และ venous ของต้นแขน ผลงานวิจัยพบว่า เมื่อความหนักเพิ่มขึ้น arterial จะมีค่าแลคเตทที่สูงกว่า venous (จากภาพที่ 2.4) เกิดจากการที่ lactate utilization ของกล้ามเนื้อแขนที่ซึ่งไม่ได้ใช้งานจากการปั่นจักยาน ทำให้เมื่อแลคเตทเข้ามายัง brachial artery ปริมาณของแลคเตทร้อยละ 30 - 50 จะถูกออกซิไดซ์เป็นคาร์บอนไดออกไซด์ โดยกล้ามเนื้อต้นแขน ดังนั้นส่งผลทำให้แลคเตทในเส้นเลือดดำ (venous lactate) มีความเข้มข้นน้อยกว่าแลคเตทในเส้นเลือดแดง (arterial lactate)

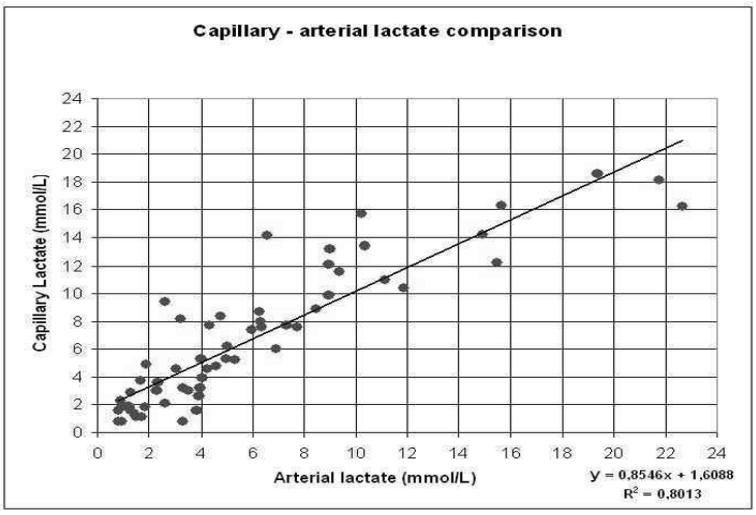
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพที่ 4 แสดงค่า arterial lactate และ venous lactate concentration ช่วงการปั่นจักรยานที่ความหนักสูงขึ้นเรื่อยๆ ของแต่ละอาสาสมัคร (31)

ในงานวิจัยได้พิสูจน์แล้วว่าแลคเตทในเส้นเลือดแดงและเส้นเส้นเลือดฝอยมีความสัมพันธ์กัน จากภาพที่ 2.5 พบว่าค่าแลคเตททั้งเส้นเลือดแดงและเส้นเลือดฝอยมีความสัมพันธ์ที่ r = 0.8 (32) ดังนั้นสามารถใช้การวัดแลคเตทในเส้นเลือดฝอยแทนเส้นเลือดแดงได้ การวัดที่เส้นเลือดฝอยเป็นวิธีที่นิยมใช้ในงานวิจัยที่เกี่ยวกับการออกกำลังกายและทางด้านการกีฬา เนื่องจากเหมาะกับการวัดขณะการเคลื่อนไหวร่างกาย และใช้ระยะเวลาในการเจาะเลือดน้อย ซึ่งบริเวณที่นิยมวัดแลคเตทในเส้นเลือดฝอย ได้แก่ ติ่งหูและปลายนิ้วมือ ทั้งนี้พบว่าทั้ง 2 บริเวณได้ค่าแลคเตทไม่แตกต่างกัน (ติ่งหู 8.41 ± 2.35 mmol/L, ปลายนิ้ว 8.81 ± 2.3 mmol/L) (33) ซึ่งในปัจจุบันงานวิจัยจะใช้การเจาะเลือดที่บริเวณปลายนิ้วแทน เนื่องจากการเจาะเลือดที่บริเวณติ่งหูจะใช้แผ่นแข็งมารองที่หลังใบหูเพื่อให้ติ่งหูตึง เพราะว่าถ้าไม่นำแผ่นแข็งมารองจะทำให้เวลาเจาะจะได้เลือดปริมาณที่น้อย ทำให้ต้องบีบและเค้นเพื่อให้เลือดออกมา จึงทำให้รู้สึกเจ็บมากและทำให้เกิดข้อผิดพลาดมาก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



ภาพที่ **5** แสดงค่าการเปรียบเทียบ capillary lactate กับ arterial lactate (32)

กลไกการขนส่งกรดแลคติกที่เกิดขึ้น

การออกกำลังกายหรือการแข่งขันกีฬาที่มีความหนักเบาและปานกลาง ร่างกายจะมีการสร้างพลังงานที่มาจากกระบวนการสร้าง ATP ซึ่งเป็นกระบวนการที่ใช้ออกซิเจน เรียกว่า ระบบการสร้างพลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจน (aerobic system) โดยการสลายน้ำตาลกลโคสเพื่อให้ได้ไพรูเวท ต่อมาเปลี่ยนเป็นอะซิทิลโคเอนไซม์เอ (Acetyl coenzyme A) เพื่อเข้าสู่วัฏจักรเครปส์ (Krabs' cycle) ต่อไป แต่สำหรับการออกกำลังกายหรือแข่งขันกีฬาที่มีความหนักมาก ร่างกายจะมีการสร้างพลังงานที่มาจากกระบวนการแบบไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic system) คือการที่กระบวนการสลายน้ำตาลกลูโคสที่ไม่สมบูรณ์ เมื่อเปลี่ยนไปเป็นไพรูเวทแล้ว ไม่สามารถเข้าไปสู่วัฏจักรเครปส์ได้เนื่องจากขาดออกซิเจน จึงทำให้เปลี่ยนไปเป็นแลคเตท (lactate) (34) ทำให้ค่า pH ของร่างกายเป็นกรดมากขึ้น จากนั้นแลคเตทเข้าสู่กระแสเลือดแล้วถูกขนส่งไปยังตับเพื่อเปลี่ยนแลคเตทให้กลับเป็นกลูโคส (35) ด้วยเอนไซม์ lactate dehydrogenase เรียกขบวนการนี้ว่า gluconeogenesis จากนั้นกลูโคสจะเข้าสู่กล้ามเนื้อเพื่อสร้างพลังงานต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ผลของการล้าต่อประสิทธิภาพการกระโดดยิงในบาสเกตบอล

กีฬาบาสเกตบอลเป็นกีฬาที่มีการเคลื่อนที่อยู่ตลอดเวลาของการแข่งขัน นักกีฬาที่แข่งขันเป็นระยะเวลานานมักจะเกิดการล้าขึ้นระหว่างการแข่งขัน และการล้าจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เมื่อนักกีฬามีการพักไม่เพียงพอ ส่งผลให้สมรรถภาพของนักกีฬาขณะแข่งขันลดลง ประสิทธิภาพการกระโดดยิงลดลง เนื่องจากท่าทางการยิงมีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม

ในปี ค.ศ. 2006 งานวิจัยของ Erculj และ Supej (5) ได้ศึกษาเกี่ยวกับผลของการล้าต่อความสูงของการกระโดดยิงรวมถึงความแม่นยำในการยิงระยะ 3 คะแนน (7.25 เมตร) อาสาสมัครเป็นนักบาสเกตบอลในรายการการแข่งขันของสหรัฐอเมริกา (NBA) จำนวน 1 คน โดยให้อาสาสมัครทำการยิงระยะ 3 คะแนน รวมทั้งหมด 6 ชุด ซึ่งแต่ละชุดจะประกอบไปด้วยการยิงทั้งหมด 20 ครั้ง ซึ่งในแต่ละระหว่างชุดจะมีการออกกำลังกายที่เป็นเฉพาะของกีฬาบาสเกตบอล (วิ่งเร็ว เคลื่อนที่ไปด้านข้าง และกระโดด) เพื่อทำให้อาสาสมัครเกิดการล้า ผลการศึกษาพบว่า ค่าแลคเตทสูงสุด 9.7 มิลลิโมลต่อลิตร อัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ย 189.22 ครั้งต่อนาที คิดเป็นร้อยละ 92 ของ HR_{peak} การที่นักกีฬาเกิดการล้า แล้วส่งผลทำให้อัตราการเต้นของหัวใจเพิ่มขึ้น และปริมาณแลคเตทเพิ่มขึ้น ทำให้ความสูงของการกระโดดยิงลดลงอย่างเห็นได้ชัดเมื่อแลคเตทมีค่ามากกว่า lactate threshold (4.0 mmol/L) ดังนั้นการที่ความสูงของการกระโดดลดลง ส่งผลทำให้ความสูงของการปล่อยบอลลดลง ลดโอกาสที่ลูกบอลลงห่วง

ต่อมาในปี ค.ศ. 2009 Erculj และ Supej (6) ได้ทำการศึกษาต่อยอดจากงานวิจัยเดิม โดยดูตำแหน่งของแขนและหัวไหล่เพิ่มเติม ผลการศึกษาพบว่า ความสูงของไหล่และข้อมือลดลง เป็นผลมาจากความสูงของการกระโดดยิงลดลง เกิดจากการที่นักกีฬาล้า ทำให้การสร้างแรงลดลงจึงไม่มีแรงปล่อยบอลไปถึงห่วง อาสาสมัครมีการลดมุมของข้อศอกอย่างมาก ในชุดสุดท้ายมุมของข้อศอกเฉลี่ย 107 องศา ซึ่งลดลงประมาณ 20 องศา เมื่อเทียบกับชุดแรกของโปรแกรม การที่มุมของข้อศอกลดลงเป็นผลมาจากการล้าของนักกีฬาที่เกิดขึ้น ทำให้ต้องเพิ่มความเร็วเชิงมุมที่ข้อศอก เพื่อเพิ่มความเร็วของลูกขณะปล่อย ทำให้ประสิทธิภาพการยิงลดลง นอกจากนี้ยังพบความแตกต่างของมุมของข้อสะโพก ในการยิงระยะ 3 คะแนนลดลงเมื่อเทียบกับก่อนที่นักกีฬาเกิดการล้า เนื่องจากการล้าส่งผลให้ข้อติด ทำให้ลดพิสัยการเคลื่อนไหวที่สะโพก (36) Wan-Chin Chen และคณะ ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการล้าบริเวณส่วนบนร่างกายต่อความแม่นยำของการยิง พบว่า การล้าของแขนไม่ส่งผลต่อความแม่นยำในการยิงทั้ง 3 ระยะ ได้แก่ ระยะลูกโทษ (ระยะ 4.45 เมตร) ระยะ 2 คะแนน (ระยะ 5.45 เมตร) และ ระยะ 3 คะแนน (ระยะ 6.25 เมตร) เนื่องจากนักกีฬามีการใช้ส่วนอื่นช่วยในการรักษาความมั่นคงของการยิงขณะที่กล้ามเนื้อที่ช่วยในการงอข้อมือล้า แต่การล้าบริเวณหัวไหล่ ทำให้ความแม่นยำลดลงร้อยละ 10 ในแต่ละระยะทาง เนื่องจากข้อศอกไม่มีความมั่นคงในการรักษาให้อยู่ใน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตำแหน่งเดิมได้ อีกทั้งส่งผลในการลดความสัมพันธ์ของประสาทและกล้ามเนื้อ ส่งผลต่อมุมในการยิงและแรงในการปล่อยเปลี่ยนแปลงไป (37) นอกจากนี้ในงานของ Tsai ในปี ค.ศ. 2006 พบว่า ค่าเฉลี่ยของความเร็วเชิงมุมของข้อศอกลดลงร้อยละ 1.54 ข้อมือลดลงร้อยละ 4.89 สะโพกลดลงร้อยละ 3.05 และข้อเท้าลดลงร้อยละ 1.66 (4)

ต่อมางานวิจัยของ Rupcic และคณะ ได้ศึกษาถึงผลของการล้าเฉพาะบาสเกตบอลในนักกีฬาบาสเกตบอลชายอายุ 16 ปี ต่อความแม่นยำและตัวแปรทางการเคลื่อนไหวของนักกีฬา ผลการศึกษาพบว่า การยืนยิงลูกโทษ (ระยะ 4.45 เมตร) ในขณะล้า มุมของลูกที่เข้าห่วงจะลดลง (ก่อน 43.9 องศา , หลัง 39.6 องศา) แต่เมื่อดูความแม่นยำกลับไม่แตกต่าง สรุปได้ว่าการยืนยิงที่ระยะลูกโทษขณะเกิดการล้า ไม่ส่งผลต่อความแม่นยำ เป็นเพราะว่าการยิงลูกโทษเป็นการยิงที่ใช้แรงน้อย แต่มีการใช้การประสานของประสาทและกล้ามเนื้ออย่างมาก มุมของลูกบอลที่เข้าห่วงระหว่างลูกที่ลงห่วงกับไม่ลงห่วง พบว่า ในระยะ 3 คะแนน (ระยะ 6.25 เมตร) มุมที่ลูกบอลเข้าห่วงในลูกที่ลงห่วง (44.3 องศา) มีมุมที่มากกว่าลูกบอลไม่เข้าห่วง (41.76 องศา) (38) เพราะว่าการที่มุมที่ลูกเข้าห่วงยิ่งมากจะส่งผลทำให้เพิ่มพื้นที่ๆลูกเข้าห่วงได้มากกว่ามุมที่ลูกเข้าห่วงน้อย นอกจากนี้ผลของการล้าที่กล้ามเนื้อขายังส่งผลขณะกระโดดเพื่อเตรียมที่จะยิง ไม่มีแรงในการกระโดดลอยตัวและไม่สามารถยกบอลขึ้นเหนือศีรษะได้ทันที ส่งผลทำให้ความเร็วเชิงมุมของสะโพกและข้อเท้าลดลง ทำให้ใช้เวลาในการปล่อยบอลมากขึ้น

นอกจากนี้ผลของการล้าที่เกิดขึ้นยังส่งผลต่อความเสี่ยงของการเกิดการบาดเจ็บที่เอ็นไขว้หน้าในขณะที่หยุดกะทันหันแล้วกระโดดยิง ในปี ค.ศ. 2005 Chappell และคณะได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับผลของการต่อการเปลี่ยนแปลงทางไคเนมาติกและไคเนติกของเข่าขณะวิ่งมาแล้วหยุดกะทันหันแล้วก็กระโดด พบว่า ผลของการล้าส่งผลต่อการกระโดดลดลงเฉลี่ย 5 เซนติเมตร ค่า peak proximal tibial anterior shear force มีค่าเพิ่มขึ้นร้อยละ 21 ค่า knee flexion angle ลดลงเฉลี่ยร้อยละ 14 (39) ดังนั้นการบาดเจ็บของเอ็นไขว้หน้าเกิดจากการลดลงของ knee flexion angle จึงทำให้เกิด anterior shear force กระทำที่กระดูกหน้าแข้ง กล้ามเนื้อ quadriceps มีการหดตัวเพิ่มขึ้นทำให้เกิดมุมเพิ่มขึ้นระหว่าง patella tendon ถึง tibial เกิดแรงมากระทำที่เอ็นไขว้หน้ามากขึ้น (40) ส่งผลทำให้เกิดการบาดเจ็บที่เอ็นไขว้หน้าขึ้นได้

ดังนั้นการฟื้นฟูร่างกายขณะแข่งขันหรือฝึกซ้อมเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างมากสำหรับนักกีฬาบาสเกตบอลหรือกีฬาชนิดอื่นๆ จากการค้นคว้างานวิจัยต่างๆ พบว่า อุปกรณ์รัดกล้ามเนื้อมีคุณสมบัติสามารถช่วยเพิ่มการไหลเวียนเลือดได้ โดยเฉพาะเพิ่ม venous return (7) การที่ venous return เพิ่มขึ้นส่งผลทำให้ของเสียต่างๆที่เกิดจากการเผาผลาญของกล้ามเนื้อขณะออกกำลังกายหรือเล่นกีฬาที่คั่งยังส่วนต่างๆ จะถูกขนส่งออกจากกล้ามเนื้อบริเวณที่ใช้ออกกำลังกายเพื่อนำไปจำกัดที่ตับหรืออวัยวะอื่นๆ

คุณลักษณะและคุณสมบัติของกางเกงรัดกล้ามเนื้อ

กางเกงรัดกล้ามเนื้อ (Compression Shorts) ในปัจจุบัน ถูกใช้อย่างแพร่หลายในด้านการออกกำลังกายและการเล่นกีฬา โดยมีด้วยกันหลายประเภท เช่น ขาสั้นและขายาว ซึ่งนักกีฬาต่างให้ความสนใจอย่างมาก ทั้งนี้เพื่อใช้ในการเพิ่มสมรรถภาพระหว่างการออกกำลังกาย การฝึกซ้อม และการแข่งขัน สิ่งสำคัญของกางเกงรัดกล้ามเนื้อคือแรงรัดของกางเกงรัดกล้ามเนื้อต่อผิวหนัง พบว่า การที่จะให้แรงรัดที่เหมาะสมได้นั้นจะขึ้นอยู่กับ ความพอดีของกางเกงรัดกล้ามเนื้อ (garment fit) และชนิดเส้นใยผ้า (41)

ขนาดของกางเกงรัดกล้ามเนื้อที่พอดีกับร่างกาย แต่ละบริษัทผู้ผลิตจะมีการกำหนดขนาดที่แตกต่างกันออกไป แต่จะใช้ความสูงและน้ำหนัก (สำหรับกางเกง) ของแต่ละคน เพื่อให้ผู้ใส่นั้นใส่ได้พอดี ยกตัวอย่างเช่น บริษัท SKINS จะจำกัดเกณฑ์สำหรับใส่ไซ้ส์กางเกงขนาดกลาง ที่ความสูง 155-195 เซนติเมตร และน้ำหนัก 65-85 กิโลกรัม เพื่อให้แรงรัดที่เหมาะสมตามที่บริษัทกำหนด สำหรับแบบที่รัดแขนหรือรัดน่อง จะใช้เส้นรอบวงของแขนและน่องส่วนที่หนาที่สุดมาทำการวัดขนาดที่ใส่ เป็นต้น และอีกปัจจัยหนึ่ง คือ ชนิดเส้นใยผ้า พบว่า ชนิดผ้าที่ทำให้เกิดแรงรัดที่ผิวหนัง ได้แก่ elastane ซึ่งบางผู้ผลิตก็จะใช้ spandex หรือ Lycra ทั้ง 3 ชนิดนี้ทำมาจากเส้นใยสังเคราะห์ที่ซึ่งให้ความยืดหยุ่นได้ดี รวมทั้งให้ความแข็งแรงและความทนทานได้ดีกว่ายางทั่วไป เวลาถูกยืดสามารถหดตัวกลับมารูปร่างเดิมได้เร็ว และแห้งไวมากกว่าผ้าทั่วไป สำหรับวัสดุเส้นใยผ้าที่ใช้มาทำกางเกงของบริษัท SKINS รุ่น A400 จะใช้ 75% Nylon และ 25% Spandex ซึ่งการที่กางเกงมีส่วนผสมของ Spandex มาก ก็จะทำให้เกิดแรงรัดกล้ามเนื้อที่พอดีกับขา และราคาก็จะแพงขึ้น ยกตัวอย่างกางเกงรัดกล้ามเนื้อของ Nike รุ่น Pro Hypercool จะใช้ 92% Polyester และ 8% Spandex ซึ่งขายใน www.nike.com ในราคา $32 แต่ของ SKINS ขายในราคา $84.99 ซึ่งจะเห็นว่าถ้า Spandex ยิ่งมาก ราคาก็จะยิ่งมากขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

การที่ให้แรงรัดของที่รัดกล้ามเนื้อไปยังส่วนต่างๆ บริษัทผู้ผลิตจะใช้หลักของการเพิ่มแรงรัดขึ้น เรื่อยๆ นั้นคือ การให้แรงรัดที่เบาที่สุดยังส่วนที่อยู่ใกล้กับลำตัว และจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆเมื่อไกลจากลำตัว ออกไป เพื่อประโยชน์ในการลดการคั่งของเลือดดำภายในหลอดเลือด และช่วยเพิ่มการไหลของเลือดดำกลับสู่หัวใจ ซึ่งประโยชน์นี้ถูกใช้ในทางการแพทย์โดยการรักษาผู้ป่วยที่เป็น เส้นเลือดขอด ขาบวมผิดปกติ ลิ่มเลือดอุดตันเส้นเลือดดำที่เกิดจากภายหลังผ่าตัด เป็นต้น

กลไกทางด้านสรีรวิทยาของกางเกงรัดกล้ามเนื้อ

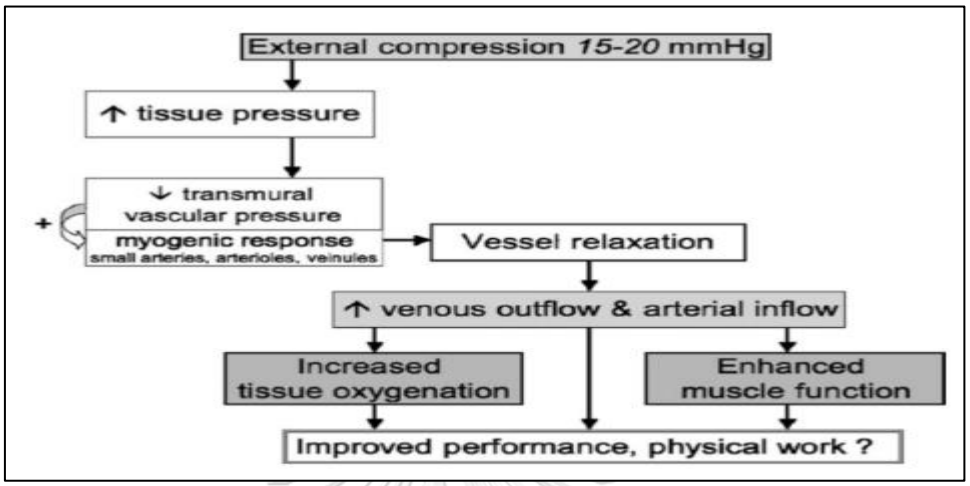
ในปี ค.ศ. 2011 Lovell (42) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับผลการใส่กางเกงรัดกล้ามเนื้อแบบขายาว จะส่งผลอย่างไรต่อ active recovery ภายหลังจากการวิ่งระดับความหนักปานกลางและหนักมาก ในนักกีฬารักบี้จำนวน 26 คน พบว่า ช่วง active recovery (6 km/h) การทดลองครั้งที่ใส่กางเกงรัดกล้ามเนื้อจะมีอัตราชีพจรและแลคเตทลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับครั้งที่ใส่กางเกงวิ่งที่ไม่มีแรงรัด เป็นผลมาจากการใส่กางเกงรัดกล้ามเนื้อขณะวิ่งที่ระดับความหนักที่มาก ทำให้เกิดการเพิ่มการไหลของเลือดดำสูงขึ้น ช่วยขนส่งแลคเตทที่เกิดจากการเผาผลาญของกล้ามเนื้อ เพื่อไปเปลี่ยนจากที่มีความเข้มข้นเป็นกรดเปลี่ยนให้เป็นด่าง (buffering) โดยการหายใจ หรือ ภายในเลือด ดังนั้นสารที่เกิดจากการบัฟเฟอร์ คือ คาร์บอนไดออกไซด์จะเพิ่มสูงขึ้น จะสังเกตได้จากการที่มีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้น ผลของอัตราชีพจรลดลงสำหรับการใส่กางเกงรัดกล้ามเนื้อ เนื่องจากผลของกางเกงรัดกล้ามเนื้อ ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของเลือดไหลกลับสู่หัวใจ (venous return) ส่งผลทำให้ปริมาณเลือดส่งออกจากหัวใจต่อนาที (cardiac output) เพิ่มขึ้น จากการเพิ่มปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจในแต่ละครั้งเพิ่มขึ้น และอัตราชีพจรลดลง (7)

ในปี ค.ศ. 2013 Driller และ Halson ศึกษาเกี่ยวกับผลการใส่กางเกงรัดกล้ามเนื้อขายาวถึงข้อเท้าจะส่งผลอย่างไรในช่วงที่พัก 60 นาที ระหว่างการออกกำลังกาย 2 ครั้งๆละ 30 นาที พบว่า ครั้งที่ใส่กางเกงรัดกล้ามเนื้อจะมีการลดแลคเตทช่วงที่พัก 60 นาที ได้มากกว่าครั้งที่ไม่ใส่กางเกงรัดกล้ามเนื้อ [43] ส่งผลทำให้สมรรถภาพการออกกำลังกายหลังจากพักเสร็จไม่ลดลงจากการออกกำลังกายครั้งแรกเมื่อเทียบกับการที่ไม่ใส่กางเกงรัดกล้ามเนื้อ ครั้งที่ใส่กางเกงรัดกล้ามเนื้อจะมีการลดลงของเส้นรอบวงของต้นขาและน่องในช่วงพักมากกว่าครั้งที่ไม่ใส่กางเกงรัดกล้ามเนื้อ เนื่องจากการมีแรงรัดมารัดที่ผิวหนังจะทำให้ช่องว่างของกล้ามเนื้อลดลง เส้นใยกล้ามเนื้อมีการเรียงตัวเหมาะสม ลดการตอบสนองต่อการอักเสบและลดกล้ามเนื้อบวม (44)

จะเห็นได้ว่าการใส่อุปกรณ์รัดกล้ามเนื้อสามารถช่วยในด้านการเพิ่มการไหลเวียนกลับของเลือดกลับเข้าสู่หัวใจ (venous return) ระบบหัวใจและหลอดเลือดมีการพัฒนาจากผลของอุปกรณ์รัดกล้ามเนื้อที่ช่วยในการเพิ่มการขยายตัวและหดตัวของหลอดเลือด เพิ่มการบัฟเฟอร์แลคเตทมากขึ้น (36) ลดการอักเสบ บวมและเพิ่มอุณหภูมิผิวหนังในส่วนที่รัดกล้ามเนื้อปกคลุมอยู่ (45) ผลของอุปกรณ์รัดกล้ามเนื้อไม่ใช่แค่เพียงเพิ่มการไหลของเลือดกลับเข้าสู่หัวใจ สรุปได้ว่าผลของการใส่อุปกรณ์รัดกล้ามเนื้อจะส่งผลต่อการไหลของเลือดดำและเลือดแดงเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 2.6) การเพิ่มขึ้นของเลือด ส่งผลทำให้เพิ่มการบัฟเฟอร์แลคเตทมากขึ้น เนื่องจากการสะสมของแลคเตทที่มากขึ้นทำให้ร่างกายเป็นกรดมาก ซึ่งการบัฟเฟอร์ คือ การรักษาสมดุลให้ค่า pH ของร่างกายอยู่ในระดับปกติ ซึ่งสารที่ทำหน้าที่ในการบัฟเฟอร์ คือ amino acid, protein และ bicarbonate (HCO_3^-) (46) ลดการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

อักเสบและการบวม อีกทั้งยังช่วยเพิ่มปริมาตรเลือดที่ออกจากหัวใจใน 1 นาที ซึ่งผลต่างๆเหล่านี้ก็อาจจะส่งผลต่อการเพิ่มสมรรถภาพการออกกำลังกายและการแข่งขันกีฬาได้



ภาพที่ 6 กลไกทางด้านสรีรวิทยาของการมีแรงรัดจากภายนอกปริมาณ 15-20 มิลลิเมตรปรอท (44)

ผลของกางเกงรัดกล้ามเนื้อต่อสมรรถภาพ

ปี ค.ศ. 1996 Kraemer และคณะ (9) ศึกษาเกี่ยวกับผลของการใส่กางเกงรัดกล้ามเนื้อ ต่อ power output ในการกระโดดแนวดิ่ง พบว่า ในการใส่กางเกงรัดกล้ามเนื้อไม่ได้ทำให้เพิ่ม power output ขึ้นในครั้งที่กระโดดสูงที่สุด แต่พบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย power output ในการกระโดด 10 ครั้ง สูงกว่าในการใส่กางเกงชนิดอื่นทั้งชายและหญิง เนื่องจากผลของการใส่ที่รัดกล้ามเนื้อมีผลทำให้ช่วยพัฒนาระบบหัวใจและหลอดเลือด ลดการสะสมของแลคเตท อีกทั้งกางเกงรัดกล้ามเนื้อจะไปทำปฏิกิริยากับ cutaneous receptor เพื่อเพิ่มการรับรู้ของข้อต่อที่สะโพก อีกทั้งลดการสั่นของกล้ามเนื้อขณะลงสู่พื้นทำให้ลดการสร้างพลังงานของกล้ามเนื้อลงส่งผลให้ลดการล้า

ต่อมา Doan และคณะ ได้พิสูจน์ว่าการใส่กางเกงรัดกล้ามเนื้อ ทำให้ความสูงของการกระโดดเพิ่มขึ้นเมื่อทั้งชายและหญิงรวมกัน (8) ทั้งนี้เนื่องมาจากการวิจัยของ Doan ใช้กางเกงรัดกล้ามเนื้อที่มีส่วนผสมของยางซึ่งให้ความหนามากกว่ากางเกงรัดกล้ามเนื้อของ Kraemer ทำให้เวลากางเกงรัดกล้ามเนื้อถูกยืดออกจะมี elasticity force ในการหดตัวที่มาก ดังนั้นเวลาที่กระโดดจะเกิดแรงระเบิดขึ้นอย่างมากทำให้ความสูงของการกระโดดเพิ่มขึ้น อีกทั้งมีการงอเข่ามากกว่าการไม่ใส่กางเกงรัดกล้ามเนื้อ ซึ่งการงอเข่าที่มากทำให้มีการกระตุ้นของแรง (impulse) มากขณะกระโดด ความสูงของการกระโดดเพิ่มขึ้น

Ali และคณะ ในปีค.ศ. 2011 (47) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับผลของการใส่ถุงน่องทั้ง 3 ประเภท ได้แก่ ถุงน่องที่ให้แรงรัดเบา (low-grade) ถุงน่องที่ให้แรงรัดปานกลาง (medium-grade) ถุงน่องที่ให้แรงรัดมาก (high-grade) ส่งผลอย่างไรต่อสมรรถภาพขณะกล้ามเนื้อล้าจากการวิ่ง 10 กิโลเมตร ผลการศึกษาพบว่า เวลาในการวิ่ง 10 กิโลเมตรไม่พบความแตกต่างกันในแต่ละการทดลอง แต่พบว่าภายหลังจากการวิ่งมีการกระโดดสูงขึ้นมากกว่าก่อนวิ่งในครั้งที่ใส่ถุงน่องที่ให้แรงรัดเบา และ ถุงน่องที่ให้แรงรัดปานกลาง เนื่องมาจากมีการพัฒนาการรักษา power output ของการกระโดด (9) ลดการสั่นของกล้ามเนื้อขณะลงสู่พื้น (8) และเพิ่ม flexion-extension ของข้อเท้า แต่ไม่พบการใส่ถุงน่องที่ให้แรงรัดมากที่ทำให้ความสูงของการกระโดดเพิ่มขึ้นเนื่องจากแรงรัดระดับมาก จะทำให้อาสาสมัครรู้สึกแน่น อึดอัด ทำให้รู้สึกปวด ส่งผลทำให้สมรรถภาพการกระโดดลดลง (47) เพราะแรงรัดที่มากอาจไปยับยั้งการงอของข้อเท้าขณะกระโดดหรือลดการไหลของเลือดที่ช่วยในการเคลื่อนย้ายแลคเตทลง แต่แรงรัดระดับปานกลางจะให้แรงรัดที่ใต้เข่าอยู่ที่ 18 มิลลิเมตรปรอท ซึ่งใกล้เคียงกับการศึกษาของ Watanuki และ Murata (7) ว่าแรงรัดที่ต่ำที่สุดบริเวณน่องที่ส่งผลต่อการเพิ่มระบบหัวใจและหลอดเลือดและปริมาตรเลือดที่ออกจากหัวใจใน 1 นาที ทำให้ความสูงของการกระโดดเพิ่มขึ้นสูงขึ้นเมื่อเทียบก่อนวิ่ง (48)

สรุปผลจากการทบทวนวรรณกรรม

จากการทบทวนวรรณกรรมข้างต้น ทำให้ทราบผลของกางเกงรัดกล้ามเนื้อสามารถช่วยลดการเกิดการล้าจากการลดการสะสมของแลคเตท อีกทั้งยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการกระโดด แต่งานวิจัยที่ผ่านมาจะทำการศึกษาเกี่ยวกับการออกกำลังกายที่ไม่เฉพาะชนิดกีฬา ซึ่งในแต่ละชนิดกีฬาก็จะใช้กล้ามเนื้อ พลังงานที่แตกต่างกัน เป็นต้น ในงานนี้ผู้วิจัยได้ให้ความสนใจในกีฬาบาสเกตบอล เพราะเป็นกีฬาที่มีการเคลื่อนที่ตลอดเวลา ด้วยการเคลื่อนไหวที่เป็นเฉพาะของกีฬาบาสเกตบอลทำให้กล้ามเนื้อที่ใช้ในการกระโดดมีการทำงานมากกว่าในกีฬาชนิดอื่นๆ ทำให้นักกีฬาเกิดการล้าและสมรรถภาพลดลงระหว่างการแข่งขันได้ ซึ่งในกีฬาบาสเกตบอลจะนิยมใส่กางเกงรัดกล้ามเนื้อขาสั้น เพราะว่าการใส่กางเกงรัดกล้ามเนื้อขายาวจะส่งผลทำให้เกิดการจำกัดการเคลื่อนไหวของข้อสะโพก เข่า และข้อเท้ามากเกินไป ทำให้ลดประสิทธิภาพในการกระโดดลง ดังนั้นจึงเป็นที่มาที่จะศึกษาผลของการใส่กางเกงรัดกล้ามเนื้อต่อการล้าเฉพาะในกีฬาบาสเกตบอล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

รูปแบบการวิจัย

การวิจัยทดลองในมนุษย์แบบไขว้ (Human experimental study with cross over design) ในนักกีฬาบาสเกตบอลชายไทย อายุ 18-30 ปี

ระเบียบวิธีวิจัย

ประชากรเป้าหมาย (Target population) คือ นักกีฬาบาสเกตบอลชายไทยอายุระหว่าง 18-30 ปี ที่มีทักษะสูง

ประชากรที่ใช้ในการศึกษา (Study population) คือ นักบาสเกตบอลชายไทยอายุระหว่าง 18-30 ปี ที่มีทักษะสูงตามเกณฑ์การคัดเลือกเข้าศึกษาวิจัย

ตัวอย่าง (Sample) คือ นักกีฬาบาสเกตบอลชายไทยอายุระหว่าง 18-30 ปี ที่มีทักษะสูง ตามเกณฑ์การคัดเลือกเข้าศึกษาวิจัย และลงนามยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

เกณฑ์ในการคัดเข้าศึกษา (Inclusion criteria)

- ผู้เข้าร่วมงานวิจัยเป็นนักกีฬาบาสเกตบอลชายไทย อายุระหว่าง 18-30 ปี
- นักบาสเกตบอลที่มีทักษะสูง หมายถึง นักกีฬาบาสเกตบอลทีมมหาวิทยาลัย รวมถึงนักกีฬาบาสเกตบอลระดับสโมสรในประเทศไทย มีการฝึกซ้อมอย่างน้อย 3 ครั้งต่อสัปดาห์ และมีการแข่งขันอย่างน้อย 1 ครั้งต่อสัปดาห์
- ผู้เข้าร่วมงานวิจัยเป็นผู้ที่มีสุขภาพดี ไม่มีอาการปวดและได้รับบาดเจ็บบริเวณรยางค์ขาขณะเริ่มเข้าร่วมงานวิจัย
- ไม่มีความผิดปกติเกี่ยวกับเส้นประสาทและกล้ามเนื้อของรยางค์ขา และไม่มีข้อจำกัดในการเคลื่อนไหวของลำตัวและรยางค์ขา
- ค่าดัชนีมวลกาย (Body Mass Index; BMI) อยู่ในเกณฑ์ปกติ คือระหว่าง 20-24.9 กิโลกรัม/เมตร^2
- มีความสูงระหว่าง 170-195 เซนติเมตร และมีน้ำหนักอยู่ระหว่าง 65-85 กิโลกรัม

เกณฑ์ในการคัดออกจากการศึกษา (Exclusion criteria)

- อยู่ในสภาวะเจ็บป่วย/บาดเจ็บ ที่เป็นอุปสรรคต่อการทดลอง
- ออกกำลังกายอย่างหนัก หรือ แข่งขัน 24 ชั่วโมงก่อนการทดสอบ
- มีข้อจำกัด ข้อห้าม ในการทดสอบด้วยเครื่องวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ เช่น ผิวหนังบริเวณที่ใช้ทดสอบมีแผลเปิด แพ้กาวหรือเจลของขั้วบันทึกคลื่นสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ
- กลัวเข็มเจาะเลือด
- ไม่สมัครใจเข้าร่วมงานวิจัย

การคำนวนขนาดตัวอย่าง

คำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างจากการทำ pilot study ในอาสาสมัครกลุ่มนักบาสเกตบอลชาย 4 คน วิธีการวิจัยจะอ้างอิงจาก Erculj และ Supej (6) ในปี ค.ศ 2009 โดยให้อาสาสมัครวิ่งเร็วระยะทาง 9 เมตร จากนั้นเคลื่อนที่ด้านข้าง (Side-Shuffling) กลับมาที่เดิม และให้อาสาสมัครกระโดดความสูงไม่ต่ำกว่า 30 เซนติเมตร จำนวน 3 ครั้ง จะเท่ากับ 1 รอบ ทำทั้งหมด 8 รอบ จากนั้นอาสาสมัครจะถูกวัดแลคเตทและวัดความสามารถของการกระโดดสูงสุด ทั้งหมดนี้เท่ากับ 1 ชุด ทำทั้งหมด 6 ชุด อาสาสมัครแต่ละคนจะทำ 2 ครั้ง โดยจะสลับระหว่างใส่กางเกงรัดกล้ามเนื้อ และกางเกงรัดเลคกิ้ง ผลแลคเตทของครั้งที่ใส่กางเกงเลคกิ้ง ในชุดที่ 4 มีค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน คือ 14.775 ± 4.27 mmol/L และครั้งที่ใส่กางเกงรัดกล้ามเนื้อ ในชุดที่ 4 มีค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน คือ 10.9 ± 2.84 mmol/L

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

	กางเกงเลคกิ้ง (placebo)	กางเกงรัดกล้ามเนื้อ
อาสาสมัครคนที่ 1	9.3	14.8
อาสาสมัครคนที่ 2	19.2	8
อาสาสมัครคนที่ 3	16.8	10.4
อาสาสมัครคนที่ 4	13.8	10.4
ค่าเฉลี่ย	14.775	10.9
ส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน	4.27	2.84

จากนั้นนำค่ามาหาขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตร n pair = $\frac{(Z\alpha_{/2}+Z\beta)^2\sigma^2}{d^2}$

α = 0.05

$Z\alpha_{/2} = Z_{0.05/2} = 1.96$ (two tail)

β = 0.10

$Z\beta = Z_{0.10} = 1.28$

$\sigma^2 = \sigma^2_1 + \sigma^2_2 - 2r\,\sigma_1\,\sigma_2$

σ^2= Variance of difference

เมื่อ σ^2_1 = Variance of difference ใส่กางเกงเลคกิ้ง

σ^2_2= Variance of difference ใส่กางเกงรัดกล้ามเนื้อขาสั้น

d= mean difference

หมายเหตุ ถ้าไม่สามารถประมาณค่า r ได้ ให้ใช้ r = 0 จะได้ค่า n มากที่สุด

$\sigma^2 = (4.27)^2 + (2.84)^2 - 2(0)(4.27)(2.84)$

$= 18.23 + 8.07 - 0$

$= 26.296$

N pair = $\frac{(1.96+1.28)^2\times\overline{(4.27)^2+(2.84)^2}}{(14.775-10.9)^2}$

$= \frac{10.498\times 26.296}{15.016}$

$= 18.38 \sim 19$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เพราะฉะนั้นจำนวนของกลุ่มตัวอย่างคือ 19 คน และเพิ่มจำนวนอีก 10% เพื่อป้องกันการขาดหาย จึงคิดเป็น 21 คน

การเลือกกลุ่มตัวอย่าง

ใช้วิธีการเลือกตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive sampling) คือ คัดเลือกเฉพาะนักกีฬาบาสเกตบอลชายไทย และผู้เข้าร่วมงานวิจัยจะต้องอยู่ในเกณฑ์การคัดเลือกเข้าศึกษา โดยสมัครใจของอาสาสมัคร

การเข้าถึงอาสาสมัคร

ผู้วิจัยนัดอาสาสมัครที่มีคุณสมบัติตรงตามเกณฑ์คัดเข้ามาพบที่ห้องปฏิบัติการเวชศาสตร์การกีฬา ชั้น 4 อาคารแพทยพัฒน์ คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยผู้วิจัยจะให้ข้อมูล คำอธิบาย ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย ความเสี่ยงและประโยชน์ รวมถึงตอบข้อสงสัยของอาสาสมัครจนอาสาสมัครเข้าใจ และให้เวลาการตัดสินใจอย่างอิสระ ก่อนลงนามยินยอมเข้าร่วมในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

1. เอกสารข้อมูลคำอธิบายสำหรับผู้เข้าร่วมงานวิจัย (ภาคผนวก ก) และเอกสารแสดงความยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย (ภาคผนวก ข)
2. แบบสอบถามข้อมูลเพื่อคัดกรองเบื้องต้น (ภาคผนวก ค) แบบบันทึกข้อมูลส่วนบุคล (ภาคผนวก ง) และแบบบันทึกข้อมูลของการวิจัย (ภาคผนวก จ)
3. กางเกงรัดกล้ามเนื้อ SKINS A400 compression (Nylon 75%, Spandex 25%)

ภาพที่ 7 แสดงกางเกงรัดกล้ามเนื้อแบบเหนือหัวเข่า เครื่องหมายการค้า SKINS A400 มีส่วนประกอบของ Nylon 75% และ Spandex 25%

4. กางเกงเลคกิ้ง Do-D shop (cotton 95%, Spandex 5%)

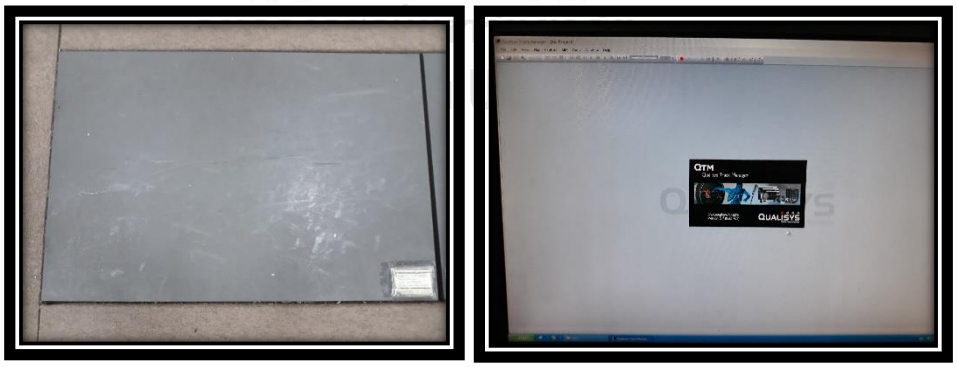
ภาพที่ 8 แสดงกางเกงเลคกิ้ง (placebo) เครื่องหมายการค้า Do-D shop ที่มีส่วนประกอบของ cotton 95% และ Spandex 5%

5. แบบบันทึกข้อมูล
6. นาฬิกาจับเวลา
7. ขั้วบันทึกคลื่นสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (Electrode) Bipolar Ag/AgCI disc-surface electrode เส้นผ่าศูนย์กลาง 34 มิลลิเมตร เครื่องหมายการค้า Ambu® Blue sensor P

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

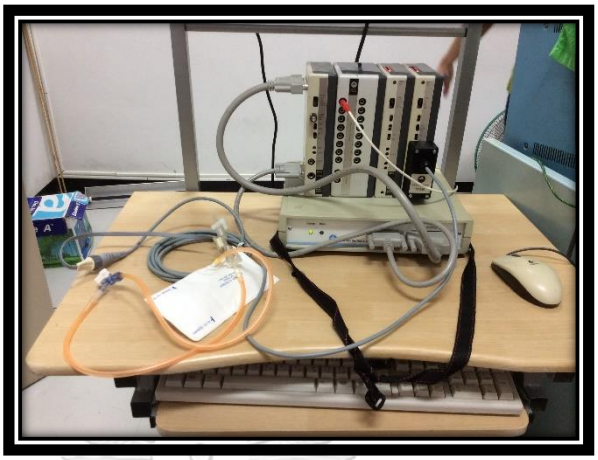
ภาพที่ 9 แสดงขั้วบันทึกคลื่นสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (Electrode) เครื่องหมายการค้า Ambu® Blue sensor P

8. อุปกรณ์เจาะเลือด
9. อุปกรณ์วัดอัตราการเต้นหัวใจขณะออกกำลังกาย (FT60, PolarWatch)
10. แอลกอฮอล์ 70% สำลี ผ้ายืด
11. เครื่องวัดความสามารถในการกระโดดสูง และเทปกันลื่น
12. Bertec Force plate FP4060-08 และโปรแกรม Qualisys Track Manager



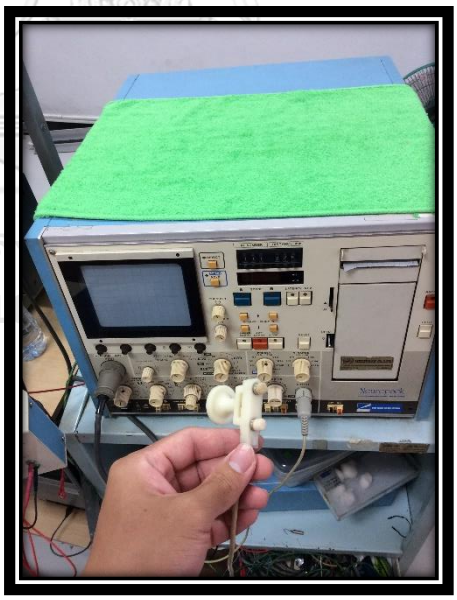
ภาพที่ 10 (ซ้าย) แสดงแผ่นรับแรงกดฝ่าเท้า (Bertec Force plate FP4060-08) ภาพที่ 3.5 (ขวา) แสดงโปรแกรมประมวลผล Qualisys Track Manager

13. เครื่องวัดแรงกดที่ผิวหนัง pressure transducer (BIOPAC Systems MP100A, Inc Santa Barbara, California, U.S.A)



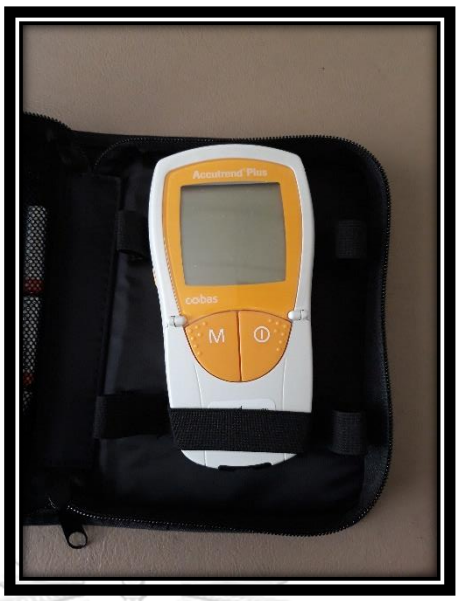
ภาพที่ 11 แสดง cuff วัดแรงกดที่ผิวหนังผ่านทาง pressure transducer และ Biopac polygraph system เครื่องหมายการค้า BIOPAC Systems MP100A, Inc Santa Barbara, California, U.S.A

14. เครื่องกระตุ้นกล้ามเนื้อด้วยไฟฟ้า NEUROPACK MEM 3202, Nihon Kohden, Tokyo, Japan



ภาพที่ 12 แสดงเครื่องกระตุ้นกล้ามเนื้อด้วยไฟฟ้า (NEUROPACK MEM 3202, Nihon Kohden, Tokyo, Japan)

15. เครื่องวัดคลื่นสัญญาณของกล้ามเนื้อแบบไร้สาย (wireless EMG; Biomonitor ME 6000) และ Software วิเคราะห์คลื่นสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ Megawin 6000 Version 3.0
16. เครื่องวิเคราะห์แลคเตท (Accutrend® Plus, cobas®, Roche Diagnostics, Germany)



ภาพที่ 13 แสดงเครื่องวิเคราะห์แลคเตท เครื่องหมายการค้า (Accutrend® Plus, cobas®, Roche Diagnostics, Germany)

17. แผ่น strip สำหรับเก็บแลคเตท (BM-Lactate, cobas®, Germany)

ภาพที่ 14แสดงแผ่น strip สำหรับแลคเตท เครื่องหมายการค้า BM-Lactate, cobas®, Germany

18. ลู่วิ่งสายพาน (Nautilus T518LC, USA)

19. เครื่องวิเคราะห์แก๊ส (Oxycon mobile, Germany) พร้อมอุปกรณ์

ขั้นตอนการทดสอบ

1. ผู้เข้าร่วมงานวิจัยกรอกแบบบันทึกข้อมูลเบื้องต้นของอาสาสมัคร

2. ชั่งน้ำหนัก วัดส่วนสูง คำนวนดัชนีมวลกาย (BMI)

3. อธิบายเกี่ยวกับการทดลองให้ผู้เข้าร่วมงานวิจัยเข้าใจขั้นตอน วิธีการปฏิบัติ ซึ่งแต่ละคนต้องทำการออกกำลังกายตามโปรแกรมที่ได้กำหนดไว้ ได้แก่ วิ่งเร็ว 9 เมตร เคลื่อนที่ด้านข้าง 9 เมตร และกระโดด 3 ครั้ง จะเท่ากับ 1 รอบ ทำทั้งหมด 8 รอบ จะเท่ากับ 1 ชุด ให้ผู้เข้าร่วมงานวิจัยทำทั้งหมด 6 ชุด กำหนดให้ผู้เข้าร่วมใส่เสื้อที่ไม่รัดร่างกาย สวมถุงเท้า และรองเท้าสำหรับออกกำลังกายเพื่อความสะดวกขณะทำการทดสอบ

4. ทำการสุ่มผู้เข้าร่วมงานวิจัย โดยแบ่งออกเป็น 2 เงื่อนไข ได้แก่

   4.1ใส่กางเกงรัดกล้ามเนื้อ

   4.2ใส่กางเกงเลคกิ้ง (placebo)

   โดยให้มีการพักในแต่ละเงื่อนไขเป็นเวลา 5 วัน

5. เมื่อผู้เข้าร่วมงานวิจัยมาถึงห้องปฏิบัติการที่มีการควบคุมอุณหภูมิห้องไว้ที่ 25 c ให้พักผ่อนเป็นเวลา 10 นาที เพื่อให้อัตราการเต้นของหัวใจอยู่ในระดับปกติของอัตราการเจ้นหัวใจขณะพัก ต่อมาทำการวัดอัตราการเต้นของหัวใจขณะพักและจดบันทึก

6. เริ่มทำการวัดค่าพื้นฐาน (baseline) ได้แก่

- ติดขั้วบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ medial gastrocnemius เพื่อวัดการหดตัวสูงสุดของกล้ามเนื้อ (Maximal Voluntary Isometric Contraction; MVIC) โดยผู้วิจัยทำความสะอาดผิวหนังบริเวณกล้ามเนื้อ gastrocnemius โดยใช้แอลกอฮอล์และใช้สำลีเช็ด หลังจากนั้นผู้วิจัยทำการติด Surface EMG electrode ตามโปรแกรม Megawin 6000 Version 3.0 ที่บริเวณ medial gastrocnemius ของข้างที่ถนัด

- กระตุ้น medial gastrocnemius เพื่อให้หดตัวด้วยเครื่อง Electrical stimulator (NEUROPACK MEM 3202, Nihon Kohden, Tokyo, Japan) โดยให้ผู้เข้าร่วมงานวิจัยนอนคว่ำในท่าสบายบนเตียง มีที่พักข้อเท้า จากนั้นใช้แอลกอฮอล์และสำลีทำความสะอาดบริเวณข้อพับเพื่อลดแรงเสียดทาน แล้วทำการกระตุ้นบริเวณ tibial nerve

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- วัดแลคเตทด้วยเครื่อง Accutrend® Plus โดยผู้วิจัยใช้แอลกอฮอล์และสำลีทำความสะอาดปลายนิ้ว จากนั้นใช้เข็มเจาะบริเวณปลายนิ้ว และนำหยดเลือดใส่ strip จากนั้นนำเข้าเครื่อง Accutrend Plus

7. ผู้วิจัยให้ผู้เข้าร่วมงานวิจัยช่างน้ำหนักบนแผ่นวัดแรงกดของฝ่าเท้า (force plate) โดยการยืนนิ่งๆ เป็นเวลา 30 วินาที

8. ผู้เข้าร่วมงานวิจัยแต่ละกลุ่มออกกำลังกายตามโปรแกรมที่กำหนดไว้ ซึ่งในแต่ชุดของการออกกำลังกายจะให้ผู้เข้าร่วมงานวิจัยวัดความสูงของการกระโดดด้วย Bertec Force plate

9. สำหรับการในการทดลองครั้งที่ 2 ให้สลับกลุ่ม คือ ผู้เข้าร่วมงานวิจัยที่ใส่กางเกงรัดกล้ามเนื้อให้เปลี่ยนมาใส่กางเกงเลคกิ้ง และผู้ที่ใส่กางเกงเลคกิ้งให้เปลี่ยนมาใส่กางเกงรัดกล้ามเนื้อ

ทดสอบวัดอัตราการเต้นของหัวใจและประสิทธิภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดโดย Bruce treadmill protocol

การทดสอบประสิทธิภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดทำเพื่อทดสอบดูว่าผู้เข้าร่วมงานวิจัยมีระดับสมรรถภาพอยู่ในเกณฑ์ใด ให้ผู้เข้าร่วมงานวิจัยใส่นาฬิกา Polar FT60 พร้อมทั้งใส่สายรัดอกที่มีเซ็นเซอร์ติดอยู่บนสาย เพื่อทำการวัดอัตราการเต้นของหัวใจขณะทดสอบ จากนั้นให้ผู้เข้าร่วมงานวิจัยนั่งพัก 5 นาที เพื่อวัดอัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก เมื่อครบ 5 นาที ให้ผู้เข้าร่วมงานวิจัยขึ้นยืนบนลู่วิ่ง โดยเหยียบบนที่พักเท้าบนลู่วิ่ง จากนั้นผู้วิจัยตรวจสอบว่าอัตราการเต้นของหัวใจยังคงแสดงบนนาฬิกาอยู่ และแสดงบนหน้าจอของลู่วิ่ง เมื่อตรวจสอบเสร็จให้ผู้เข้าร่วมงานวิจัยทำการอบอุ่นร่างกาย 3 - 5 นาที โดยให้ความเร็วของลู่วิ่งไม่เกิน 2.74 km/h เมื่ออบอุ่นร่างกายเสร็จจะทำการวัดอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (HRmax) และประสิทธิภาพสูงสุดในการใช้ออกซิเจน (VO_2 max) โดยใช้ Bruce treadmill protocol (จากภาพที่ 15) เริ่มแรกให้ความเร็วเริ่มที่ 2.74 km/h และความชัน 10% ใช้เวลาแต่ละ stage 3 นาที ทั้งหมด 10 stage โดยทุกๆการเปลี่ยน stage จะบันทึกค่า Rated Perceived Exertion (RPE) และ อัตราการเต้นของหัวใจ การทดสอบเสร็จสิ้นเมื่อผู้เข้าร่วมงานวิจัยเหนื่อยจนไม่สามารถทดสอบต่อไปได้ โดยการวัดอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดจะวัดในช่วงสุดท้ายของการทดสอบ การทดสอบจะหยุดเมื่ออาสาสมัครไม่สามารถทดสอบต่อได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อบ่งชี้ทั่วไปสำหรับหยุดการทดสอบ

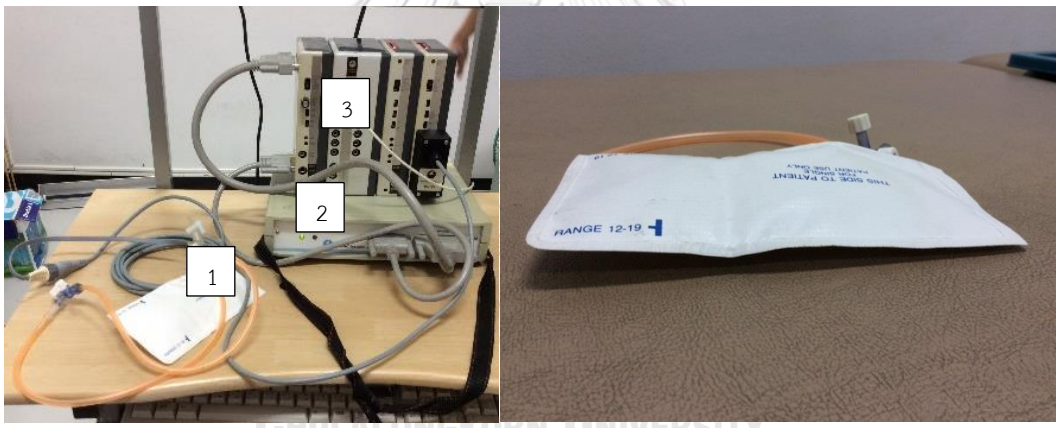
1. มีอาการเจ็บแน่นหน้าอก และไหล่ข้างซ้ายขณะทดสอบ
2. มีอาการแสดงของ poor perfusion ได้แก่ เวียนศีรษะ สับสน เซ ผิวหนังซีด คลื่นไส้
3. ค่าความดันซิสโตลิกลดลง 20 mmHg หรือ ไม่เพิ่มขึ้นเมื่อ load intensity เพิ่ม
4. มีความดันสูงเกิน (ซิสโตลิก > 260 mmHg; หรือไดแอสโตลิก > 115 mmHg)
5. อัตราการเต้นของหัวใจไม่เพิ่มขึ้นเมื่อมีการเพิ่ม load intensity
6. จังหวะการเต้นของหัวใจผิดปกติไป
7. ผู้ถูกทดสอบร้องขอให้หยุดการทดสอบ
8. ลักษณะทางกายภาพหรือการพูดจาที่บ่งถึงอาการอ่อนแรงอย่างมาก
9. เครื่องมือการทดสอบไม่สามารถทำงานได้ตามปกติระหว่างการทดสอบ

Stage	Time (min)	Km/hr	Slope (%)
1	0	2.74	10
2	3	4.02	12
3	6	5.47	14
4	9	7.08	15
5	12	9.17	15
6	15	9.82	15
7	18	10.94	15
8	21	13.00	15
9	24	14.60	15
10	27	16.30	15

ภาพที่ 15 แสดง Bruce treadmill protocol

การวัดแรงกดที่ผิวหนังจากการสวมกางเกงรัดกล้ามเนื้อ

ทำการทดสอบช่วงก่อนการทดลอง เป็นการวัดโดยใช้ pressure tranducer ของเครื่อง BIOPAC Systems MP100A, Inc Santa Barbara, California, U.S.A เพื่อใช้แสดงผลและอุปกรณ์สำหรับวัดแรงกด (ภาพที่ 16) โดยการใส่ลมเข้าไปยังถุงลมขนาด 8×16 เซนติเมตร (หมายเลข 1) ด้วยความจุ 15 มิลลิลิตร จากนั้นนำถุงลมสอดเข้าใต้กางเกงรัดกล้ามเนื้อ (SKINS A400 compression) (ภาพที่ 18) และกางเกงเลคกิ้ง (Do-D shop) (ภาพที่ 17) ขณะยืน โดยบริเวณที่จะทำการวัดจะอยู่ที่ตรงส่วนที่มีเส้นรอบวงของขามากที่สุด จากนั้นเริ่มบันทึกพร้อมทั้งปล่อยกางเกงรัดกล้ามเนื้อให้อยู่สภาพเดิม แรงกดจากถุงลมจะเข้าไปยัง pressure transducer (หมายเลข 2) จากนั้นสัญญาณจะเข้าไปยังเครื่อง Biopac System MP100A (หมายเลข 3) ค่าที่ได้ออกมาจะมีหน่วยเป็นมิลลิเมตรปรอท การวัดแรงกดที่ผิวหนังจากการสวมกางเกงรัดกล้ามเนื้อชนิดที่ 1 และชนิดที่ 2 จะทำทั้งหมดชนิดละ 2 ครั้ง ในแต่ละครั้งจะห่าง 1 นาที โดยจะนำเอาทั้ง 2 ครั้งมาทำการหาค่าเฉลี่ย



ภาพที่ 16 หมายเลข 1 แสดงถึงถุงลมในการใส่อากาศเข้าไป หมายเลข 2 แสดงถึงตัว pressure transducer หมายเลข 3 แสดงถึงเครื่อง Biopac System MP100A

ภาพที่ 18 แสดงกางเกงรัดกล้ามเนื้อ SKINs A400

ภาพที่ 17 แสดงกางเกงเลคกิ้ง

การประเมินคลื่นสัญญาณไฟฟ้าของกล้ามเนื้อ medial gastrocnemius

การประเมิณคลื่นสัญญาณไฟฟ้าของกล้ามเนื้อจะทำการทดสอบช่วงก่อนออกกำลังกายและหลังออกกำลังกาย ผู้เข้าร่วมงานวิจัยจะได้รับการทดสอบการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุด (maximum voluntary isometric contraction ; MVIC) ของกล้ามเนื้อ medial gastrocnemius ของขาข้างที่ถนัดโดยการให้ผู้เข้าร่วมงานวิจัยยืนขาเดียว (ยกขาข้างซ้าย) มือจับกับขอบโต๊ะ หรือ ผนังกำแพง จากนั้นออกแรงถีบปลายเท้าลง (เขย่งปลายเท้า) เต็มที่ โดยมีผู้วิจัยคอยออกแรงดันไหล่ผู้เข้าร่วมวิจัย เพื่อให้ผู้เข้าร่วมวิจัยออกแรงได้เต็มที่ ให้ค้างไว้ 10 วินาที การทำ Maximum voluntary isometric contraction (MVIC) เพื่อใช้เปรียบเทียบการทำงานของกล้ามเนื้อ medial gastrocnemius ระหว่างการออกกำลังกาย ใช้ sampling rate ที่ 1000 Hz โดยปรับข้อมูลให้เป็น Full-wave-rectified ด้วยความถี่ 6 เฮิรตซ์ fourth-order recursive Butterworth lowpass filtering จากนั้นทำเป็น iEMG โดยคิดเป็นร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของคลื่นสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อในแต่ละผู้เข้าร่วมงานวิจัย

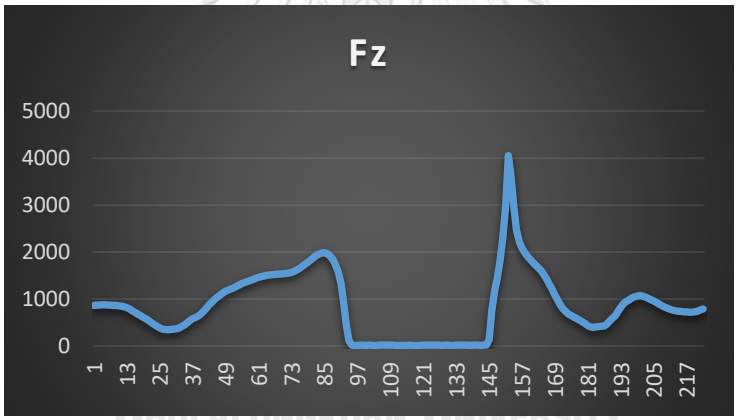
การทดสอบสมรรถภาพการกระโดดสูงสุด (countermovement jump test:CMJ)

การทดสอบความสามารถการกระโดดสูงจะทำการทดสอบระหว่างโปรแกรมการออกกำลังกายเฉพาะบาสเกตบอล ซึ่งจะทำการทดสอบหลังการอออกำลังกายแต่ละชุดระยะเวลา 30 วินาที ใช้วิธีการกระโดดแบบ countermovement โดยให้ผู้เข้าร่วมงานวิจัยทำการถอดรองเท้า จากนั้นให้มายืนบน force plate โดยให้เท้าทั้ง 2 ข้างห่างกันระดับไหล่ ในช่วงแรกก่อนที่จะมีการออกกำลังกายจะ

ให้ผู้เข้าร่วมงานวิจัยมาทำการชั่งน้ำหนัก 30 วินาที เพื่อเอาค่านำมาแทนที่สูตรคำนวนความสูง จากนั้นให้เอามือทั้ง 2 จับเอวด้านข้างลำตัวไว้ เนื่องจากมีความใกล้เคียงกันกับตอนที่กระโดดยิง คือ ไม่มีแรงเหวี่ยงจากแขนทั้ง 2 ข้าง จากนั้นให้กระโดดให้สูงที่สุด 3 ครั้ง โดยให้แต่ละครั้งห่างกัน 5 วินาที โดยค่าที่ได้จะได้เป็น แรง (force) ที่กระทำต่อ force plate (ภาพที่ 19) เมื่อได้ค่ามาแล้วให้นำมาเข้าสูตรเพื่อคำนวณค่าความสูงที่เปลี่ยนแปลงไปจากตอนยืนนิ่งๆ ซึ่งจะใช้ sampling rate ที่ 500 Hz สูตร คือ

$$\int f dt - mgt = m\Delta \text{v} \text{ และ } \frac{1}{2}mv^2 = (mg)h$$

ให้ f คือ แรงที่กระทำกับ force plate
ให้ dt คือ เวลาขณะที่ force เริ่มเปลี่ยนไป – เวลาขณะเท้าลอยจากพื้น (take off)
ให้ mg คือ น้ำหนักที่ได้จากการชั่งน้ำหนัก หน่วยเป็น นิวตัน
ให้ v คือ ความเร็วขณะที่ทำการย่อตัวลง จนถึง ขณะเริ่มกระโดด
ให้ h คือ ความสูงที่สุดที่กระโดดได้

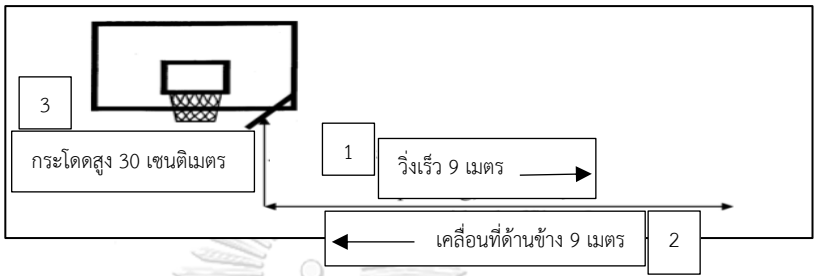


ภาพที่ 19 แสดงค่า force ในแต่ละช่วงของการกระโดด

การออกกำลังกายเพื่อกระตุ้นให้เกิดการล้า

จะใช้โปรแกรมของ Erculj และ Supej [6] ในปี ค.ศ. 2009 ซึ่งโปรแกรมการออกกำลังกายเพื่อกระตุ้นให้เกิดการล้าจะประกอบไปด้วยทักษะส่วนใหญ่ที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของกีฬาบาสเกตบอล คือ การวิ่งเร็ว (sprint) การเคลื่อนที่ด้านข้าง (side-shuffling) และการกระโดด เริ่มแรกให้ผู้เข้าร่วมงานวิจัยยืนที่เส้นเริ่ม จากนั้นผู้วิจัยจะให้เสียงสัญญาณ หลังจากที่ให้เสียงสัญญาณแล้วให้ผู้เข้าร่วมงานวิจัยวิ่งเร็วอย่างเต็มที่เป็นระยะทาง 9 เมตร พร้อมทั้งเริ่มจับเวลา จากนั้นให้ side-shuffling กลับมาที่จุดเริ่มต้น แล้วทำการกระโดดโดยให้สูงจากพื้น 30 เซนติเมตร 3 ครั้ง (ภาพที่ 20) เมื่อเสร็จ

ให้หยุดเวลา พร้อมทั้งบันทึกเวลาที่ได้และอัตราชีพจร จะเท่ากับ 1 รอบ โดยให้ทำทั้งหมด 8 รอบติดต่อกัน ก่อนการออกกำลังกายให้ผู้เข้าร่วมงานวิจัยใส่ Polar เพื่อใช้ในการวัดอัตราชีพจรขณะออกกำลังกาย และบันทึกค่าอัตราชีพจรช่วงสุดท้ายที่ทำครบ 8 รอบ ทำทั้งหมด 6 ชุด การออกกำลังกายแต่ละชุดจะห่างกัน 5 นาที



ภาพที่ 20 แสดงโปรแกรมการออกกำลังกาย เริ่มแรกวิ่งเร็ว 9 เมตร (หมายเลข 1) จากนั้นเคลื่อนที่ด้านข้างกลับมาจุดเริ่มต้น (หมายเลข 2) และกระโดดสูง 30 เซนติเมตร (หมายเลข 3) เท่ากับ 1 รอบ ทำทั้งหมด 8 รอบ

การวัด integrated electromyography (iEMG) และ compound muscle action potential (CMAP) ของกล้ามเนื้อ medial gastrocnemius

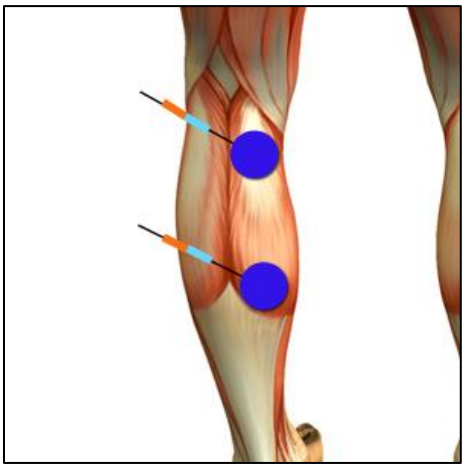
การบันทึกการทำงานของกล้ามเนื้อใช้ Surface Electromyography (wireless EMG; Biomonitor ME 6000) ทำการบันทึกที่ medial gastrocnemius ของขาข้างที่ถนัด ผู้ที่ทำการวัดจะเป็นนักกายภาพบำบัดที่มีใบประกอบวิชาชีพกายภาพบำบัด วิธีการติด คือ ทำความสะอาดผิวหนังบริเวณที่ต้องการบันทึกสัญญาณไฟฟ้าโดยใช้แอลกอฮอล์ทำความสะอาดและโกนขนบริเวณที่ติดขั้วบันทึกไฟฟ้าเพื่อลดคลื่นไฟฟ้ารบกวน นำขั้วบันทึกไฟฟ้าของกล้ามเนื้อทั้ง 3 ขั้วติดที่บริเวณ medial gastrocnemius (ภาพที่ 21) โดยให้อันแรกติดส่วน proximal ของกล้ามเนื้อ และอันที่สองติดส่วน distal ของกล้ามเนื้อ ห่างกันประมาณ 10 เซนติเมตร และขั้วสุดท้าย (ground electrode) ติดบริเวณ medial gastrocnemius การบันทึกความแตกต่างของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดขณะพักจะใช้เครื่องบันทึกคลื่นสัญญาณไฟฟ้าของกล้ามเนื้อ (wireless EMG; Biomonitor ME 6000) สัญญาณ EMG มีการ sampling rate ที่ 1000 Hz ต่อมาสัญญาณ EMG จะถูก filtered และ rectified (bandwidth frequency = 12-500 Hz) จากนั้นนำสัญญาณไฟฟ้าเปลี่ยนให้อยู่ในรูป integrated EMG (iEMG) โดยการคำนวณข้อมูลที่ 500 mV•ms นำค่า integrated electromyography ช่วงหลังออกกำลังกายที่ได้มาเปรียบเทียบก่อนออกกำลังกายเป็นร้อยละการเปลี่ยนแปลงของค่า integrated electromyography

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

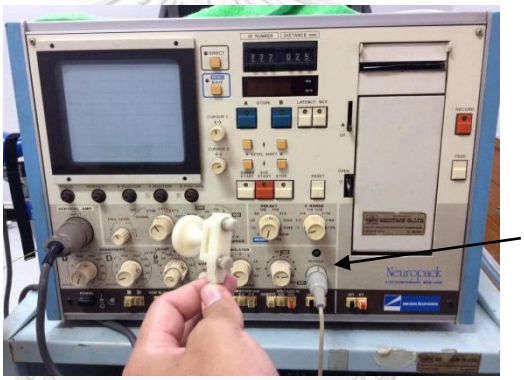
สำหรับการวัดดูการกระตุ้นของกล้ามเนื้อด้วยไฟฟ้าบริเวณรอยต่อของเส้นประสาทกับกล้ามเนื้อ gastrocnemius ขณะพักจะใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้กระตุ้นกล้ามเนื้อ (NEUROPACK MEM 3202, Nihon Kohden, Tokyo, Japan) โดยจะได้ค่า compound muscle action potential ออกมา การใช้ไฟฟ้ากระตุ้นไปยัง tibial nerve ที่บริเวณ popliteal fossa เพื่อให้กล้ามเนื้อ gastrocnemius หดตัวขณะอยู่ในท่านอนคว่ำแบบผ่อนคลาย (บริเวณข้อเท้าเอาที่พักขามาวางไว้เพื่อให้ขาทั้ง 2 รู้สึกผ่อนคลาย) การกระตุ้นกล้ามเนื้อ gastrocnemius เป็นวิธีวัดการล้าที่เป็นวิธีมาตรฐานที่ใช้เพื่อดูการล้าที่เกิดจากการออกกำลังกายว่าเกิดจากการล้าส่วนกลางหรือการล้าจากส่วนปลาย ในการศึกษานี้ใช้กางเกงรัดกล้ามเนื้อชนิดขาสั้น ซึ่งไม่ใช้ขายาวเนื่องจากผลของกางเกงรัดกล้ามเนื้อขายาว สามารถทำให้ความสูงของการกระโดดลดลง เนื่องจากการใส่กางเกงรัดกล้ามเนื้อขายาวจะยับยั้งการเคลื่อนที่ของข้อสะโพกและข้อเข่า และส่งผลต่อหน้าที่ของข้อต่อที่ถูกรัดจากกล้ามเนื้อที่กระทำกับข้อสะโพก เข่าและข้อเท้า (49)

ในการใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้กระตุ้นกล้ามเนื้อจะใช้ built-in stimulator ในเครื่อง NEUROPACK MEM 3202, Nihon Kohden, Tokyo, Japan (ภาพที่ 3.17) เป็นเครื่องมือทางการแพทย์ (medical equipment standard) ที่ใช้กระตุ้นเส้นประสาทและวัดสัญญาณไฟฟ้าจากกล้ามเนื้อในมนุษย์ แสดงสัญญาณเป็น analog ส่งสัญญาณจากการกระตุ้นไฟฟ้าเข้าเครื่อง Biopac MP100 System โดยผ่านการเชื่อมต่อผ่าน 16 bit A/D converter sampling rate 2000 Hz. และประมวลสัญญาณด้วย AcqKnowledge 3.9.1 การกระตุ้นไฟฟ้าจะเป็นแบบ single supramaximal stimulation มี voltage ที่ 25 โวลล์ (duration 1/10000 seconds) (25) เพื่อทำให้เกิดขนาดของ compound muscle action potential มากที่สุด โดยขนาดของ compound muscle action potential วัดจากช่วงการเกิด action potential ของกล้ามเนื้อ medial gastrocnemius จากค่าสูงสุด (positive wave) ถึงค่าต่ำสุด (negative wave) หรือเรียกว่า M-wave แสดงออกมาเป็นหน่วย มิลลิโวลล์ (mV)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพที่ 21 แสดงตำแหน่งการติดขั้ว electrode บน medial gastrocnemius



ภาพที่ 22 แสดงเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้กระตุ้นไฟฟ้า (NEUROPACK MEM 3202, Nihon Kohden, Tokyo, Japan)

CHULALONGKORN UNIVERSITY

การวัดค่าความถี่มีเดียน (median frequency)

การวัด median frequency ของกล้ามเนื้อ medial gastrocnemius ขณะทำ MVIC ระยะเวลา 10 วินาที ทั้งก่อนออกกำลังกายและหลังออกกำลังกาย การบันทึกค่า median frequency ของกล้ามเนื้อ medial gastrocnemius โดยการใช้ Surface Electromyography (wireless EMG; Biomonitor ME 6000) ทำการบันทึกของขาข้างที่ถนัด สัญญาณ EMG มีการ sampling rate ที่ 1000 Hz และ a band–width 12 - 500 Hz สัญญาณดิบของกล้ามเนื้อที่บันทึกได้ 10 วินาที การเปลี่ยนสัญญาณให้เป็น median frequency จะใช้ฟังชั่นซึ่งมีอยู่ในโปรแกรม Megawin 6000 Version 3.0 การลดลงของ median frequency บ่งชี้ว่า เกิดการล้าของกล้ามเนื้อขึ้น

การตรวจหาปริมาณแลคเตท

จะทำการเจาะเลือดที่ปลายนิ้วเนื่องจากเป็นวิธีที่สะดวกและรวดเร็ว ค่าแลคเตทที่วัดได้ไม่แตกต่างกับการเจาะเลือดที่ติ่งหู (32) ในปัจจุบันงานวิจัยจะใช้การเจาะเลือดที่บริเวณปลายนิ้วแทน เนื่องจากการเจาะเลือดที่บริเวณติ่งหู จะใช้แผ่นแข็งมารองที่หลังใบหูเพื่อให้ติ่งหูตึง เพราะว่าถ้าไม่นำแผ่นแข็งมารองจะทำให้เวลาเจาะจะได้เลือดปริมาณที่น้อย ทำให้ต้องบีบและเค้นเพื่อให้เลือดออกมา จึงทำให้รู้สึกเจ็บมากและทำให้เกิดข้อผิดพลาดมาก

โดยในการศึกษานี้จะทำการเจาะเลือดปลายนิ้วโดยพยาบาลวิชาชีพที่มีใบประกอบวิชาชีพการพยาบาลและการผดุงครรภ์ ทำการเจาะเลือดก่อนออกกำลังกายและระหว่างการออกกำลังกายในแต่ละชุด ซึ่งจะทำการเจาะเลือดทั้งหมด 7 ครั้ง แต่ละครั้งที่เจาะระหว่างออกกำลังกายจะห่างกัน 5 นาที อุปกรณ์เครื่องมือที่ใช้ในการเจาะเลือดรวมถึงเครื่องวิเคราะห์แลคเตท แสดงในภาพที่ 23 ซึ่งมีขั้นตอนการเจาะเลือดดังนี้

1) เมื่อนักกีฬาออกกำลังกายเสร็จแล้วให้นักกีฬามานั่งทันที จากนั้นทำการรีดเลือดให้มาคั่งบริเวณปลายนิ้ว จากนั้นใช้สำลีชุบแอลกอฮอล์ทำความสะอาดปลายนิ้วบริเวณที่เลือดคั่ง

2) ใช้เข็มเจาะเลือด (ACCU-CHEK SAFE-T-PRO UNO LANCETS) เจาะบริเวณปุ่มนูนๆที่ปลายนิ้วจากนั้นใช้สำลีสะอาดเช็ดเลือดออก เพื่อเอาเลือดที่อาจมีสารปนเปื้อนออกไปก่อน

3) จากนั้นทำการเปิดเครื่องวิเคราะห์แลคเตท Accutrend Plus แล้วทำการใส่ strip เข้าไปเพื่อให้เครื่องแสดงสัญลักษณ์ test ออกมา แล้วก็ทำการเปิดฝาขึ้น และดึงแผ่น strip ออกมา

4) จากนั้นนำ strip ไปแตะเลือด โดยให้ส่วนที่เป็นสีเหลืองสัมผัสเลือด แล้วนำ strip ใส่เข้าไปในเครื่องวิเคราะห์แลคเตทเหมือนเดิม

5) เครื่องจะทำการวิเคราะห์แลคเตท โดยใช้เวลา 60 วินาที ก็จะได้ค่าออกมา มีหน่วยเป็นมิลลิโมลต่อลิตร ซึ่งระหว่างที่รอให้นำสำลีสะอาดมาปิดบริเวณที่เจาะเลือดเพื่อทำการห้ามเลือดให้หยุดไหล

6) เมื่อได้ค่ามาแล้ว ให้ทำความสะอาดบริเวณที่นำ strip ใส่เข้าไป โดยใช้สำลีชุบแอลกอฮอล์เช็ด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาพที่ 23 แสดงอุปกรณ์ที่ใช้ในการเจาะเลือด และเครื่องวิเคราะห์แลคเตท

ภาพที่ 24 แสดงการเจาะเลือด โดยใช้เข็มเจาะเลือด

ภาพที่ 25 แสดงการใช้ strip เก็บเลือดที่ เจาะเพื่อนำไปให้เครื่องวิเคราะห์แลคเตททำการวิเคราะห์ต่อไป

ภาพที่ 26 แสดงการใช้สำลีสะอาดห้ามเลือดในขณะที่รอเครื่องวิเคราะห์ผลอยู่

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ศึกษารายละเอียด วิธีการใช้ และสอบเทียบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย (Calibration) ทุกรั้งที่มีการเริ่มต้นเก็บข้อมูล

2. ติดต่อผู้เข้าร่วมงานวิจัยที่เป็นนักบาสเกตบอลเพศชาย ที่มีความสูงระหว่าง 170-190 เซนติเมตร น้ำหนัก 60-85 กิโลกรัม

3. ทำการคัดเลือกตามเกณฑ์คัดเข้าและคัดออกจากโครงการวิจัย

4. อธิบายวัตถุประสงค์ของการวิจัย ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย และขั้นตอนการทดลองรวมไปถึงตอบข้อสงสัยต่างๆ เกี่ยวกับโครงการวิจัยได้ให้ผู้เข้าร่วมงานวิจัยได้ทราบ แต่จะไม่บอกผลของการวิจัยนี้

5. ให้ผู้เข้าร่วมงานวิจัยลงนามยินยอมเข้ารับการวิจัยที่กำหนดก่อนเข้าร่วมโครงการวิจัย

6. เก็บข้อมูลงานวิจัย

7. รวบรวมตัวแปรต่างๆที่วัดและวิเคราะห์ข้อมูล

8. สรุปผลการศึกษา

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. แสดงข้อมูลอายุ ส่วนสูง น้ำหนัก ดัชนีมวลกาย VO_2 max RPE อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด HR intensity แลคเตท iEMG CMAP median frequency CMJ และแรงกดที่ผิวหนังด้วยค่าเฉลี่ย (mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation)

2. เปรียบเทียบความแตกต่างของแลคเตท ความสูงของการกระโดด อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด HR intensity ระหว่างผู้เข้าร่วมงานวิจัย 2 กลุ่ม โดยใช้สถิติ repeated measure analysis of variance (repeated ANOVA) เนื่องจากแบ่งการออกกำลังกายเป็น 6 ชุด

3. เปรียบเทียบความแตกต่างของ integrated electromyography (iEMG), compound muscle action potential (CMAP) median frequency ระหว่างกลุ่ม โดยใช้สถิติ Paired Simple T-test

4. ทดสอบสหสัมพันธ์ pearson correlation ของ Δ median frequency และ Δ lactate

5. ทดสอบสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 95% ของความเชื่อมั่น

การวิเคราห์ข้อมูลทั้งหมดใช้โปรแกรม SPSS สำหรับ Window version 20

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษาครั้งนี้ให้ความสำคัญการเปรียบเทียบการใส่กางเกงรัดกล้ามเนื้อ (Compression garment) และกางเกงเลคกิ้ง (Placebo) ต่อผลของการสะสมแลคเตทในเลือดที่เกิดในขณะออกกำลังกายแบบเฉพาะของบาสเกตบอลที่ทำให้เกิดการล้าในนักกีฬาบาสเกตบอลชายที่มีทักษะสูง รวมถึงการศึกษาผลของการล้าที่เกิดขึ้นว่านักกีฬาบาสเกตบอลชายที่มีทักษะสูงเมื่อเกิดการล้าจะมีการล้าจากส่วนกลางร่วมด้วยหรือไม่ อีกทั้งศึกษาสมรรถภาพของนักบาสเกตบอลชายที่มีทักษะสูง ได้แก่ VO_2 max และ ความสูงของการกระโดด

ในการวิจัยครั้งนี้ มีผู้เข้าร่วมงานวิจัยทั้งหมด 21 คน แต่มีผู้วิจัย 2 คนที่ต้องคัดออกโดยไม่นำข้อมูลมาวิเคราะห์ เนื่องจากผู้เข้าร่วมงานวิจัย 2 คน ไม่มาทำการทดลองในครั้งสุดท้าย สาเหตุเนื่องมาจากผู้เข้าร่วมงานวิจัยทั้ง 2 คน กลัวเข็มทำให้ไม่สามารถเก็บเลือดที่ปลายนิ้วมือได้ เพราะการกลัวจะทำให้การทำงานของเส้นเลือดเกิดการบีบตัว ทำให้เลือดไหลไม่สะดวก จึงต้องใช้แรงในการบีบนิ้วของผู้เข้าร่วมงานวิจัยแรงเพื่อให้เลือดออกมาตามที่กำหนด ซึ่งการบีบที่แรงเกินไปจะทำให้ค่าของแลคเตทที่วัดได้เกิดความไม่แม่นยำ จึงเหลือผู้เข้าร่วมงานวิจัย 19 คน ที่นำมาวิเคราะห์ทางสถิติต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ตอนที่ 1 การวิเคราะห์แรงกดของกางเกงรัดกล้ามเนื้อและกางเกงเลคกิ้ง (placebo)

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์ผลที่ได้จากการทดสอบ VO_2 max ด้วย Bruce treadmill protocol

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์ HR intensity แลคเตท ความสูงของการกระโดด และอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด ที่ได้จากการออกกำลังกายแบบเฉพาะของนักกีฬาบาสเกตบอล

ตอนที่ 4 การวิเคราะห์ข้อมูลคลื่นสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ medial gastrocnemius

ตอนที่ 5 การวิเคราะห์คุณลักษณะทั่วไปของผู้เข้าร่วมงานวิจัย

ตอนที่ 6 การเปรียบเทียบ HR intensity แลคเตท ความสูงของการกระโดด integrated electromyography, %iEMG-change, compound muscle action

potential และ median frequency ระหว่างนักกีฬาบาสเกตบอลที่ใส่กางเกงรัดกล้ามเนื้อและกางเกงเลคกิ้ง (placebo)

ผลการวิเคราะห์

ตอนที่ 1 การวิเคราะห์คุณลักษณะทั่วไปของผู้เข้าร่วมงานวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้เหลือผู้เข้าร่วมงานวิจัยเป็นนักบาสเกตบอลชายจำนวน 19 คน ที่มีข้อมูลสามารถนำมาวิเคราะห์ผลเปรียบเทียบทางสถิติต่อไปได้ มีคุณลักษณะทั่วไป ได้แก่ อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง ดัชนีมวลกาย แสดงตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน ($\bar{X}$±S.D.) ของคุณลักษณะทั่วไปของกลุ่มผู้เข้าร่วมงานวิจัย จำนวน 19 คน

คุณลักษณะทั่วไปของกลุ่มผู้เข้าร่วมงานวิจัย	**นักบาสเกตบอลชายที่มีทักษะสูง จำนวน 19 คน ($\bar{X}$±S.D.)**
อายุ (ปี)	19.95 ± 1.87
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	72.92 ± 6.28
ส่วนสูง (เซนติเมตร)	180.16 ± 5.73
ดัชนีมวลกาย (กิโลกรัมต่อตารางเมตร)	22.45 ± 1.36

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ผู้เข้าร่วมงานวิจัยกลุ่มนักกีฬาบาสเกตบอลชายที่มีทักษะสูง มีอายุเฉลี่ย 19.95 ± 1.87 ปี น้ำหนักเฉลี่ย 72.92 ± 6.28 กิโลกรัม ส่วนสูงเฉลี่ย 180.16 ± 5.73 เซนติเมตร ดัชนีมวลกายเฉลี่ย 22.45 ± 1.36 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์แรงกดของกางเกงรัดกล้ามเนื้อและกางเกงเลคกิ้ง (placebo)

การวัดแรงกดของกางเกงทั้ง 2 ประเภท ได้แก่ กางเกงรัดกล้ามเนื้อ และกางเกงเลคกิ้ง (placebo) ของผู้เข้าร่วมงานวิจัยทั้ง 19 คน แสดงตาราง 1

ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน ($\bar{x}$±S.D.) ของแรงกดของกางเกงรัดกล้ามเนื้อ และกางเกงเลคกิ้ง ในผู้เข้าร่วมงานวิจัย จำนวน 19 คน

ชนิดของกางเกง	**แรงกดของกางเกง ($\bar{x}$±S.D.)**
กางเกงรัดกล้ามเนื้อ (มิลลิเมตรปรอท)	16.71 ± 1.35
กางเกงเลคกิ้ง placebo (มิลลิเมตรปรอท)	3.79 ± 1.47

ผู้เข้าร่วมงานวิจัยกลุ่มนักกีฬาบาสเกตบอลชายที่มีทักษะสูง มีแรงกดของกางเกงรัดกล้ามเนื้อ 16.71 ± 1.35 มิลลิเมตรปรอท แรงกดของกางเกงเลคกิ้ง (placebo) 3.79 ± 1.47 มิลลิเมตรปรอท

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์ผลที่ได้จากการทดสอบความสามารถการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2 max)

การทดสอบความสามารถการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2 max) ใช้โปรแกรม Bruce treadmill protocol ในการทดสอบ ในการทดสอบจะมีการเก็บข้อมูลของค่าความสามารถการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2 max) ค่าอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (maximum heart rate) ค่าดัชนีความเหนื่อย (RPE) ของนักกีฬาบาสเกตบอลทั้งหมด 19 คน ซึ่งทั้ง 19 คน สามารถทดสอบได้จนจบ ทำให้สามารถนำข้อมูลต่างๆ มารายงานผลได้ครบถ้วน

ตารางที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน ($\bar{X}$±S.D.) ของการวิเคราะห์ผลต่างๆที่ได้จากการทดสอบความสามารถการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2 max) ของกลุ่มผู้เข้าร่วมงานวิจัย จำนวน 19 คน

ข้อมูลการวัดที่ได้จากการทดสอบความสามารถการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2max)	**นักบาสเกตบอลที่มีทักษะสูงจำนวน 19 คน ($\bar{X}$±S.D.)**
ความสามารถการใช้ออกซิเจนสูงสุด (มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที)	47.26 ± 2.83
อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (ครั้งต่อนาที)	181.84 ± 8.53
ดัชนีความเหนื่อย (RPE)	17.58 ± 1.12

ผู้เข้าร่วมงานวิจัยกลุ่มนักกีฬาบาสเกตบอลชายที่มีทักษะสูง มีความสามารถการใช้ออกซิเจนสูงสุดเฉลี่ย 47.26 ± 2.83 มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที อัตราการเต้นหัวใจสูงสุดเฉลี่ย 181.84 ± 8.53 ครั้งต่อนาที ดัชนีความเหนื่อยเฉลี่ย 17.58 ± 1.12

ตอนที่ 4 การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการออกกำลังกายแบบเฉพาะของนักกีฬาบาสเกตบอล

รูปแบบการเก็บข้อมูล และวิธีการออกกำลังกายจะอ้างอิงมาจากงานวิจัยของ Erculj และ Supej โดยการออกกำลังกายจะเป็นการออกกำลังกายที่ใช้รูปแบบเดียวกัน ทำซ้ำทั้งหมด 6 ชุด ในระหว่างชุดของการออกกำลังกายจะมีการเก็บข้อมูลของค่าอัตราการเต้นหัวใจสูงสุดในแต่ละชุด ความหนักของการออกกำลังกายแต่ละชุดเมื่อเปรียบเทียบกับความหนักของการทดสอบความสามารถการใช้ออกซิเจนสูงสุดของกลุ่มที่ใส่กางเกงรัดกล้ามเนื้อ ความหนักของการออกกำลังกายแต่ละชุดเมื่อเปรียบเทียบกับความหนักของการทดสอบความสามารถการใช้ออกซิเจนสูงสุดของกลุ่มที่ใส่กางเกงเลคกิ้ง แลคเตท และความสูงของการกระโดด

ค่าของข้อมูล HR intensity เป็นความหนักของผู้เข้าร่วมงานวิจัยแต่ละคนขณะออกกำลังกายเฉพาะบาสเกตบอลซึ่งเปรียบเทียบกับความหนักขณะทดสอบความสามารถการใช้ออกซิเจนสูงสุด จากการนำอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดขณะออกกำลังกายเฉพาะบาสเกตบอลเปรียบเทียบกับอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดขณะทดสอบความสามารถการใช้ออกซิเจนสูงสุด เพื่อให้ได้ค่าความหนักคิดเป็นร้อยละในแต่ละชุดของแต่ละกลุ่ม ในผู้เข้าร่วมงานวิจัยจำนวน 19 คน แสดงตามตาราง 3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน ($\bar{X}$±S.D.) ของข้อมูลที่ได้จากการออกกำลังกายแบบเฉพาะของผู้เข้าร่วมงานวิจัยขณะใส่กางเกงรัดกล้ามเนื้อ

นักบาสเกตบอลชายที่ใส่กางเกงรัดกล้ามเนื้อ						
Physiological parameter	series 1	series 2	series 3	series 4	series 5	series 6
HRmaxEX (beats/min)	158.11 ± 8.84	166.74 ± 8.71	168.84 ± 9.37	172.11 ± 8.66	172.95 ± 8.04	176.11 ± 8.07
HR intnsity (%)	86.95 ± 4.86	91.69 ± 4.79	92.85 ± 5.15	94.65 ± 4.76	95.11 ± 4.58	96.85 ± 4.44
LA (mmol/L)	6.78 ± 1.91	8.78 ± 2.3	9.95 ± 2.65	9.32 ± 1.5	9.5 ± 1.7	9.5 ± 1.72
CMJ (cm)	41.88 ± 7.01	41.05 ± 6.84	40.43 ± 7.32	40.28 ± 7.07	40.21 ± 6.7	39.52 ± 7.11

ผลของข้อมูลที่ได้จากการออกกำลังกายเฉพาะบาสเกตบอลในผู้เข้าร่วมงานวิจัยกลุ่มที่ใส่กางเกงรัดกล้ามเนื้อ จำนวน 19 คน พบว่า HRmaxEX, %HR intensity และ LA (แลคเตท) ช่วงการออกกำลังกายชุดที่ 6 มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับการออกกำลังกายในชุดที่ 1 ค่า CMJ (ความสูงของการกระโดด) ช่วงการออกกำลังกายชุดที่ 6 ลดลงเมื่อเทียบกับการออกกำลังกายชุดที่ 1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 5 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน ($\bar{X}$±S.D.) ของข้อมูลที่ได้จากการออกกำลังกายแบบเฉพาะของผู้เข้าร่วมงานวิจัยขณะใส่กางเกงเลคกิ้ง

นักบาสเกตบอลชายที่ใส่กางเกงเลคกิ้ง (placebo)						
Physiological parameter	series 1	series 2	series 3	series 4	series 5	series 6
HRmaxEX (beats/min)	161.74 ± 11.08	172.32 ± 8.65	175.95 ± 8.35	176.89 ± 8.41	177.95 ± 8.36	179.26 ± 7.12
HR intnsity (%)	89.67 ± 5.91	95.33 ± 4.7	97.27 ± 4.58	97.79 ± 4.61	98.57 ± 4.32	99.05 ± 3.86
LA (mmol/L)	8.01 ± 2	10.36 ± 3.1	11.31 ± 2.59	11.29 ± 2.75	11.2 ± 2.63	11.48 ± 2.64
CMJ (cm)	41.38 ± 6.86	40.13 ± 6.92	40.17 ± 6.86	39.27 ± 7.08	39.19 ± 7.16	38.68 ± 7.39

ผลของข้อมูลที่ได้จากการออกกำลังกายเฉพาะบาสเกตบอลในผู้เข้าร่วมงานวิจัยกลุ่มที่ใส่กางเกงเลคกิ้ง จำนวน 19 คน พบว่า HRmaxEX, %HR intensity และ LA (แลคเตท) ช่วงการออกกำลังกายชุดที่ 6 มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับการออกกำลังกายในชุดที่ 1 ค่า CMJ (ความสูงของการกระโดด) ช่วงการออกกำลังกายชุดที่ 6 ลดลงเมื่อเทียบกับการออกกำลังกายชุดที่ 1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตอนที่ 5 การวิเคราะห์ข้อมูลคลื่นสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ medial gastrocnemius

ค่าเฉลี่ยคลื่นสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ medial gastrocnemius (integrated electromyography; iEMG)) ได้จากการนำข้อมูลดิบของศักย์การทำงานของกล้ามเนื้อ (Raw EMG) มากรองสัญญาณ (rectified EMG) เพื่อนำสัญญาณที่กรองแล้วมาหาพื้นที่ใต้กราฟ (integrated electromyography; iEMG) มีหน่วยเป็น mV•ms จากนั้นนำค่า integrated electromyography (iEMG) หลังออกกำลังกายมาเปรียบเทียบค่าก่อนออกกำลังกาย เพื่อดูค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงที่ลดลงของ integrated electromyography ขณะก่อนออกกำลังกายและหลังออกกำลังกาย ค่า compound muscle action potential (CMAP) คือ ค่าที่ได้จาก peak to peak ของ compound muscle action potential ของกล้ามเนื้อ medial gastrocnemius ภายหลังการกระตุ้นเส้นประสาทด้วยไฟแบบ supramaximum มีหน่วยเป็น mV และ และค่า median frequency ขณะทำ MVIC 10 วินาที ในผู้เข้าร่วมงานวิจัยจำนวน 19 คน แสดงตามตารางที่ 6

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

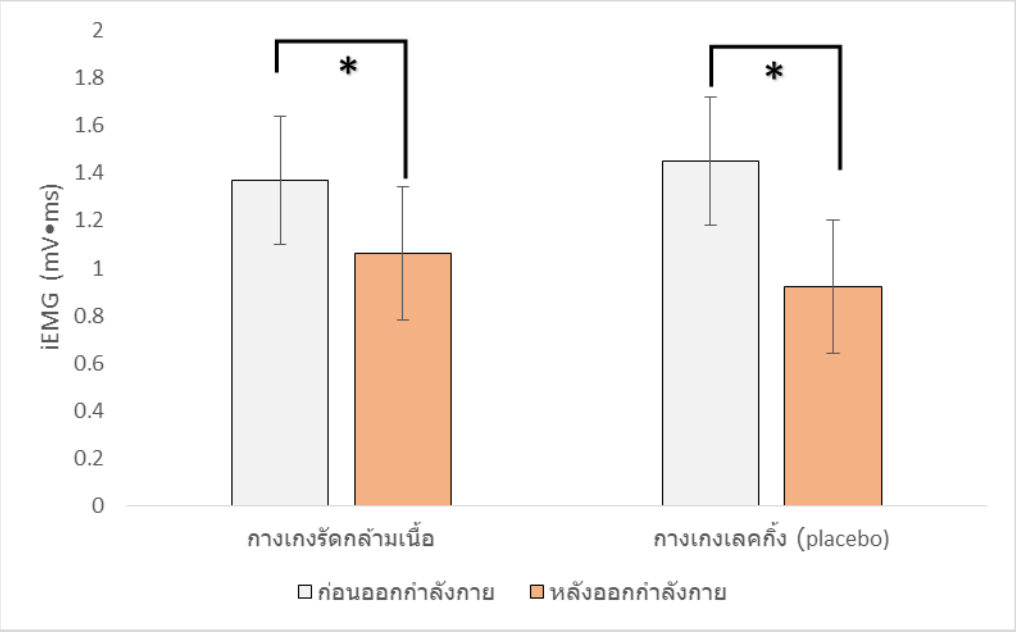
ตารางที่ 6 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน ($\bar{X}$±S.D.) ของประเภทคลื่นสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ medial gastrocnemius ในนักบาสเกตบอลชายจำนวน 19 คน

คลื่นสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ medial gastrocnemius	กางเกงรัดกล้ามเนื้อ			กางเกงเลคกิ้ง (placebo)		
	ก่อน	หลัง	p-value	ก่อน	หลัง	p-value
iEMG (mV●ms)	1.37 ± 0.27	1.06 ± 0.28	0.001	1.45 ± 0.32	0.92 ± 0.26	0.001
CMAP (mV)	21.77 ± 8.98	20.78 ± 9.12	0.224	22.04 ± 7.25	20.47 ± 7.19	0.2
Median frequency (Hz)	104.06 ± 30.02	86.26 ± 17.89	0.023	104 ± 22.41	87.74 ± 15.17	0.009

ค่า iEMG ขณะใส่กางเกงรัดกล้ามเนื้อ พบว่า ก่อนออกกำลังกายและหลังออกกำลังกายมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และกางเกงเลคกิ้ง (placebo) ก่อนออกกำลังกายและหลังออกกำลังกายมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่ทั้งนี้ค่า compound muscle action potential (CMAP) ของทั้ง 2 กลุ่ม ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ค่า median frequency กลุ่มกางเกงรัดกล้ามเนื้อระหว่างก่อนออกกำลังกายและหลังออกกำลังกายมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

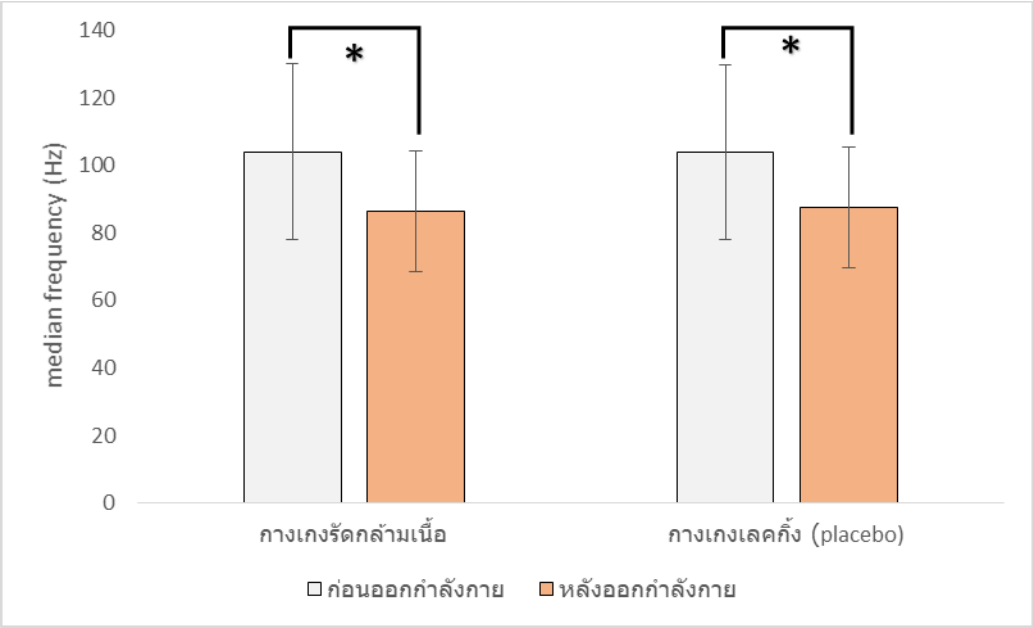
ภาพที่ 27 แสดงข้อมูล integrated electromyography (iEMG) (mV•ms) ระหว่างก่อนและหลังออกกำลังกายในนักบาสเกตบอล จำนวน 19 คน



ค่า integrated electromyography (iEMG) ของกล้ามเนื้อ medial gastrocnemius ขณะใส่กางเกงรัดกล้ามเนื้อ พบว่า ระหว่างก่อนออกกำลังกายและหลังออกกำลังกายมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ขณะใส่กางเกงเลคกิ้ง พบว่า ระหว่างก่อนออกกำลังกายและหลังออกกำลังกายมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาพที่ 28 แสดงข้อมูล median frequency ขณะทำ maximum voluntary isometric contraction (MVIC) 10 วินาที ระหว่างก่อนและหลังออกกำลังกายในนักบาสเกตบอล จำนวน 19 คน



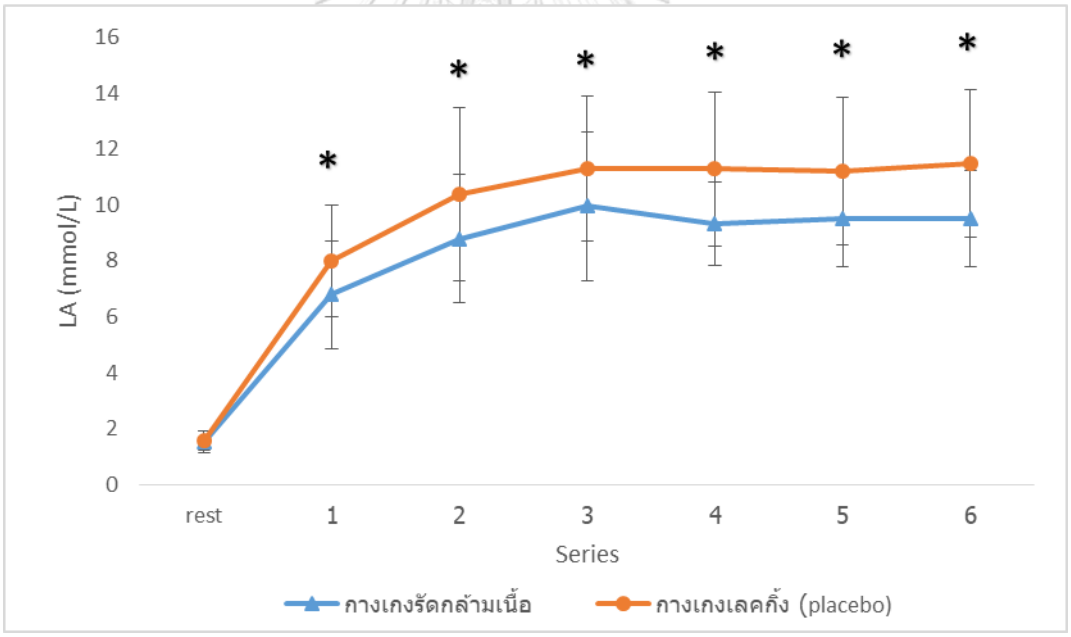
ค่า median frequency ขณะใส่กางเกงรัดกล้ามเนื้อระหว่างก่อนออกกำลังกายและหลังออกกำลังกายมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตอนที่ 6 การเปรียบเทียบข้อมูลระหว่างนักกีฬาบาสเกตบอลที่ใส่กางเกงรัดกล้ามเนื้อและกางเกงเลคกิ้ง (placebo)

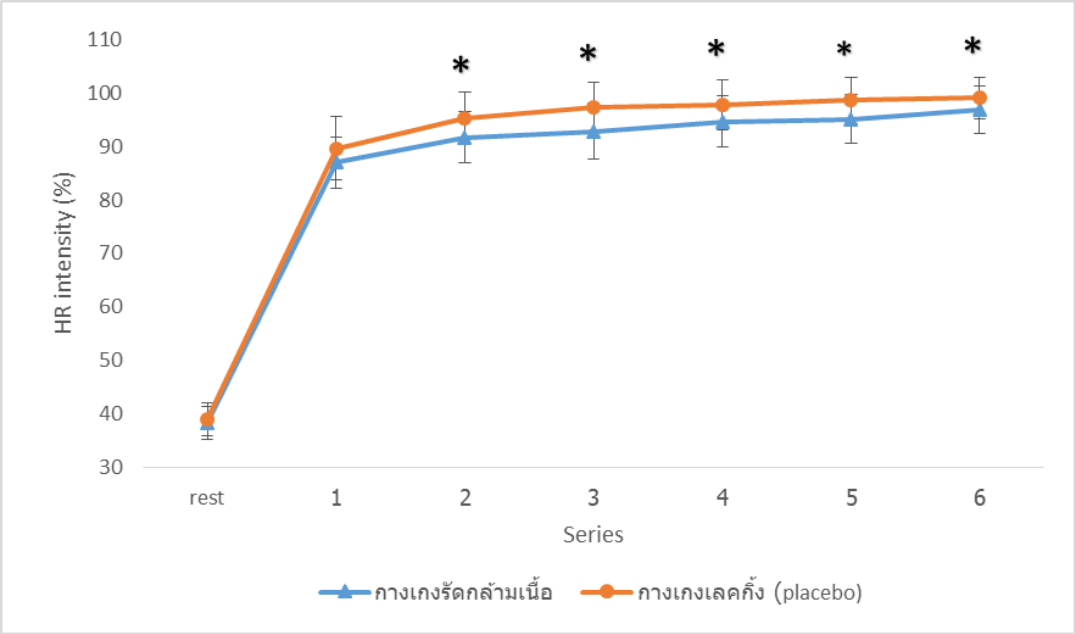
ข้อมูลที่นำมาเปรียบเทียบเป็นข้อมูลที่เก็บระหว่างออกกำลังกายเฉพาะบาสเกตบอล ได้แก่ แลคเตท HR intensity และ ความสูงของการกระโดด โดยเปรียบเทียบแบบทีละชุด เพื่อให้เห็นความแตกต่างว่าเริ่มมีความแตกต่างในชุดไหนบ้าง และ เปรียบเทียบข้อมูลที่เก็บก่อนและหลังออกกำลังกาย ได้แก่ %MVIC, median frequency, integrated electromyography (iEMG), %iEMG change และ compound muscle action potential (CMAP)

ภาพที่ 29 การเปรียบเทียบแลคเตทขณะออกกำลังกายระหว่างใส่กางเกงรัดรัดกล้ามเนื้อ และกางเกงเลคกิ้ง



ผลการเก็บข้อมูลค่า แลคเตท การออกกำลังกายในชุดที่ 1-6 ของกลุ่มกางเกงรัดกล้ามเนื้อและกลุ่มกางเกงเลคกิ้ง (placebo) พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกันในแต่ละชุด แต่ไม่พบความแตกต่างของช่วงขณะพัก ($p > 0.05$)

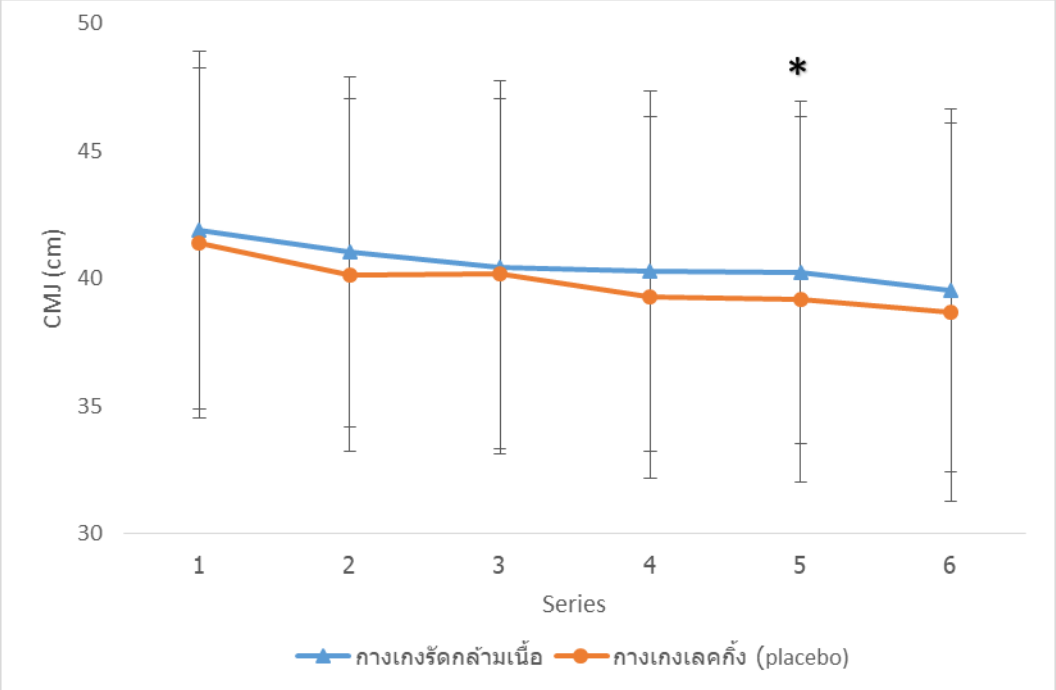
ภาพที่ 30 การเปรียบเทียบ HR intensity ขณะออกกำลังกายระหว่างใส่กางเกงรัดรัดกล้ามเนื้อ และกางเกงเลคกิ้ง



ผลการเก็บข้อมูลค่า HR intensity ของกลุ่มกางเกงรัดกล้ามเนื้อและกลุ่มกางเกงเลคกิ้ง (placebo) เริ่มมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ตั้งแต่ชุดของการออกกำลังกายที่ 2 ขึ้นไป แต่ไม่พบความแตกต่างของช่วงขณะพัก และการออกกำลังกายชุดที่ 1 เนื่องจากเป็นช่วงเริ่มของโปรแกรมการออกกำลังกาย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

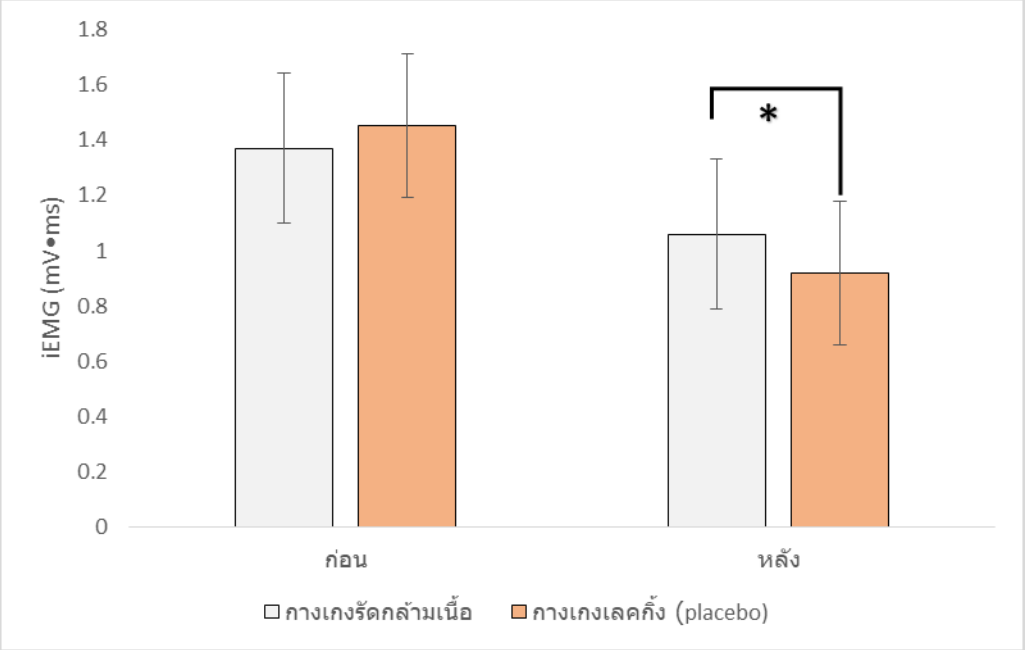
ภาพที่ 31 การเปรียบเทียบความสูงของการกระโดดขณะออกกำลังกายระหว่างใส่กางเกงรัดรัดกล้ามเนื้อและกางเกงเลคกิ้ง



ผลการเก็บข้อมูลค่าความสูงของการกระโดด ของกลุ่มกางเกงรัดกล้ามเนื้อและกลุ่มกางเกงเลคกิ้ง (placebo) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ของชุดของการออกกำลังกายที่ 5

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

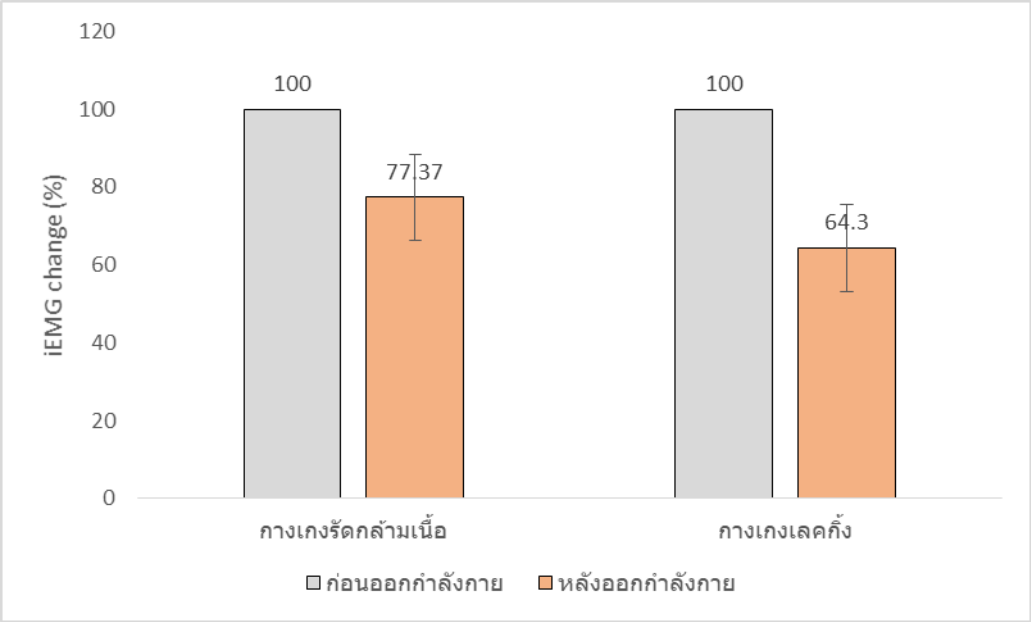
ภาพที่ 32 เปรียบเทียบค่า integrated electromyography (iEMG) ของ medial gastrocnemius ก่อนการออกกำลังกายและหลังออกกำลังกาย ทั้ง 2 เงื่อนไข



ผลการเปรียบเทียบค่า integrated electromyography (iEMG) ระหว่างกลุ่มกางเกงรัดกล้ามเนื้อและกลุ่มกางเกงเลคกิ้ง (placebo) พบว่า ช่วงหลังออกกำลังกายพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

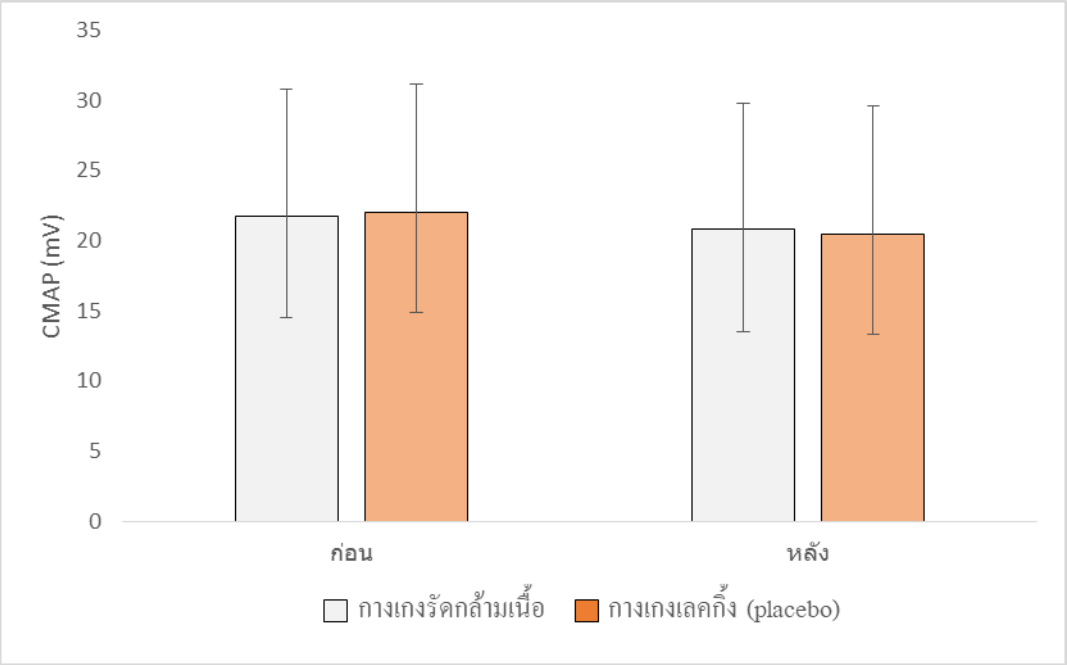
ภาพที่ 33 แสดงข้อมูลร้อยละของการเปลี่ยนแปลง integrated electromyography (iEMG) ของ medial gastrocnemius หลังออกกำลังกายเทียบกับก่อนออกกำลังกาย ทั้ง 2 เงื่อนไข



ค่าการเปลี่ยนแปลง integrated electromyography (iEMG) ของกล้ามเนื้อ medial gastrocnemius ขณะใส่กางเกงรัดกล้ามเนื้อช่วงหลังออกกำลังกายมีค่า integrated electromyography (iEMG) ก่อนออกกำลังกายอยู่ที่ร้อยละ 77.37 ± 15.06 ลดลงจากก่อนออกกำลังกายที่ร้อยละ 100 กางเกงเลคกิ้งช่วงหลังออกกกำลังกายมีค่า integrated electromyography (iEMG) อยู่ที่ 64.3 ± 11.08

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

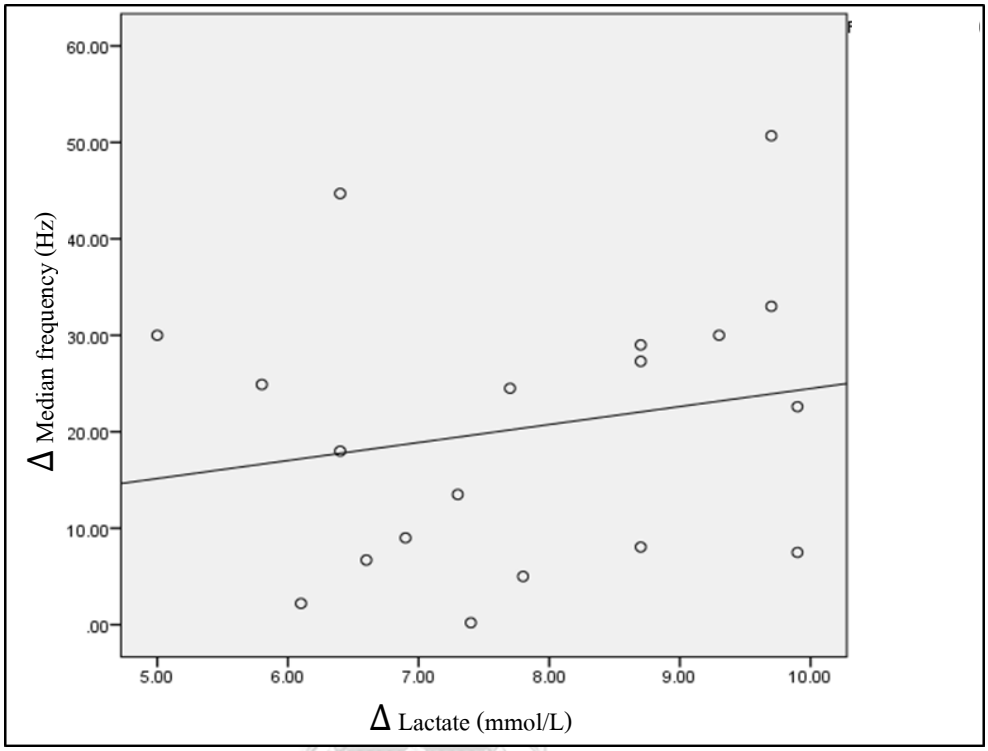
ภาพที่ 34 เปรียบเทียบค่า compound muscle action potential (CMAP) ก่อนและหลังจากออกกำลังกายเฉพาะบาสเกตบอล ทั้ง 2 เงื่อนไข



ผลการเปรียบเทียบค่า compound muscle action potential (CMAP) ระหว่างใส่กางเกงรัดกล้ามเนื้อและกางเกงเลคกิ้ง (placebo) พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทั้งในช่วงก่อนและหลังออกกำลังกาย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

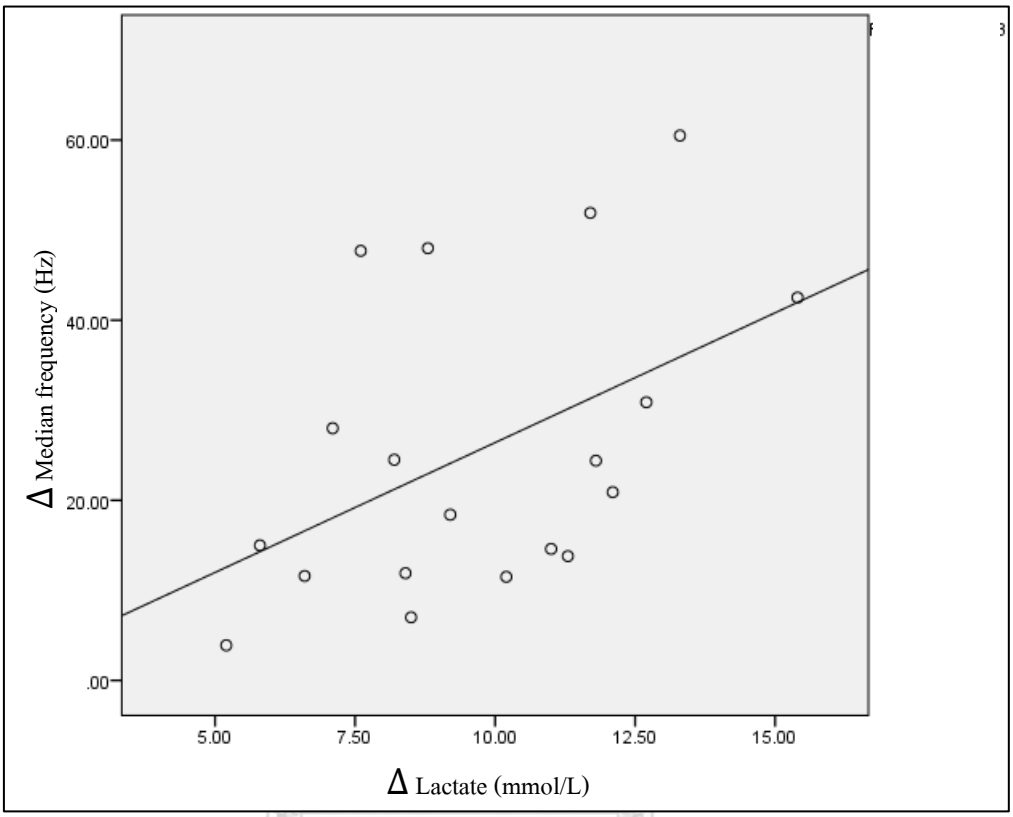
ภาพที่ 35 เปรียบเทียบค่าสหสัมพันธ์ระหว่าง Δ median frequency และ Δ lactate ขณะใส่กางเกงรัดกล้ามเนื้อ (n = 19)



ผลการเปรียบเทียบสหสัมพันธ์ระหว่าง Δ median frequency และ Δ lactate ในกลุ่มกางเกงรัดกล้ามเนื้อพบว่ามีความสัมพันธ์อยู่ที่ r = .2 ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.41)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาพที่ 36 เปรียบเทียบค่าสหสัมพันธ์ระหว่าง Δ median frequency และ Δ lactate ขณะใส่กางเกงเลคกิ้ง (n = 19)



ผลการเปรียบเทียบสหสัมพันธ์ระหว่าง Δ median frequency และ Δ lactate ในกลุ่มกางเกงเลคกิ้งพบว่ามีความสัมพันธ์อยู่ที่ r = .47 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.04)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยทดลองแบบไขว้ (crossover design) ในนักกีฬาบาสเกตบอลชายไทย อายุ 18-30 ปี ในการคำนวนกลุ่มตัวอย่างได้จำนวนประชากรที่ทำการศึกษา 21 คน แต่มีผู้เข้าร่วมงานวิจัย 2 คน ที่ถูกคัดออกเนื่องจากผู้เข้าร่วมงานวิจัย 2 คน ไม่มาทำการทดลองในครั้งสุดท้าย สาเหตุมาจากผู้เข้าร่วมงานวิจัยทั้ง 2 คน กลัวเข็มเจาะเลือดทำให้ไม่สามารถเก็บเลือดที่ปลายนิ้วมือได้ เพราะว่าการกลัวจะทำให้ลดการไหลเวียนของเลือดที่บริเวณปลายนิ้ว จะสังเกตได้จากมือของผู้เข้าร่วมงานวิจัยเย็นมาก ดังนั้นจึงเหลือผู้เข้าร่วมงานวิจัย 19 คน ที่นำมาวิเคราะห์สถิติต่อไป โดยผู้เข้าร่วมงานวิจัยทั้ง 19 คน จะต้องใส่กางเกงรัดกล้ามเนื้อและกางเกงเลคกิ้ง

ผลการศึกษาพบว่า ค่าความสามารถการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2max) ของนักบาสเกตบอลทั้ง 19 คน มีค่าเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์เกณฑ์ทั่วๆ ไปของนักบาสเกตบอลที่มีสมรรถภาพและทักษะที่สูง อีกทั้งโปรแกรมการออกกำลังกายเฉพาะบาสเกตบอลนี้ สามารถกระตุ้นให้นักกีฬาบาสเกตบอลทั้ง 19 คน เกิดการล้าเนื่องจากค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลง integrated electromyography (iEMG) ขณะทำ MVIC หลังออกกำลังกายลดลงจากก่อนออกกำลังกายเกือบร้อยละ 40 นอกไปกว่านั้น ค่า HR intensity และแลคเตทในนักกีฬาบาสเกตบอลครั้งที่ใส่กางเกงรัดกล้ามเนื้อมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่พบความแตกต่างของความสูงของการกระโดด สำหรับกลุ่มกางเกงเลคกิ้ง (placebo) พบว่า HR intensity และ แลคเตทมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่อย่างไรก็ตามค่าความสูงของการกระโดด ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การวัดคลื่นสัญญานไฟฟ้ากล้ามเนื้อ medial gastrocnemius ค่า integrated electromyography (iEMG) ขณะใส่กางเกงรัดกล้ามเนื้อและกางเกงเลคกิ้ง พบว่า ช่วงหลังออกกำลังกายมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับก่อนออกกำลังกาย แต่ทั้งนี้ค่า compound muscle action potential (CMAP) ไม่พบความแตกต่างของกลุ่มกางเกงรัดกล้ามเนื้อและกางเกงเลคกิ้งจากงานวิจัยนี้ ค่า median frequency ทั้ง 2 กลุ่ม ลดลงเมื่อเปรียบเทียบก่อนและหลังออกกำลังกาย และค่าความสัมพันธ์ Δ median frequency และ Δ lactate มีค่า r = -.41 ชี้ให้เห็นว่าค่า median frequency ที่ลดลงมีผลทำให้มีการเปลี่ยนแปลงค่า

แลคเตทที่เพิ่มขึ้น บ่งชี้ถึงกล้ามเนื้อเกิดการล้า ค่า iEMG ที่ลดลง บ่งชี้ว่าเป็นองค์ประกอบหนึ่งที่ทำให้เกิดการล้าจากส่วนกลาง (central component)

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มกางเกงรัดกล้ามเนื้อและกางเกงเลคกิ้ง (placebo) ค่า HR intensity และ แลคเตท ไม่พบความแตกต่างในช่วงก่อนออกกำลังกาย แต่ในช่วงของการออกกำลังกาย ค่าแลคเตท พบว่ากลุ่มของกางเกงรัดกล้ามเนื้อน้อยกว่ากลุ่มกางเกงเลคกิ้ง (placebo) ตั้งแต่ชุดที่ 1 ถึง 6 ค่า HR intensity ของกลุ่มกางเกงรัดกล้ามเนื้อมีค่าความหนักที่น้อยกว่ากางเกงเลคกิ้ง (placebo) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตั้งแต่ชุดที่ 2 ถึง 6 และ ความสูงของการกระโดด พบว่ามีความแตกต่างในชุดที่ 5 เพียงชุดเดียว นอกจากนี้การวัดคลื่นสัญญาณไฟฟ้าของกล้ามเนื้อ medial gastrocnemius พบว่า ค่า iEMG ระหว่างกลุ่มกางเกงรัดกล้ามเนื้อและกลุ่มกางเกงเลคกิ้ง (placebo) มีความแตกต่างเมื่อเทียบกับช่วงหลังออกกำลังกายของทั้ง 2 กลุ่ม ค่า compound muscle action potential (CMAP) และ median frequency ไม่พบความเปลี่ยนแปลงของทั้ง 2 กลุ่ม และสหสัมพันธ์ของ Δ median frequency และ Δ lactate กลุ่มกางเกงรัดกล้ามเนื้อ มีความสัมพันธ์ที่ r = .2 และกางเกงเลคกิ้ง มีความสัมพันธ์ที่ r = .47

อภิปรายผลการวิจัย

สมรรถภาพนักกีฬาบาสเกตบอลชาย และโปรแกรมการออกกำลังกายเฉพาะบาสเกตบอลที่ทำให้เกิดการล้า

ผู้เข้าร่วมงานวิจัยในครั้งนี้เป็นนักบาสเกตบอลชาย ได้แก่ นักกีฬาบาสเกตบอลทีมมหาวิทยาลัย รวมถึงนักกีฬาบาสเกตบอลระดับสโมสรในประเทศไทย ที่มีการฝึกซ้อมอย่างน้อย 3 ครั้งต่อสัปดาห์ และมีการแข่งขันอย่างน้อย 1 ครั้งต่อสัปดาห์ จากผลการวัดความสามารถของการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2 max) นักกีฬาบาสเกตบอลชายมีค่า VO_2 max เฉลี่ย 47.26 ± 2.83 มิลลิโมล/กิโลกรัม/นาที มีอัตราการเต้นหัวใจสูงสุดเฉลี่ย 181.84 ± 8.53 ครั้ง/นาที ซึ่งค่า VO_2 max มีความใกล้เคียงกับการศึกษาในนักบาสเกตบอลในลีกของตุรกีของ Utku Alemdaroğlu ในปี ค.ศ. 2012 (50) โดยมีค่า VO_2 max เฉลี่ย 50.55 ± 6.7 มิลลิโมล/กิโลกรัม/นาที แสดงให้เห็นว่านักบาสเกตบอลที่นำมาเข้าร่วมงานวิจัยเป็นนักบาสเกตบอลที่มีทักษะสูง

โปรแกรมการออกกำลังกายที่ทำการวิจัยในครั้งนี้เป็นโปรแกรมกระตุ้นทำให้เกิดการล้าแบบเฉพาะกีฬาบาสเกตบอลที่ได้อ้างอิงมาจาก Erculj และ Supej ในปี ค.ศ. 2009 (6) ประกอบด้วย การวิ่งเร็ว การเคลื่อนที่ด้านข้าง และการกระโดด โดยแบ่งออกเป็น 6 ชุด ใช้ระยะเวลาประมาณ 30 นาที ผลจากโปรแกรมการออกกำลังกายเฉพาะบาสเกตบอลปรากฏว่า นักบาสเกตบอลที่มีทักษะสูง มีอัตรา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การเต้นของหัวใจขณะออกกำลังกายสูงสุดอยู่ที่ 176.11 ± 8.07 ครั้งต่อนาที (กลุ่มกางเกงรัดกล้ามเนื้อ) และ 179.26 ± 7.12 ครั้งต่อนาที (กลุ่มกางเกงเลคกิ้ง) ค่า HR intensity มีค่าร้อยละ 96.85 ± 4.44 (กลุ่มกางเกงรัดกล้ามเนื้อ) และ 99.05 ± 3.86 (กลุ่มกางเกงเลคกิ้ง) สอดคล้องกับการศึกษาของ Erculj และ Supej (6) ได้ศึกษาในนักกบาสเกตบอลอาชีพ พบว่า อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดอยู่ที่ร้อยละ 96 ในงานวิจัยของ Alonso และคณะ ในปี ค.ศ. 2003 (19) พบว่า นักบาสเกตบอลหญิงระดับทีมชาติสเปน มีอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดขณะแข่งขันเฉลี่ยร้อยละ 94.6 และการศึกษาของ Abdelkrim และคณะ ในปี ค.ศ. 2007 (18) พบว่านักบาสเกตบอลชาย มีอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดขณะแข่งขันร้อยละ 95 ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด สรุปได้ว่า โปรแกรมการออกกำลังกายของ Erculj และ Supej ในปี ค.ศ. 2009 (6) เป็นโปรแกรมที่ให้ความหนักมาก (มีค่ามากกว่าร้อยละ 90 ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด) เทียบเท่ากับความหนักของการแข่งขันกีฬาบาสเกตบอลอาชีพ

ค่าแลคเตทในเลือดจากการศึกษาในครั้งนี้ ขณะใส่กางเกงรัดกล้ามเนื้อมีแลคเตทการออกกำลังกายชุดที่ 1 เฉลี่ย 6.78 ± 1.91 มิลลิโมล/ลิตร ขณะใส่กางเกงเลคกิ้ง (placebo) มีค่าแลคเตทเฉลี่ย 8.01 ± 2 มิลลิโมล/ลิตร ซึ่งค่าแลคเตทจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ในทุกๆ ชุดของการออกกำลังกาย โดยค่าแลคเตทสูงสุดของนักบาสเกตบอลจะอยู่ในชุดที่ 3 ของการออกกำลังกาย สังเกตุเห็นได้จากแลคเตทในชุดที่ 3 กลุ่มกางเกงรัดกล้ามเนื้อเฉลี่ย 9.95 ± 2.65 มิลลิโมล/ลิตร กลุ่มกางเกงเลคกิ้ง (placebo) เฉลี่ย 11.31 ± 2.59 มิลลิโมล/ลิตร เป็นช่วงที่มีค่าแลคเตท สูงที่สุด หลังจากชุดที่ 3 ค่าของแลคเตทจะลดต่ำลงทั้ง 2 กลุ่ม บ่งบอกถึงร่างกายมีการกำจัดแลคเตทที่สะสมขึ้น แสดงให้เห็นว่าโปรแกรมการออกกำลังกายเฉพาะบาสเกตบอลสามารถกระตุ้นให้เกิดการล้า เนื่องจากโปรแกรมการออกกำลังกายทำทั้งหมด 6 ชุด โดยแต่ละชุดนักกีฬาต้องออกกำลังกายทั้งหมด 8 รอบ โดยจะกำหนดเวลาในแต่ละรอบไว้ที่ 8 วินาที เพื่อกระตุ้นให้นักกีฬาทำเต็มความสามารถ ดังนั้นโปรแกรมการออกกำลังกายเฉพาะบาสเกตบอลสามารถทำให้เกิดการล้าเทียบเท่ากับการแข่งขันได้จริง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ผลของโปรแกรมการออกกำลังกายเฉพาะบาสเกตบอลต่อระดับแลคเตทในเลือดและสมรรถภาพด้านการกระโดดสูง

จากการวิเคราะห์ความหนักของการออกกำลังกายเฉพาะบาสเกตบอล นักกีฬาที่มีทักษะสูงมีความพยายามอย่างเต็มที่ ส่งผลให้ความหนักของการออกกำลังกายเมื่อเทียบกับความหนักของการทดสอบการใช้ออกซิเจนสูงสุดอยู่ในเกณฑ์ที่หนักมาก เป็นเหตุผลที่ทำให้ระดับแลคเตทสะสมมากขึ้นในแต่ละชุดของการออกกำลังกาย นอกจากนี้สมรรถภาพการกระโดดสูงจะลดลงเรื่อยๆ ทั้ง 2 กลุ่ม เนื่องจากนักกีฬาเกิดการล้าของกล้ามเนื้อเพิ่มมากขึ้น การออกกำลังกายเฉพาะบาสเกตบอลเป็นการ

ออกกำลังกายแบบแอนแอโรบิคที่เน้นการทำงานของระยางค์ขา โดยร่างกายจะมีการสร้างพลังงานแบบ ATP-PCr ร้อยละ 60 Glycolysis system ร้อยละ 20 และ Oxidative system ร้อยละ 20 ภายในเวลาการออกกำลังกาย 2 นาที ส่งผลให้ร่างกายมีการผลิตแลคเตทที่เกิดจากการไม่ใช้ออกซิเจนในการสร้างพลังงาน ทำให้แลคเตทมีการสะสมมากขึ้นเรื่อยๆ ในแต่ละชุดของการออกกำลังกาย ในช่วงก่อนออกกำลังกายค่าแลคเตทจากการวิจัยนี้มีค่าเฉลี่ย 1.53 ± 0.8 มิลลิโมลต่อลิตร (กลุ่มกางเกงรัดกล้ามเนื้อ) และ 1.56 ± 0.34 มิลลิโมลต่อลิตร (กลุ่มกางเกงเลคกิ้ง) สอดคล้องกับช่วงขณะพักของบุคคลทั่วไป (แลคเตทขณะพักจะอยู่ในช่วง 0.8 – 2 มิลลิโมลต่อลิตร) เมื่อนักกีฬาเริ่มออกกำลังกายด้วยความหนักที่เทียบเท่ากับการแข่งขัน ร่างกายมีการใช้ระบบพลังงานแบบแอนแอโรบิคมาก ความต้องการของพลังงานมีมากและเร็วขึ้น ทำให้ร่างกายต้องดึงเอาไกลโคเจนที่สะสมตามกล้ามเนื้อและตับมาใช้ในการสร้างพลังงาน ส่งผลให้แลคเตทเกิดการสะสมอย่างรวดเร็ว จากผลของการวิจัยนี้ ในช่วงเริ่มมีการออกกำลังกายในชุดที่ 1 มีแลคเตทสะสมอยู่ที่ 6.78 ± 1.91 มิลลิโมลต่อลิตร (กลุ่มกางเกงรัดกล้ามเนื้อ) 8.01 ± 2 มิลลิโมลต่อลิตร (กลุ่มกางเกงเลคกิ้ง) บ่งบอกได้ว่ามีการสะสมของแลคเตทที่มาก และเมื่อดูการออกกำลังกายชุดที่ 6 แลคเตทมีค่า 9.5 ± 1.72 มิลลิโมลต่อลิตร (กลุ่มกางเกงรัดกล้ามเนื้อ) และ 11.48 ± 2.64 มิลลิโมลต่อลิตร บ่งบอกได้ว่านักกีฬาเกิดการล้าสะสมมากขึ้น

สมรรถภาพด้านการกระโดดสูง จากผลการวิจัยในครั้งนี้ หลังจากออกกำลังกาย พบว่า ทั้ง 2 เงื่อนไข ในการออกกำลังกายชุดที่ 6 มีความสูงของการกระโดดลดลง 2.36 เซนติเมตร (กางเกงรัดกล้ามเนื้อ) และ 2.7 เซนติเมตร (กางเกงเลคกิ้ง) เมื่อเทียบกับการออกกำลังกายชุดที่ 1 การลดลงนี้เป็นผลมาจากโปรแกรมการออกกำลังกายที่ทำให้นักกีฬาเกิดการล้าของกล้ามเนื้อ ทำให้ไม่สามารถคงระดับความสูงของการกระโดดได้ กลไกในการกระโดดแบบ counter movement มีทั้งหมด 3 ช่วง ได้แก่ eccentric phase เป็นช่วงที่เริ่มมีการงอสะโพก เข่า และข้อเท้า โดยกล้ามเนื้อที่ทำงานมากในช่วงนี้ คือ gastrocnemius ซึ่งมีจุดเกาะที่ long-compliant ของเส้นเอ็น achilles เป็นกล้ามเนื้อที่สำคัญในช่วง concentric phase (51) ช่วงของการกระโดดที่ 2 คือ coupling phase เป็นช่วงก่อนจะเหยียดสะโพก เข่า และข้อเท้า ถ้าช่วงนี้มีระยะเวลาน้อยจะส่งผลทำให้เกิดแรงที่ใช้ในการกระโดดมาก ช่วงสุดท้ายของการกระโดด คือ concentric phase เป็นช่วงที่กล้ามเนื้อ quadriceps และ biceps femoris มีการทำงานมากที่สุด (52) ผลมาจากกลไกของ stretch-shortening circle ดังนั้น เมื่อนักกีฬามีการล้าของกล้ามเนื้อ จะส่งผลทำให้ระยะเวลาการตอบสนองต่อการยืดและหดตัวของกล้ามเนื้อ quardriceps, biceps femoris และ gastrocnemius นานมากขึ้น ทำให้แรงที่เกิดจากกล้ามเนื้อเหล่านี้มีน้อย ส่งผลให้สมรรถภาพของการกระโดดลดลง การที่ความสูงของการกระโดดลดลง ส่งผลต่อความแม่นยำในการยิง จากงานวิจัยของ Erculj และ Supej ในปี ค.ศ. 2006 (5) พบว่า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภายหลังออกกำลังกายความสูงในการกระโดดยิงลดลง 2.57 เซนติเมตร ส่งผลต่อความแม่นยำการกระโดดยิงระยะ 3 คะแนน ลดลงจากร้อยละ 50 เหลือร้อยละ 40 ซึ่งความสูงของการกระโดด ที่ได้จากงานวิจัยในปัจจุบันลดลงสอดคล้องกับงานที่อ้างอิง ดังนั้นในขณะแข่งขัน การล้าของนักกีฬาที่ทำให้มีความสูงในการกระโดดยิงลดลง ส่งผลทำให้ความแม่นยำในการยิงลดลงตามไปด้วย

ผลของกางเกงรัดกล้ามเนื้อต่อ HR intensity แลคเตท และความสูงของการกระโดด

จากการวิเคราะห์ความหนักของการออกกำลังกายเฉพาะบาสเกตบอลขณะใส่กางเกงรัดกล้ามเนื้อ นักบาสเกตบอลมีค่าแลคเตทในเลือดน้อยกว่าขณะใส่กางเกงเลคกิ้งตั้งแต่การออกกำลังกายในชุดที่ 1 เนื่องจากกางเกงรัดกล้ามเนื้อสามารถช่วยทำให้อัตราการเต้นของหัวใจขณะออกกำลังกายลดลงจากผลของแรงกดที่ผิวหนัง มีค่าเฉลี่ย 16.71 ± 1.35 มิลลิเมตรปรอท เป็นแรงกดที่ช่วยเพิ่มปริมาณเลือดที่เข้าออกจากหัวใจใน 1 นาที (Cardiac output) (7) งานวิจัยของ Watanuki และ Murata ในปี ค.ศ. 1994 ได้ศึกษาผลของกางเกงรัดกล้ามเนื้อทั้ง 3 ชนิด ที่มีแรงรัดที่ต้นขา 8,12 และ 16 มิลลิเมตรปรอท ตามลำดับ ให้ผู้เข้าร่วมงานวิจัยยืนนิ่งๆเป็นเวลา 120 นาที เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของ cardiac output จากการศึกษาพบว่า cardiac output เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนตั้งแต่แรงรัด 15.1 มิลเมตรปรอทเป็นต้นไป (7) สอดคล้องกับการศึกษาครั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบกับการใส่กางเกงเลคกิ้งที่มีแรงรัดที่กล้ามเนื้อที่ 3.79 ± 1.47 มิลลิเมตรปรอท นอกจากนี้พบว่าผลของกางเกงรัดกล้ามเนื้อช่วยลดแรงดันภายในเส้นเลือด ทำให้เส้นเลือดมีการขยายตัวขึ้น เป็นผลให้เพิ่มความเร็วในการไหลเวียนเลือดกลับสู่หัวใจ (venous return) เมื่อเลือดกลับเข้าสู่หัวใจมากขึ้น ส่งผลให้ปริมาณเลือดก่อนที่หัวใจจะบีบตัวมีปริมาณเพิ่มขึ้น (end-diastolic volume) เมื่อหัวใจบีบตัวแต่ละครั้ง (stroke volume) ปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจในแต่ละครั้งมีปริมาณมากขึ้น ส่งผลให้การบีบตัว 1 นาที มีปริมาณเลือดเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน การเพิ่มขึ้นของ stroke volume ส่งผลให้หัวใจทำงานน้อยลง ดังนั้นอัตราการเต้นของหัวใจจึงลดลง จากผลที่ค้นพบสามารถนำไปปรับใช้ในช่วงฝึกซ้อมและการแข่งขันได้ นักกีฬาจะมีความอดทนต่อการฝึกซ้อมและการแข่งขันมากขึ้น สามารถวิ่ง กระโดด เคลื่อนที่ร่างกายต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ปริมาณแลคเตทในเลือดที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ พบว่า ขณะใส่กางเกงรัดกล้ามเนื้อสามารถช่วยลดการสะสมของแลคเตทในเลือดได้ดีกว่ากางเกงเลคกิ้ง (placebo) โดยเป็นไปตามสมมุติฐานที่ตั้งไว้ ในช่วงขณะพักแลคเตททั่วไปจะอยู่ในช่วง 0.8 – 2 มิลลิโมลต่อลิตร การใส่กางเกงรัดกล้ามเนื้อจึงไม่ส่งผลในช่วงก่อนออกกำลังกาย แต่เมื่อเริ่มออกกำลังกาย ร่างกายจะมีการสร้างแลคเตทเพิ่มมากขึ้นจะเห็นได้จากช่วงหลังการออกกำลังกายในชุดที่ 1 มีแลคเตทเฉลี่ย 6.78 ± 1.91 มิลลิโมลต่อลิตรใน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กลุ่มกางเกงรัดกล้ามเนื้อ และ 8.01 ± 2 มิลลิโมลต่อลิตรในกลุ่มกางเกงเลคกิ้ง การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่ม พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากความหนักของโปรแกรมการออกกำลังกายเฉพาะบาสเกตบอลที่นำมาอ้างอิง ใช้ระบบพลังงานแบบแอนแอโรบิค คือ การที่กระบวนการสลายน้ำตาลกลูโคสที่ไม่สมบูรณ์ เมื่อเปลี่ยนไปเป็นไพรูเวทแล้ว ไม่สามารถเข้าไปสู่วัฏจักรเครปส์ได้เนื่องจากขาดออกซิเจน จึงทำให้เปลี่ยนไปเป็นแลคเตท (34) ต่อมาแลคเตทในกล้ามเนื้อจะเข้าสู่กระแสเลือดเพื่อขนส่งไปยังตับเพื่อเปลี่ยนแลคเตทเป็นกลูโคส (35) ด้วยเอนไซม์ lactate dehydrogenase เพื่อนำไปสร้างพลังงานต่อไป มากไปกว่านั้นเป็นผลมาจากแรงกดของกางเกงรัดกล้ามเนื้อมีค่าที่ 16.71 ± 1.35 มิลเมตรปรอท ที่สอดคล้องกับงานวิจัยของ Perrey ในปี ค.ศ. 2008 (46) ได้อธิบายว่าผลของแรงกดที่ผิวหนังช่วง 15 – 20 มิลลิเมตรปรอท เพิ่มแรงดันของเนื้อเยื่อภายนอกทำให้ความสมดุลของแรงดันภายในและภายนอกหลอดเลือดมีความสมดุลมากขึ้น เนื่องจากโดยทั่วไปกล้ามเนื้อล้าเกิดจากภายในกล้ามเนื้อมีแรงดันมากกว่าภายนอก ซึ่งการที่มีแรงดันภายในและภายนอกสมดุลกัน จะกระตุ้นให้หลอดเลือดต่างๆ เกิดการขยายตัว อีกทั้งเพิ่มการไหลเวียนของเลือดกลับสู่หัวใจ (venous return) (53) และเลือดออกจากหัวใจ ส่งผลทำให้ออกซิเจนไปเลี้ยงกล้ามเนื้อเพื่อสร้างเป็นพลังงานได้เพียงพอในขณะที่กล้ามเนื้อทำงาน ทนต่อการล้าของกล้ามเนื้อได้ดีกว่าแรงกดที่ผิวหนัง น้อยกว่า 15 มิลลิเมตรปรอท

การศึกษาเกี่ยวกับความสูงของการกระโดด ผลของกางเกงรัดกล้ามเนื้อไม่ได้ช่วยทำให้ประสิทธิภาพการกระโดดนั้นมีความแตกต่างกันกับกางเกงเลคกิ้ง มีเพียงแต่การออกกำลังกายในชุดที่ 5 ที่มีความแตกต่างกัน โดยแตกต่าง 1.02 เซนติเมตร จากงานวิจัยของ Erculi และ Supej ในปี ค.ศ. 2006 (5) พบว่า ชุดของการออกกำลังกายที่ 3 ลดลง 1.37 เซนติเมตร เมื่อเทียบกับการออกกำลังกายในชุดที่ 1 ส่งผลทำให้ความแม่นยำในการกระโดดยิง 3 คะแนน ลดลงจากร้อยละ 50 เป็นร้อยละ 40 ซึ่งค่าความต่างร้อยละ 10 นั้นส่งผลอย่างมากต่อความแม่นยำในการยิงของนักบาสเกตบอล เพราะอาจทำให้ทีมเป็นฝ่ายได้คะแนนน้อยและพ่ายแพ้ จากผลของกางเกงรัดกล้ามเนื้อสามารถช่วยคงระดับความสูงของการกระโดดได้ดีกว่ากางเกงเลคกิ้ง เป็นผลมาจากแรงกดของกางเกงรัดกล้ามเนื้อที่ช่วยเพิ่มการรับรู้ตำแหน่งข้อและการเคลื่อนไหว (proprioception) (54) ลดการสั่นของกล้ามเนื้อขณะลงสู่พื้น (55) ซึ่งจะช่วยในการรักษาพลังงานได้ดี อีกทั้ง cardiac output เพิ่มขึ้น ลดการสะสมแลตเตทในกล้ามเนื้อ เพิ่มออกซิเจนไปเลี้ยงกล้ามเนื้อมากขึ้น ก็เป็นปัจจัยหนึ่งที่ช่วยในการคงความสูงของการกระโดดไม่ให้ลดลงมากได้เช่นกัน การที่ความแม่นยำในการกระโดดยิงลดลงเป็นผลมาจาก ความสูงของหัวไหล่ ข้อมือและข้อศอกลดลง (6) ส่งผลกระทบต่อความสูงของการปล่อยบอล (release high) ลดลง ทำให้มุมที่ลูกบอลเข้าห่วงลดลง สอดคล้องกับ Tomislav และคณะ ในปี ค.ศ. 2015 พบว่า เมื่อ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

นักกีฬาบาสเกตบอลล้าจะส่งผลทำให้มุมที่ลูกบอลเข้าห่วงลดลง โดยเฉลี่ยอยู่ที่ 42.7 องศา ซึ่งทั่วๆไปแล้วมุมที่เหมาะสมที่สุดอยู่ในช่วง 52 – 55 องศา (11) ดังนั้นการที่ใช้กางเกงรัดกล้ามเนื้อสามารถช่วยรักษาความสูงของการกระโดดได้ดีกว่ากางเกงเลคกิ้ง

ผลของกางเกงรัดกล้ามเนื้อต่อคลื่นสัญญาณไฟฟ้าของกล้ามเนื้อ medial gastrocnemius

การวิเคราะห์ผลคลื่นสัญญาณไฟฟ้าของกล้ามเนื้อ medial gastrocnemius พบว่า ค่า integrated electromyography (iEMG) ก่อนและหลังออกกำลังกายของกางเกงรัดกล้ามเนื้อลดลงจาก 1.37 ± 0.27 mV•ms เป็น 1.06 ± 0.28 mV•ms และกางเกงเลคกิ้งลดลงจาก 1.45 ± 0.32 mV•ms เป็น 0.92 ± 0.26 mV•ms อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม พบว่าช่วงหลังออกกำลังกายค่า integrated electromyography (iEMG) ขณะใส่กางเกงรัดกล้ามเนื้อลดลงน้อยกว่ากางเกงเลคกิ้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลง integrated electromyography (iEMG) หลังออกกำลังกายเทียบกับก่อนออกกำลังกายขณะใส่กางเกงรัดกล้ามเนื้อลดลงเหลือร้อยละ 77.37 ± 15.61 และขณะใส่กางเกงเลคกิ้งลดลงเหลือร้อยละ 63.34 ± 11.08 ค่า compound muscle action potential (CMAP) ของกลุ่มกางเกงรัดกล้ามเนื้อไม่พบความแตกต่างระหว่างก่อนและหลังออกกำลังกาย (21.77 ± 8.98 , 20.78 ± 9.12 mV) และกลุ่มกางเกงเลคกิ้ง (22.04 ± 7.25, 20.47 ± 7.19 mV) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม พบว่า ไม่พบความแตกต่างเช่นกัน การลดลงของ integrated electromyography (iEMG) เนื่องมาจากการส่งกระแสไฟฟ้าจาก motor neuron มายัง sarcolemma มีการทำงานที่ลดลง (56) ค่า compound muscle action potential (CMAP) ซึ่งเป็นค่าการทำงานของกล้ามเนื้อที่ได้จากการกระตุ้นที่ tibial nerve บริเวณ popliteal fossa เพื่อให้กล้ามเนื้อ medial gastrocnemius หดตัว เป็นตัววัดการล้าจากส่วนปลาย ถ้าค่า compound muscle action potential (CMAP) ลดลง แต่ผลที่ได้จากงานวิจัยนี้ค่า compound muscle action potential (CMAP) ไม่พบการเปลี่ยนแปลง เพราะว่ามีข้อจำกัดเกี่ยวกับโปรแกรมการออกกำลังกายเฉพาะบาสเกตบอลที่ได้นำมาทำการวิจัย ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ได้ทำการดัดแปลงให้เข้ากับการศึกษานี้ มีข้อด้อย คือ ช่วงหลังจากออกกำลังกายเสร็จ นักกีฬาจะถูกเจาะเลือดเพื่อวัดค่าแลคเตท และวัดความสูงของการกระโดด โดยจะใช้ระยะเวลาประมาณ 3 นาที จากนั้นจึงมาวัด CMAP จะเห็นว่าระยะห่างจากการออกกำลังกายและวัด compound muscle action potential (CMAP) มีระยะเวลานานพอสมควรที่ทำให้ร่างกายมีการฟื้นฟูเพียงพอ ดังนั้นจึงทำให้ค่าของ compound muscle action potential (CMAP) ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง ในการศึกษาต่อไปควรมีการวัดค่าของ compound muscle action potential (CMAP) ทันทีที่ออกกำลังกายเสร็จ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เนื่องจากอาจจะเห็นการเปลี่ยนแปลงของ compound muscle action potential (CMAP) ที่ชัดเจนขึ้น

การวัด median frequency ของกล้ามเนื้อ medial gastrocnemius ขณะทำ MVIC 10 วินาที ช่วงก่อนและหลังออกกำลังกายของกลุ่มกางเกงรัดกล้ามเนื้อมีค่า 104.06 ± 30.02 และ 86.26 ± 17.89 Hz ตามลำดับ และกลุ่มกางเกงเลคกิ้งมีค่า 104 ± 22.41 และ 87.74 ± 15.17 Hz ตามลำดับ ทั้ง 2 กลุ่มมีค่า median frequency ที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การลดลงของ median frequency เป็นตัววัดตัวหนึ่งที่ใช้บ่งชี้การล้าของกล้ามเนื้อ ดังนั้นจากการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าโปรแกรมการออกกำลังกายเป็นโปรแกรมที่ทำให้เกิดการล้าของกล้ามเนื้อได้จริง อีกทั้งเมื่ออ้างอิงกับค่าแลคเตท ค่าสหสัมพันธ์ระหว่าง **Δ** median frequency และ **Δ** lactate ขณะใส่กางเกงรัดกล้ามเนื้อ มีความสัมพันธ์ที่ r = .2 ค่า ไม่พบค่าความแตกต่างในการใส่กางเกงรัดกล้ามเนื้อ และขณะใส่กางเกงเลคกิ้ง พบว่า ค่า **Δ** median frequency และ **Δ** lactate มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีความสัมพันธ์ที่ r = .47 สอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้าที่ได้ทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของ median frequency และ แลคเตทในกล้ามเนื้อ ในอาสาสมัครที่มีสุขภาพดี ก่อนและหลังการทดสอบ พบว่า การเปลี่ยนแปลงของ median frequency มีความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของแลคเตท (29) จากค่าสหสัมพันธ์จากงานวิจัยจะเห็นได้ว่าการใส่กางเกงแลคกิ้ง (placebo) ค่า median frequency ที่ลดลงส่งผลให้มีความสัมพันธ์ต่อการเพิ่มขึ้นของแลคเตทในเลือดมากกว่าการใส่กางเกงรัดกล้ามเนื้อ การที่ค่าความสัมพันธ์ของ median frequency และแลคเตท ขณะใส่กางเกงรัดกล้ามเนื้อมีค่าความสัมพันธ์น้อยกว่ากางเกงเลคกิ้ง เพราะว่า ผลของแรงกดของกางเกงรัดกล้ามเนื้อที่เหมาะสมสามารถช่วยทำให้หลอดเลือดคลายตัวได้ดี เลือดมีการไหลเวียนกลับสู่หัวใจ (venous return) ได้ดียิ่งขึ้น ส่งผลให้ปริมาตรเลือดออกจากหัวใจใน 1 นาที (cardiac output) เพิ่มมากขึ้น (7) ทำให้การขนส่งแลคเตทจากกล้ามเนื้อเข้าสู่กระแสเลือดเพื่อไปกำจัดที่ตับได้ดียิ่งขึ้น ดังนั้นแลคเตทในเลือดไม่เพิ่มขึ้นมากในขณะที่ median frequency เพิ่มขึ้น ทำให้ความสัมพันธ์ระหว่าง median frequency และแลคเตทน้อย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. การวัดค่า compound muscle action potential (CMAP) จะต้องฝึกฝนอย่างชำนาญก่อนที่จะทดลองจริง เนื่องจากขั้นตอนการวัดจะใช้ระยะพอสมควร การที่ใช้เวลาในการวัดนานจะส่งผลทำให้กล้ามเนื้อเกิดการฟื้น
2. โปรแกรมการออกกำลังกายเฉพาะบาสเกตบอลที่ได้นำมาทำการศึกษาเป็นโปรแกรมที่มีการดัดแปลงเพื่อให้เข้ากับการวัดค่าแลคเตทและความสูงของการกระโดด ทำให้การวัดคลื่นสัญญาณไฟฟ้าของกล้ามเนื้อ gastrocnemius ช่วงวัดหลังจากออกกำลังกายเสร็จมีระยะเวลานานเกินไป ทำให้ค่า compound muscle action potential (CMAP) ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง ดังนั้นในงานวิจัยครั้งหน้าควรมีการวัด CMAP ทันทีหลังจากออกกำลังกาย
3. งานวิจัยนี้วัดเพียงแค่คลื่นสัญญาณไฟฟ้าของกล้ามเนื้อ gastrocnemius ในงานวิจัยครั้งต่อไปควรมีการวัดในกล้ามเนื้อ quadriceps และ hamstring อีกทั้งควรมีการวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อด้วยว่ามีการหดตัวสูงสุดรีเปล่า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการอ้างอิง

1. สุนทร กายประจักษ์. เทคนิคการเล่นบาสเกตบอลระดับโลก. กรุงเทพมหานคร: เจเนอรัลบุ๊คส์ เซนเตอร์; 2536. 183 p.

2. Knudson D. Biomechanics of the basketball jump shot—Six key teaching points. Journal of Physical Education, Recreation & Dance. 1993;64(2):67-73.

3. Miller S, Bartlett R. The relationship between basketball shooting kinematics, distance and playing position. J Sports Sci. 1996;14(3):243-53.

4. Tsai C, Ho W, Lii Y, Huang C, editors. The kinematic analysis of basketball three point shoot after high intensity program. XXIV Isbs Symposium; 2006.

5. Erčulj F, Supej M. The impact of fatigue on jump shot height and accuracy over a longer shooting distance in basketball. Ugdymas Kûno Kultûra Sportas. 2006;63(4):35-41.

6. Erculj F, Supej M. Impact of fatigue on the position of the release arm and shoulder girdle over a longer shooting distance for an elite basketball player. J Strength Cond Res. 2009;23(3):1029-36.

7. Watanuki S, Murata H. Effects of wearing compression stockings on cardiovascular responses. The Annals of physiological anthropology. 1994;13(3):121-7.

8. DOAN B, Kwon Y-H, NEWTON R, Shim J, Popper E, ROGERS R, et al. Evaluation of a lower-body compression garment. Journal of sports sciences. 2003;21(8):601-10.

9. Kraemer WJ, Bush JA, Bauer JA, Triplett-McBride NT, Paxton NJ, Clemson A, et al. Influence of Compression Garments on Vertical Jump Performance in NCAA Division I Volleyball Players. The Journal of Strength & Conditioning Research. 1996;10(3):180-3.

10. Bigland‐Ritchie B, Woods J. Changes in muscle contractile properties and neural control during human muscular fatigue. Muscle & nerve. 1984;7(9):691-9.

11. Satern M. Performance EXCELLENCE: Basketball: Shooting the Jump Shot. Strategies. 1988;1(4):9-11.

12. Miller S, Bartlett RM. The effects of increased shooting distance in the basketball jump shot. Journal of Sports Sciences. 1993;11(4):285-93.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

13. Okazaki VHA, Rodacki ALF. Increased distance of shooting on basketball jump shot. Journal of sports science & medicine. 2012;11(2):231.

14. Chen I-T, Chang C-W, Hung C-L, Chen L-C, Hung T-M. Investigation of underlying psychological factors in elite table tennis players. International Journal of Table Tennis Science. 2010;6:48-50.

15. Elliott B, White E. A kinematic and kinetic analysis of the female two point and three point jump shots in basketball. The Australian Journal of Science and Medicine in Sport. 1989;21(2):7-11.

16. Smith RE, Smoll FL, Curtis B. Coach effectiveness training: A cognitive-behavioral approach to enhancing relationship skills in youth sport coaches. Journal of sport psychology. 1979;1(1).

17. Mamassis G, Doganis G. The effects of a mental training program on juniors pre-competitive anxiety, self-confidence, and tennis performance. Journal of Applied Sport Psychology. 2004;16(2):118-37.

18. Abdelkrim NB, El Fazaa S, El Ati J. Time–motion analysis and physiological data of elite under-19-year-old basketball players during competition. British journal of sports medicine. 2007;41(2):69-75.

19. Rodriguez-Alonso M, Fernandez-Garcia B, Perez-Landaluce J, Terrados N. Blood lactate and heart rate during national and international women's basketball. Journal of Sports Medicine and Physical Fitness. 2003;43(4):432.

20. Davis JM, Bailey SP. Possible mechanisms of central nervous system fatigue during exercise. Medicine and science in sports and exercise. 1997;29(1):45-57.

21. Boyas S, Guével A. Neuromuscular fatigue in healthy muscle: underlying factors and adaptation mechanisms. Annals of physical and rehabilitation medicine. 2011;54(2):88-108.

22. Meeusen R, Watson P, Hasegawa H, Roelands B, Piacentini MF. Central fatigue. Sports Medicine. 2006;36(10):881-909.

23. Kent-Braun J, LeBlanc R. QUANTITATING CENTRAL ACTIVATION FAILURE DURING MAXIMAL VOLUNTARY ISOMETRIC CONTRACTIONS.: 452. Medicine & Science in Sports & Exercise. 1995;27(5):S80.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

24. Bigland-Ritchie B, Jones D, Hosking G, Edwards R. Central and peripheral fatigue in sustained maximum voluntary contractions of human quadriceps muscle. Clinical Science. 1978;54(6):609-14.

25. Kent-Braun JA. Central and peripheral contributions to muscle fatigue in humans during sustained maximal effort. European journal of applied physiology and occupational physiology. 1999;80(1):57-63.

26. Bergström J, Harris R, Hultman E, Nordesjö L-O. Energy rich phosphagens in dynamic and static work. Muscle metabolism during exercise: Springer; 1971. p. 341-55.

27. Inesi G, Hill TL. Calcium and proton dependence of sarcoplasmic reticulum ATPase. Biophysical journal. 1983;44(2):271.

28. Horita T, Ishiko T. Relationships between muscle lactate accumulation and surface EMG activities during isokinetic contractions in man. European journal of applied physiology and occupational physiology. 1987;56(1):18-23.

29. Karlsson J, Nordesjö L, Jorfeldt L, Saltin B. Muscle lactate, ATP, and CP levels during exercise after physical training in man. Journal of applied physiology. 1972;33(2):199-203.

30. Yoshida T, Takeuchi N, Suda Y. Arterial versus venous blood lactate increase in the forearm during incremental bicycle exercise. European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology. 1982;50(1):87-93.

31. Collange O, Cortot F, Meyer A, Calon B, Pottecher T, Diemunsch P. Lactate measurement by the capillary method in shocked patients. Critical Care. 2008;12(2):1.

32. Forsyth J, Farrally M. A comparison of lactate concentration in plasma collected from the toe, ear, and fingertip after a simulated rowing exercise. British journal of sports medicine. 2000;34(1):35-8.

33. Slawinski J, Poli J, Karganovic S, Khazoom C, Dinu D, editors. EFFECT OF FATIGUE ON BASKETBALL THREE POINTS SHOT KINEMATICS. ISBS-Conference Proceedings Archive; 2016.

34. McArdle WD, Katch FI, Katch VL. Exercise physiology: nutrition, energy, and human performance: Lippincott Williams & Wilkins; 2010.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

35. Nelson DL, Cox MM, Lehninger AL. Principles of biochemistry. WH Freeman and Company, New York, fourth edition edition. 2005;1(1.1):2.

36. Hudson JL. A biomechanical analysis by skill level of free throw shooting in basketball. Biomechanics in sports. 1982:95-102.

37. Chen W-C, Lo S-L, Lee Y-K, Wang J-S, Shiang T-Y, editors. EFFECTS OF UPPER EXTREMITY FATIGUE ON BASKETBALL SHOOTING ACCURACY. ISBS-Conference Proceedings Archive; 2008.

38. Rupčić T, Knjaz D, Baković M, Devrnja A, Matković BR. Impact of fatigue on accuracy and changes in certain kinematic parameters during shooting in basketball. Hrvatski športskomedicinski vjesnik. 2015;30(1):15-20.

39. Chappell JD, Herman DC, Knight BS, Kirkendall DT, Garrett WE, Yu B. Effect of fatigue on knee kinetics and kinematics in stop-jump tasks. The American journal of sports medicine. 2005;33(7):1022-9.

40. Nunley RM, Wright D, Renner JB, Yu B, Garrett Jr WE. Gender comparison of patellar tendon tibial shaft angle with weight bearing. Research in Sports Medicine. 2003;11(3):173-85.

41. MacRae MBA, Cotter JD, Laing RM. Compression garments and exercise. Sports medicine. 2011;41(10):815-43.

42. Lovell DI, Mason DG, Delphinus EM, McLellan CP. Do compression garments enhance the active recovery process after high-intensity running? The Journal of Strength & Conditioning Research. 2011;25(12):3264-8.

43. Driller MW, Halson SL. The effects of lower-body compression garments on recovery between exercise bouts in highly-trained cyclists. Journal of Science and Cycling. 2013;2(1):45.

44. Duffield R, Portus M. Comparison of three types of full-body compression garments on throwing and repeat-sprint performance in cricket players. British journal of sports medicine. 2007;41(7):409-14.

45. Robergs RA, Ghiasvand F, Parker D. Biochemistry of exercise-induced metabolic acidosis. American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology. 2004;287(3):R502-R16.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

46. Perrey S. Compression garments: Evidence for their physiological effects (P208). The Engineering of Sport 7: Springer; 2008. p. 319-28.

47. Ali A, Creasy RH, Edge JA. The effect of graduated compression stockings on running performance. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2011;25(5):1385-92.

48. Gupta A, Bryers JJ, Clothier PJ. The effect of leg compression garments on the mechanical characteristics and performance of single-leg hopping in healthy male volunteers. BMC sports science, medicine and rehabilitation. 2015;7(1):1.

49. Kommalage M. Association between severity of Carpal Tunnel Syndrome and pain in wrist or hand. Galle Medical Journal. 2011;16(1).

50. Alemdaroğlu U. The relationship between muscle strength, anaerobic performance, agility, sprint ability and vertical jump performance in professional basketball players. Journal of human kinetics. 2012;31:149-58.

51. Bobbert M. Dependence of human squat jump performance on the series elastic compliance of the triceps surae: a simulation study. Journal of Experimental Biology. 2001;204(3):533-42.

52. Nuzzo JL, McBride JM. The effect of loading and unloading on muscle activity during the jump squat. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2013;27(7):1758-64.

53. Chatard JC, Atlaoui D, Farjanel J, Louisy F, Rastel D, Guezennec CY. Elastic stockings, performance and leg pain recovery in 63-year-old sportsmen. Eur J Appl Physiol. 2004;93(3):347-52.

54. Barrack RL, Skinner HB, Buckley SL. Proprioception in the anterior cruciate deficient knee. Am J Sports Med. 1989;17(1):1-6.

55. Kraemer WJ, Bush JA, Newton RU, Duncan ND, Volek JS, Denegar CR, et al. Influence of a compression garment on repetitive power output production before and after different types of muscle fatigue. Research in Sports Medicine: An International Journal. 1998;8(2):163-84.

56. Bigland-Ritchie B, Johansson R, Lippold OC, Woods JJ. Contractile speed and EMG changes during fatigue of sustained maximal voluntary contractions. J Neurophysiol. 1983;50(1):313-24.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	AF 10-05/4.0 **เอกสารแสดงความยินยอมเข้าร่วมในโครงการวิจัย**

การวิจัยเรื่อง การใส่กางเกงรัดกล้ามเนื้อต่อการลดการสะสมแลคเตทที่เกิดจากการออกกำลังกายอย่างหนักในโปรแกรมที่ทำให้เกิดการล้าเฉพาะบาสเกตบอลในนักกีฬาบาสเกตบอลชาย

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ข้าพเจ้า นาย.....

ที่อยู่..... .....

ได้อ่านรายละเอียดจากเอกสารข้อมูลสำหรับผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยวิจัยที่แนบมาฉบับวันที่ ..... และข้าพเจ้ายินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัยโดยสมัครใจ

ข้าพเจ้าได้รับสำเนาเอกสารแสดงความยินยอมเข้าร่วมในโครงการวิจัยที่ข้าพเจ้าได้ลงนามและ วันที่ พร้อมด้วยเอกสารข้อมูลสำหรับผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย ทั้งนี้ก่อนที่จะลงนามในใบยินยอมให้ทำการวิจัยนี้ ข้าพเจ้าได้รับการอธิบายจากผู้วิจัยถึงวัตถุประสงค์ของการวิจัย ระยะเวลาของการทำวิจัย วิธีการวิจัย อันตราย หรืออาการที่อาจเกิดขึ้นจากการวิจัย รวมทั้งประโยชน์ที่จะเกิดขึ้นจากการวิจัย ข้าพเจ้ามีเวลาและโอกาสเพียงพอในการซักถามข้อสงสัยจนมีความเข้าใจอย่างดีแล้ว โดยผู้วิจัยได้ตอบคำถามต่าง ๆ ด้วยความเต็มใจไม่ปิดบังซ่อนเร้นจนข้าพเจ้าพอใจ

ข้าพเจ้ารับทราบจากผู้วิจัยว่าหากเกิดอันตรายใด ๆ จากการวิจัยดังกล่าว ข้าพเจ้าจะได้รับการรักษาพยาบาลโดยไม่เสียค่าใช้จ่าย

ข้าพเจ้ามีสิทธิที่จะบอกเลิกเข้าร่วมในโครงการวิจัยเมื่อใดก็ได้ โดยไม่จำเป็นต้องแจ้งเหตุผล

ผู้วิจัยรับรองว่าจะเก็บข้อมูลส่วนตัวของข้าพเจ้าเป็นความลับ และจะเปิดเผยได้เฉพาะเมื่อได้รับการยินยอมจากข้าพเจ้าเท่านั้น บุคคลอื่นในนามของบริษัทผู้สนับสนุนการวิจัย คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคนอาจได้รับอนุญาตให้เข้ามาตรวจและประมวลข้อมูลของข้าพเจ้า ทั้งนี้จะต้องกระทำไปเพื่อวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลเท่านั้น โดยการตกลงที่จะเข้าร่วมการศึกษานี้ข้าพเจ้าได้ให้คำยินยอมที่จะให้มีการตรวจสอบข้อมูลประวัติทางการแพทย์ของข้าพเจ้าได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ผู้วิจัยรับรองว่าจะไม่มีการเก็บข้อมูลใด ๆ เพิ่มเติม หลังจากที่ข้าพเจ้าขอยกเลิกการเข้าร่วมโครงการวิจัยและต้องการให้ทำลายเอกสารและ/หรือ ตัวอย่างที่ใช้ตรวจสอบทั้งหมดที่สามารถสืบค้นถึงตัวข้าพเจ้าได้

ข้าพเจ้าเข้าใจว่า ข้าพเจ้ามีสิทธิ์ที่จะตรวจสอบหรือแก้ไขข้อมูลส่วนตัวของข้าพเจ้าและสามารถยกเลิกการให้สิทธิในการใช้ข้อมูลส่วนตัวของข้าพเจ้าได้ โดยต้องแจ้งให้ผู้วิจัยรับทราบ

ข้าพเจ้าได้ตระหนักว่าข้อมูลในการวิจัยรวมถึงข้อมูลทางการแพทย์ของข้าพเจ้าที่ไม่มีการเปิดเผยชื่อ จะผ่านกระบวนการต่าง ๆ เช่น การเก็บข้อมูล การบันทึกข้อมูลในแบบบันทึกและในคอมพิวเตอร์ การตรวจสอบ การวิเคราะห์ และการรายงานข้อมูลเพื่อวัตถุประสงค์ทางวิชาการ

ข้าพเจ้าได้อ่านข้อความข้างต้นและมีความเข้าใจดีทุกประการแล้ว ยินดีเข้าร่วมในการวิจัยด้วยความเต็มใจ จึงได้ลงนามในเอกสารแสดงความยินยอมนี้

.....ลงนามผู้ให้ความยินยอม

(.....) ชื่อผู้ยินยอมตัวบรรจง

วันที่ .....เดือน.....พ.ศ.....

การจัดการกับตัวอย่างทางชีวภาพ

☐ไม่มีตัวอย่างชีวภาพ

☑ มีแต่ไม่มีการขอเก็บ

☐ มีและขอเก็บตัวอย่างชีวภาพที่เหลือไว้เพื่อการวิจัยในอนาคต

ข้าพเจ้า ☐ ยินยอม

☐ ไม่ยินยอม

ให้เก็บตัวอย่างชีวภาพที่เหลือไว้เพื่อการวิจัยในอนาคต

.....ลงนามผู้ให้ความยินยอม

(..... .....) ชื่อผู้ยินยอมตัวบรรจง

วันที่ .....เดือน.....พ.ศ.....

ข้าพเจ้าได้อธิบายถึงวัตถุประสงค์ของการวิจัย วิธีการวิจัย อันตราย หรืออาการไม่พึงประสงค์หรือความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นจากการวิจัย หรือจากยาที่ใช้ รวมทั้งประโยชน์ที่จะเกิดขึ้นจากการวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

อย่างละเอียด ให้ผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัยตามนามข้างต้นได้ทราบและมีความเข้าใจดีแล้ว พร้อมลงนามลงในเอกสารแสดงความยินยอมด้วยความเต็มใจ

.....ลงนามผู้ทำวิจัย

(.....) ชื่อผู้ทำวิจัย ตัวบรรจง

วันที่ .....เดือน.....พ.ศ.....

.....ลงนามพยาน

(.....) ชื่อพยาน ตัวบรรจง

วันที่ .....เดือน.....พ.ศ.....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ข

	คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัย คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	เอกสารชี้แจงข้อมูลคำอธิบายสำหรับ ผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัย	AF 09-04/5.0 หน้า 92/7

ชื่อโครงการวิจัย การใส่กางเกงรัดกล้ามเนื้อต่อการลดการสะสมแลคเตทที่เกิดจากการล้าเฉพาะบาสเกตบอลในนักบาสเกตบอลชาย

ผู้สนับสนุนการวิจัย อยู่ระหว่างเตรียมการขอทุน

ผู้วิจัยหลัก

ชื่อ นาย ธวัชชัย พลอยแดง

สถานศึกษาของผู้วิจัย อาคาร แพทยพัฒน์ ชั้น4 คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร 10330

เบอร์โทรศัพท์ติดต่อ 24 ชั่วโมง 086-524-8101

ผู้วิจัยร่วม (ทุกท่าน)

ชื่อ รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ สมพล สงวนรังศิริกุล

ที่อยู่ ภาควิชาสรีรวิทยา คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร 10330

เบอร์โทรศัพท์ 081 – 492 – 3552

ชื่อ รองศาสตราจารย์ ดร. วิไล อโนมะศิริ

ที่อยู่ ภาควิชาชีวเคมี คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร 10330

เบอร์โทรศัพท์ 085 – 155 – 3988

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เรียน ผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยทุกท่าน

ท่านได้รับเชิญให้เข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้เนื่องจากท่านเป็นนักบาสเกตบอลชายที่มีทักษะสูง อายุระหว่าง 18-30 ปี ก่อนที่ท่านจะตัดสินใจเข้าร่วมในการศึกษาวิจัยดังกล่าว ขอให้ท่านอ่านเอกสารฉบับนี้อย่างถี่ถ้วน เพื่อให้ท่านได้ทราบถึงเหตุผลและรายละเอียดของการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ หากท่านมีข้อสงสัยใดๆ เพิ่มเติม กรุณาซักถามจากทีมงานของแพทย์ผู้ทำวิจัย หรือแพทย์ผู้ร่วมทำวิจัยซึ่งจะเป็นผู้สามารถตอบคำถามและให้ความกระจ่างแก่ท่านได้

ท่านสามารถขอคำแนะนำในการเข้าร่วมโครงการวิจัยนี้จากครอบครัว เพื่อน หรือแพทย์ประจำตัวของท่านได้ ท่านมีเวลาอย่างเพียงพอในการตัดสินใจโดยอิสระ ถ้าท่านตัดสินใจแล้วว่าจะเข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้ ขอให้ท่านลงนามในเอกสารแสดงความยินยอมของโครงการวิจัยนี้

เหตุผลความเป็นมา

ผลของการล้าในกีฬาบาสเกตบอลเป็นสิ่งที่สำคัญมาก ทำให้ความแม่นยำลดลง และผลของการล้าส่งผลให้นักกีฬามีความเร็วการเคลื่อนที่ของแขน ความสูงของหัวไหล่ และข้อมือลดลง ซึ่งในการแข่งขันบาสเกตบอลนานาชาติ พบว่า นักกีฬามีอัตราการเต้นหัวใจเฉลี่ย 90% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด และมีกรดแลคติกเฉลี่ย 6.8 มิลลิโมลต่อลิตร ซึ่งเป็นความหนักที่หนักมากถ้าไม่ได้รับการฟื้นฟูร่างกายให้เพียงพอในระหว่างการแข่งขัน จะทำให้นักกีฬามีสมรรถภาพลดลง

การใส่กางเกงรัดกล้ามเนื้อสามารถช่วยลดการล้าได้ โดยการลดการสะสมของแลคเตทที่กล้ามเนื้อจากการเพิ่มการไหลเวียนเลือดกลับสู่หัวใจ (venous return) รวมถึงเพิ่มปริมาณเลือดที่ออกสู่หัวใจใน 1 นาที (cardiac output)และยังช่วยรักษาหรือเพิ่มสมรรถภาพการกระโดดในขณะที่กล้ามเนื้อเกิดการล้าได้ โดยการเพิ่มการรับรู้ตำแหน่งของข้อมากขึ้น ลดการสั่นของกล้ามเนื้อในช่วงลงสู่พื้นจากการกระโดด ทำให้การล้าของกล้ามเนื้อลดลง

จากการวิจัยที่ผ่านมาทำให้ทราบถึงผลของการล้าจะส่งผลต่อประสิทธิภาพการกระโดดลดลง ซึ่งเป็นปัจจัยอย่างหนึ่งในการทำให้ความแม่นยำลดลง ดังนั้นจากการวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับอุปกรณ์รัดกล้ามเนื้อยังไม่ได้มีการศึกษาในการสร้างสภาวะการออกกำลังกายระดับความหนักเทียบเท่ากับการแข่งขันจริง ว่าผลของอุปกรณ์รัดกล้ามเนื้อจะสามารถเกิดประโยชน์ระหว่างการแข่งขัน ดังนั้นจึงเป็นที่มาที่จะศึกษาผลของการใส่กางเกงรัดกล้ามเนื้อต่อการออกกำลังกายในสภาวะเทียบเท่ากับการแข่งขันที่ทำให้เกิดสภาวะการล้าของกล้ามเนื้อขึ้นในนักกีฬาบาสเกตบอล

<u>วัตถุประสงค์ของการศึกษา</u>

เพื่อศึกษาผลของการใส่กางเกงรัดกล้ามเนื้อต่อการลดการสะสมแลคเตทที่เกิดจากการล้าจากการออกกำลังกายแบบเฉพาะของบาสเกตบอลในนักบาสเกตบอลชาย

<u>วิธีการที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย</u>

หลังจากท่านให้ความยินยอมที่จะเข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้ ผู้วิจัยจะขอให้ท่านกรอกแบบสอบถามเพื่อคัดกรอง ซึ่งได้แก่ คำถามเกี่ยวกับข้อมูลทั่วไป ประวัติสุขภาพในอดีตและปัจจุบัน ว่าท่านมีคุณสมบัติที่เหมาะสมที่จะเข้าร่วมในงานวิจัยนี้หรือไม่ และท่านจะได้รับการตรวจร่างกายอย่างละเอียด ได้แก่ การตรวจความผิดปกติของกระดูกและข้อ รวมถึงกล้ามเนื้อขาโดยนักกายภาพบำบัด และตรวจดัชนีมวลกาย หากท่านมีคุณสมบัติเบื้องต้นที่เหมาะสมและมีคุณสมบัติตามเกณฑ์คัดเข้า ในขั้นตอนถัดไปท่านจะได้รับการอธิบายอย่างละเอียดเกี่ยวกับวิธีการทดสอบในงานวิจัยนี้ พร้อมทั้งทำความคุ้นเคยกับลู่วิ่งสายพาน การออกกำลังกายเฉพาะบาสเกตบอล การวัดการทำงานของกล้ามเนื้อ และการกระตุ้นกล้ามเนื้อด้วยไฟฟ้า โดยตลอดระยะเวลาที่ท่านอยู่ในโครงการวิจัยท่านจะมาพบผู้วิจัยหรือผู้ร่วมทำวิจัยทั้งสิ้น 3 ครั้ง โดยผู้เข้าร่วมงานวิจัยมีจำนวนทั้งสิ้น 21 คน

<u>ครั้งที่ 1 เพื่อตรวจคัดกรอง</u>

1. ผู้เข้าร่วมงานวิจัยจะถูกขอร้องให้
   - งดการออกกำลังกาย ฝึกซ้อม อย่างหนัก หรือแข่งขัน อย่างน้อย 24 ชั่วโมง เพื่อรักษาการไหลเวียนเลือดให้คงที่
   - งดเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์อย่างน้อย 24 ชั่วโมง

- งดเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของคาเฟอีน อย่างน้อย 2 ชั่วโมง
- งดอาหารก่อนการทดสอบอย่างน้อย 4 ชั่วโมง

2. เมื่อท่านมาถึงห้องปฏิบัติการจะให้ท่านนั่งพัก และตอบแบบสอบถามเพื่อการคัดกรอง แล้วทำการทดสอบการออกกำลังกาย เพื่อวัดอัตราการเต้นหัวใจและประสิทธิภาพของการใช้ออกซิเจนสูงสุด โดยใช้ Bruce treadmill protocol เป็นเวลาสูงสุด 30 นาที

3. เปิดโอกาสให้ท่านซักถามข้อสงสัยต่างๆ

<u>ครั้งที่ 2 และ 3 ทดสอบการการล้าเฉพาะบาสเกตบอล รวมทั้งวัดแลคเตท การทำงานของกล้ามเนื้อ และความสูงของการกระโดด</u>

1. ผู้เข้าร่วมงานวิจัยจะถูกขอร้องให้
   - งดการออกกำลังกาย ฝึกซ้อม อย่างหนัก หรือแข่งขัน อย่างน้อย 24 ชั่วโมง เพื่อรักษาการไหลเวียนเลือดให้คงที่
   - งดเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์อย่างน้อย 24 ชั่วโมง
   - งดเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของคาเฟอีน อย่างน้อย 2 ชั่วโมง
   - งดอาหารก่อนการทดสอบอย่างน้อย 4 ชั่วโมง

2. ในวันทดสอบจริง เมื่อท่านมาถึงห้องปฏิบัติการที่ควบคุมอุณหภูมิห้องไว้ที่ 25 องศาเซลเซียส จากนั้นเริ่มการวัดค่าพื้นฐาน คือ วัดแลคเตทที่ปลายนิ้ว ติดขั้วบันทึกคลื่นไฟฟ้าที่กล้ามเนื้อน่อง เพื่อวัดการหดตัวสูงสุดของกล้ามเนื้อ โดยใช้เครื่องบันทึกการทำงานของกล้ามเนื้อ (BIOPAC Systems MP100A, Inc Santa Barbara, California, U.S.A) และการใช้ไฟกระตุ้นกล้ามเนื้อน่องด้วยเครื่องกระตุ้น (NEUROPACK MEM 3202,Nihon Kohden, Tokyo, Japan) (รูปที่ 1)

3. ให้ท่านอบอุ่นร่างกายโดยการวิ่งเบา รวมถึงยืดเหยียดกล้ามเนื้อ เป็นเวลา 10 นาที

4. ให้ท่านวิ่งเร็วเป็นระยะทาง 9 เมตร จากนั้นให้ท่านเคลื่อนที่ด้านข้าง (side-shuffling) กลับมาที่จุดเริ่มต้น แล้วทำการกระโดดโดยให้สูงจากพื้น 30 เซนติเมตร 3 ครั้ง เป็นอันเสร็จรอบที่ 1 โดยให้ทำทั้งหมด 8 รอบติดต่อกัน

5. จากนั้นท่านจะถูกขอร้องให้เจาะเลือดที่ปลายนิ้ว 1 ครั้ง เพื่อทำการวัดแลคเตท ภายหลังจากเจาะเลือดแล้ว ให้ท่านวัดความสามารถในการกระโดดสูงสุดโดยวางมือไว้ที่สะโพกขณะกระโดด จะกระโดด 3 ครั้ง ระหว่างครั้งจะมีการพัก 5 วินาที

6. จากข้อ 4-5 จะเท่ากับ 1 ชุด โดยให้ทำทั้งหมด 6 ชุด จะมีการเจาะเลือดทั้งหมด 6 ครั้ง

7. ให้ท่านทำการวัดค่าหลังจากออกกำลังกาย คือ ติดขั้วบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อน่อง เพื่อวัดการหดตัวสูงสุดของกล้ามเนื้อ และการใช้ไฟกระตุ้นกล้ามเนื้อน่อง เป็นอันเสร็จการทดสอบทั้งปวง

8. ในครั้งที่ 2 และ 3 จะทำการสุ่มการใส่กางเกงรัดกล้ามเนื้อชนิดที่ 1 กับกางเกงเลคกิ้ง (placebo)

<u>ความรับผิดชอบของอาสาสมัครผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัย</u>

เพื่อให้งานวิจัยนี้ประสบความสำเร็จ ผู้ทำวิจัยใคร่ขอความความร่วมมือจากท่าน โดยจะขอให้ท่านปฏิบัติตามคำแนะนำของผู้ทำวิจัยอย่างเคร่งครัด รวมทั้งแจ้งอาการผิดปกติต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นกับท่านระหว่างที่ท่านเข้าร่วมในโครงการวิจัยให้ผู้ทำวิจัยได้รับทราบ

<u>ความเสี่ยงที่อาจได้รับ</u>

1. ความเสี่ยงจากการเดินบนลู่วิ่งสายพาน ท่านอาจมีการบาดเจ็บจากการพลัดตกหรือหกล้มบนลู่วิ่งสายพาน ซึ่งผู้วิจัย

จะอธิบายขั้นตอนการใช้งานอย่างละเอียด พร้อมทั้งมีแพทย์และเจ้าหน้าที่คอยดูแลอย่างใกล้ชิด หากเกิดเหตุการณ์ฉุกเฉินจะมีการปฐมพยาบาลเบื้องต้นอย่างถูกต้อง

2. ความเสี่ยงจากการออกกำลังกายเฉพาะบาสเกตบอล เนื่องจากความหนักของการออกกำลังกายจะเทียบเท่ากับการ

แข็งขันบาสเกตบอล ท่านอาจมีอาการไม่พึงประสงค์ เช่น หน้ามืด วิงเวียน เป็นลม ใจสั่น เป็นต้น ทางผู้วิจัยได้ทำการตรวจคัดกรองตามที่ระบุไว้ในเกณฑ์การคัดออกอย่างชัดเจน เพื่อป้องกันอาการไม่พึงประสงค์ดังกล่าว และถ้าเกิดขึ้นกับท่านขณะการทดสอบ การทดสอบนั้นจะหยุดทันที

3. ความเสี่ยงของการเจาะเลือด ท่านอาจจะรู้สึกเจ็บเล็กน้อยขณะเจาะเลือดที่ปลายนิ้ว โดยปริมาณเลือดที่ต้องการ

ในแต่ละครั้ง จะใช้เพียงแค่ 1 หยดเท่านั้น ซึ่งคนที่เจาะเลือดให้ท่านจะเป็นพยาบาลวิชาชีพที่ชำนาญการเจาะเลือด และในแต่ละครั้งก่อนเจาะเลือดทางผู้วิจัยจะตรวจสอบให้มั่นใจว่าเข็มที่เจาะ รวมถึงวิธีการเจาะเลือดสะอาด ถูกสุขลักษณะ

กรุณาแจ้งผู้ทำวิจัยในกรณีที่พบอาการดังกล่าวข้างต้น หรืออาการอื่น ๆ ที่พบร่วมด้วย ระหว่างที่อยู่ในโครงการวิจัย ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงเกี่ยวกับสุขภาพของท่าน ขอให้ท่านรายงานให้ผู้ทำวิจัยทราบโดยเร็ว

<u>ความเสี่ยงจากการกระตุ้นกล้ามเนื้อน่องด้วยไฟฟ้า</u>

การกระตุ้นกล้ามเนื้อน่องเป็นตัววัดการล้าที่เป็นวิธีมาตรฐานที่ใช้เพื่อดูการล้าที่เกิดจากการออกกำลังกายว่าเกิดจากการล้าจากส่วนกลางหรือการล้าจากส่วนปลาย สำหรับการล้าที่เกิดจากการออกกำลังกายเฉพาะบาสเกตบอลได้พิสูจน์แล้วว่านักกีฬาเกิดการล้าจากรยางค์ขาทุกกล้ามเนื้อ อีกทั้งการหดตัวสูงสุดของกล้ามเนื้อน่องจะมาจากการเหยียดปลายเท้าลงขณะที่มีแรงต้าน เช่น การกระโดดในกีฬาบาสเกตบอล

Chulalongkorn University

วอลเลย์บอล เป็นต้น ซึ่งจะทำให้เส้นเอ็นและกล้ามเนื้อเกิดการฉีกขาดได้ถ้าไม่ได้มีการยืดเหยียดก่อน แต่สำหรับการกระตุ้นกล้ามเนื้อน่อง ในการศึกษานี้เป็นการกระตุ้นด้วยเครื่อง NEUROPACK MEM 3202 ในท่านอนคว่ำ มีการนำที่พักข้อเท้ามาวางไว้ที่ขาทั้ง 2 ข้างเพื่อความผ่อนคลายของข้อเท้า โดยข้อเท้าจะเป็นอิสระไม่มีแรงต้านขณะเหยียดปลายเท้าลง ในการกระตุ้นจะใช้แรงไฟกระตุ้นที่ 25 โวลล์ ระยะเวลา 0.0001 วินาที ซึ่งความแรงที่กล้ามเนื้อหดตัวจากการกระตุ้นไฟฟ้าจึงมีการหดตัวน้อยกว่าการสั่งยืนกระโดดสูง ดังนั้นการกระตุ้นไฟฟ้ามีอันตรายต่อเส้นเอ็นและกล้ามเนื้อน้อยมาก

ความเสี่ยงของการใช้เครื่องกระตุ้นไฟฟ้า NEUROPACK MEM 3202

เครื่องกระตุ้นไฟฟ้า NEUROPACK MEM 3202 เป็นเครื่องมือทางการแพทย์มาตรฐาน (Medical equipment standard) ที่ใช้กระตุ้นเส้นประสาทและวัดสัญญาณไฟฟ้าจากกล้ามเนื้อในมนุษย์ จากการทดลองด้วยตัวเองและเพื่อนนิสิตปริญญาโท หลักสูตรเวชศาสตร์การกีฬาที่มีความสมัครใจเข้าร่วมการทดลองจำนวน 2 คน พบว่า ในช่วงการกระตุ้นไฟฟ้า 5 นาที ผู้ร่วมทดสอบไม่รู้สึกเจ็บปวดที่เส้นเอ็น เส้นประสาทและกล้ามเนื้อ แต่หลังจากกระตุ้นมากกว่า 5 นาที ผู้ร่วมทดสอบรู้สึกเจ็บ แดงบริเวณตำแหน่งของการกระตุ้นไฟฟ้า และเกิดผื่นแดงตามบริเวณที่ติดขั้วบันทึกไฟฟ้า แต่ในการทดลองนี้เป็นการฝึกการอ่านกราฟ คำนวณ และปรับปรุงแก้ไขในขบวนการที่ไม่เหมาะสม เพื่อความชำนาญในเวลาที่เก็บข้อมูลจริง ซึ่งในการเก็บข้อมูลจริง จะใช้เวลาในการกระตุ้นไฟฟ้าภายใน 1 นาที ดังนั้นการกระตุ้นไฟฟ้าด้วยเครื่อง NEUROPACK จึงมีความปลอดภัย

ความเสี่ยงที่ไม่ทราบแน่นอน

ท่านอาจเกิดอาการข้างเคียง หรือความไม่สบาย นอกเหนือจากที่ได้แสดงในเอกสารฉบับนี้ ซึ่งอาการข้างเคียงเหล่านี้เป็นอาการที่ไม่เคยพบมาก่อน เพื่อความปลอดภัยของท่าน ควรแจ้งผู้ทำวิจัยให้ทราบทันทีเมื่อเกิดความผิดปกติใดๆ เกิดขึ้น

หากท่านมีข้อสงสัยใดๆ เกี่ยวกับความเสี่ยงที่อาจได้รับจากการเข้าร่วมในโครงการวิจัย ท่านสามารถสอบถามจากผู้ทำวิจัยได้ตลอดเวลา

หากมีการค้นพบข้อมูลใหม่ ๆ ที่อาจมีผลต่อความปลอดภัยของท่านในระหว่างที่ท่านเข้าร่วมในโครงการวิจัย ผู้ทำวิจัยจะแจ้งให้ท่านทราบทันที เพื่อให้ท่านตัดสินใจว่าจะอยู่ในโครงการวิจัยต่อไปหรือจะขอถอนตัวออกจากการวิจัย

การป้องกันเมื่อเกิดไฟฟ้ากระชากจากเครื่อง NEUROPACK MEM 3202

1. เครื่อง NEUROPACK MEM 3202 เป็นเครื่องมือแพทย์มาตรฐาน (Medical equipment standard) ที่มีระบบป้องกันไฟฟ้าเข้าสู่ร่างกาย (isolated power supply)
2. มีการใช้ปลั๊กไฟที่มีฟิวส์ มีระบบป้องกันไฟฟ้ากระชาก (Surge protection 350 J, 5500 Amp)

ประโยชน์ที่อาจได้รับ

ท่านจะไม่ได้รับประโยชน์ใดๆจากการเข้าร่วมจากงานวิจัยนี้ แต่ผลของการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ จะเป็นประโยชน์ต่อการเผยแพร่ความรู้ที่ได้จากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ให้กับผู้ฝึกสอน นักกีฬา ในแต่ละชนิดกีฬา รวมถึงบุคคลที่ออกกำลังกายได้นำไปปรับใช้ขณะออกกำลังกายและแข่งขันกีฬาได้

<u>วิธีการและรูปแบบการรักษาอื่น ๆ ซึ่งมีอยู่สำหรับอาสาสมัคร</u>

ท่านไม่จำเป็นต้องเข้าร่วมโครงการวิจัยนี้เพื่อประโยชน์ในการรักษาโรคที่ท่านเป็นอยู่ เนื่องจากมีแนวทางการรักษาอื่น ๆ หลายแบบสำหรับรักษาโรคของท่านได้ ดังนั้นจึงควรปรึกษาแนวทางการรักษาวิธีอื่นๆ กับแพทย์ผู้ให้การรักษาท่านก่อนตัดสินใจเข้าร่วมในการวิจัย

<u>ข้อปฏิบัติของท่านขณะที่ร่วมในโครงการวิจัย</u>

ขอให้ท่านปฏิบัติดังนี้

- ขอให้ท่านให้ข้อมูลทางการแพทย์ของท่านทั้งในอดีต และปัจจุบัน แก่ผู้ทำวิจัยด้วยความสัตย์จริง
- ขอให้ท่านแจ้งให้ผู้ทำวิจัยทราบความผิดปกติที่เกิดขึ้นระหว่างที่ท่านร่วมในโครงการวิจัย
- งดการออกกำลังกาย ฝึกซ้อม อย่างหนัก หรือแข่งขัน อย่างน้อย 24 ชั่วโมง เพื่อรักษาการไหลเวียนเลือดให้คงที่
- งดเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์อย่างน้อย 24 ชั่วโมง
- งดเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของคาเฟอีน อย่างน้อย 2 ชั่วโมง
- งดอาหารก่อนการทดสอบอย่างน้อย 4 ชั่วโมง

<u>อันตรายที่อาจเกิดขึ้นจากการเข้าร่วมในโครงการวิจัยและความรับผิดชอบของผู้ทำวิจัย/ผู้สนับสนุนการวิจัย</u>

Chulalongkorn University

หากพบอันตรายที่เกิดขึ้นจากการเข้าร่วมการวิจัย ท่านจะได้รับการรักษาอย่างเหมาะสมทันที หากท่านปฏิบัติตามคำแนะนำของทีมผู้ทำวิจัยแล้ว ผู้ทำวิจัย/ผู้สนับสนุนการวิจัยยินดีจะรับผิดชอบค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาลของท่าน อีกทั้งจะได้รับการชดเชยการสูญเสียเวลา เสียรายได้ตามความเหมาะสม

ในกรณีที่ท่านได้รับอันตรายใด ๆ หรือต้องการข้อมูลเพิ่มเติมที่เกี่ยวข้องกับโครงการวิจัย ท่านสามารถ
ติดต่อกับผู้ทำวิจัยคือ นาย ธวัชชัย พลอยแดง ที่เบอร์ 086-524-8101 ได้ตลอด 24 ชั่วโมง

<u>ค่าใช้จ่ายของท่านในการเข้าร่วมการวิจัย</u>

ท่านไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับโครงการวิจัย เช่น ค่าตรวจแลคเตท ค่าทำการทดสอบการหดตัวของกล้ามเนื้อโดยการใช้ไฟกระตุ้น ค่าทำการทดสอบการกระโดดสูง

<u>ค่าตอบแทนสำหรับผู้เข้าร่วมวิจัย</u> (ถ้าไม่มีให้ระบุว่าไม่มี)

ท่านจะไม่ได้รับเงินค่าตอบแทนจากการเข้าร่วมในการวิจัย แต่ท่านจะได้รับค่าเดินทางและเงินชดเชยการสูญเสียรายได้ หรือความไม่สะดวก ไม่สบาย ในการมาเข้าร่วมการวิจัย ครั้งแรก 300 บาท และอีกสองครั้งถัดมา ครั้งละ 300 บาท โดยอาสาสมัครที่ไม่ผ่านเกณฑ์การคัดกรองจะมีค่าชดเชยการเดินทางให้ท่านละ 300 บาท

<u>การจัดการกับตัวอย่างทางชีวภาพ</u>

มีการเก็บตัวอย่างทางชีวภาพแต่ใช้แค่การศึกษาในครั้งนี้เท่านั้น ไม่ได้นำไปใช้ในการศึกษาครั้งต่อไป

<u>การเข้าร่วมและการสิ้นสุดการเข้าร่วมโครงการวิจัย</u>

การเข้าร่วมในโครงการวิจัยครั้งนี้เป็นไปโดยความสมัครใจ หากท่านไม่สมัครใจจะเข้าร่วมการศึกษาแล้ว ท่านสามารถถอนตัวได้ตลอดเวลา การขอถอนตัวออกจากโครงการวิจัยจะไม่มีผลต่อการดูแลรักษาโรคของท่านแต่อย่างใด

ผู้ทำวิจัยอาจถอนท่านออกจากการเข้าร่วมการวิจัย เพื่อเหตุผลด้านความปลอดภัยของท่าน หรือเมื่อผู้สนับสนุนการวิจัยยุติการดำเนินงานวิจัย หรือ ในกรณีดังต่อไปนี้

- ท่านไม่สามารถปฏิบัติตามคำแนะนำของผู้ทำวิจัย
- ท่านรับประทานยาที่ไม่อนุญาตให้ใช้ในการศึกษา

<u>การปกป้องรักษาข้อมูลความลับของอาสาสมัคร</u>

ข้อมูลที่อาจนำไปสู่การเปิดเผยตัวท่าน จะได้รับการปกปิดและจะไม่เปิดเผยแก่สาธารณชน ในกรณีที่ผลการวิจัยได้รับการตีพิมพ์ ชื่อและที่อยู่ของท่านจะต้องได้รับการปกปิดอยู่เสมอ โดยจะใช้เฉพาะรหัสประจำโครงการวิจัยของท่าน

จากการลงนามยินยอมของท่าน ผู้ทำวิจัย และผู้สนับสนุนการวิจัย คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัย ผู้ตรวจสอบการวิจัย และหน่วยงานควบคุมระเบียบกฎหมาย สามารถเข้าไปตรวจสอบบันทึกข้อมูลทางการแพทย์ของท่านได้แม้จะสิ้นสุดโครงการวิจัยแล้วก็ตาม โดยไม่ละเมิดสิทธิของท่านในการรักษาความลับเกินขอบเขตที่กฎหมายและระเบียบกฎหมายอนุญาตไว้

จากการลงนามยินยอมของท่าน แพทย์ผู้ทำวิจัยสามารถบอกรายละเอียดที่เกี่ยวกับการเข้าร่วมโครงการวิจัยนี้ของท่านให้แก่แพทย์ผู้รักษาท่านได้

การยกเลิกการให้ความยินยอม

หากท่านต้องการยกเลิกการให้ความยินยอมดังกล่าว ท่านสามารถแจ้ง หรือเขียนบันทึกขอยกเลิกการให้คำยินยอม โดยส่งไปที่ นาย ธวัชชัย พลอยแดง ที่อยู่ หลักสูตรเวชศาสตร์การกีฬา อาคาร แพทยพัฒน์ ชั้น4 คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร 10330

หากท่านขอยกเลิกการให้คำยินยอมหลังจากที่ท่านได้เข้าร่วมโครงการวิจัยแล้ว ข้อมูลส่วนตัวของท่านจะไม่ถูกบันทึกเพิ่มเติม อย่างไรก็ตามข้อมูลอื่น ๆ ของท่านอาจถูกนำมาใช้เพื่อประเมินผลการวิจัย และ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ท่านจะไม่สามารถกลับมาเข้าร่วมในโครงการนี้ได้อีก ทั้งนี้เนื่องจากข้อมูลของท่านที่จำเป็นสำหรับใช้เพื่อการวิจัยไม่ได้ถูกบันทึก

<u>สิทธิ์ของผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัย</u>

ในฐานะที่ท่านเป็นผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัย ท่านจะมีสิทธิ์ดังต่อไปนี้

1. ท่านจะได้รับทราบถึงลักษณะและวัตถุประสงค์ของการวิจัยในครั้งนี้
2. ท่านจะได้รับการอธิบายเกี่ยวกับระเบียบวิธีการของการวิจัยทางการแพทย์ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้
3. ท่านจะได้รับการอธิบายถึงความเสี่ยงและความไม่สบายที่จะได้รับจากการวิจัย
4. ท่านจะได้รับการอธิบายถึงประโยชน์ที่ท่านอาจจะได้รับจากการวิจัย
5. ท่านจะมีโอกาสได้ซักถามเกี่ยวกับงานวิจัยหรือขั้นตอนที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย
6. ท่านจะได้รับทราบว่าการยินยอมเข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้ ท่านสามารถขอถอนตัวจากโครงการเมื่อไรก็ได้ โดยผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัยสามารถขอถอนตัวจากโครงการโดยไม่ได้รับผลกระทบใด ๆ ทั้งสิ้น
7. ท่านจะได้รับเอกสารข้อมูลคำอธิบายสำหรับผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัยและสำเนาเอกสารใบยินยอมที่มีทั้งลายเซ็นและวันที่
8. ท่านมีสิทธิ์ในการตัดสินใจว่าจะเข้าร่วมในโครงการวิจัยหรือไม่ก็ได้ โดยปราศจากการใช้อิทธิพลบังคับข่มขู่ หรือการหลอกลวง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หากท่านไม่ได้รับการชดเชยอันควรต่อการบาดเจ็บหรือเจ็บป่วยที่เกิดขึ้นโดยตรงจากการวิจัย หรือท่านไม่ได้รับการปฏิบัติตามที่ปรากฏในเอกสารข้อมูลคำอธิบายสำหรับผู้เข้าร่วมในการวิจัย ท่านสามารถร้องเรียนได้ที่ สำนักงานคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัย คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ตึกอานันทมหิดลชั้น 3 โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ ถนนพระราม 4 ปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 โทรศัพท์/โทรสาร 0-2256-4493 ในเวลาราชการ หรือ e-mail : medchulairb@chula.ac.th

การลงนามในเอกสารให้ความยินยอม ไม่ได้หมายความว่าท่านได้สละสิทธิ์ทางกฎหมายตามปกติที่ท่านพึงมี

ขอขอบคุณในการให้ความร่วมมือของท่านมา ณ ที่นี้

.....

ภาคผนวก ค

แบบสอบถามเพื่อการคัดกรอง

(Screening Questionnaire)

ตอนที่ 1 เกี่ยวกับผู้ตอบแบบสอบถาม

1. อายุ ..... ปี อาชีพ.....
2. น้ำหนัก.....กิโลกรัม ส่วนสูง.....เมตร
3. BMI ..... กิโลกรัม/เมตร^2

ตอนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับสุขภาพ

โปรดตอบคำถามต่อไปนี้ตามความเป็นจริง โดยทำเครื่องหมาย ✓ ลงใน ☐ หรือเติมข้อความลงในช่องว่าง (ถ้ามี)

1.) ท่านมีโรคประจำตัวหรือไม่

☐ ไม่มี ☐ มี โปรดระบุ

.....

2.) ท่านมีความผิดปกติเกี่ยวกับเส้นประสาทและกล้ามเนื้อของรยางค์ขา รวมถึงข้อจำกัดในการเคลื่อนไหวของลำตัวและรยางค์ขาหรือไม่

☐ ไม่มี ☐ มี โปรดระบุ

.....

3.) ท่านเคยออกกำลังกายบนลู่วิ่งสายพานหรือไม่

☐ ไม่เคย ☐ เคย

4.) ท่านเล่นกีฬาชนิดใด

☐ ฟุบอล ☐ วอลเลย์บอล ☐ บาสเกตบอล ☐ กรีฑา

☐ อื่นๆ .....

5.) ท่านเป็นนักกีฬามหาวิทยาลัย หรือนักกีฬาระดับสโมสรหรือไม่

☐ ใช่ ☐ ไม่ใช่

6.) ท่านมีการฝึกซ้อมกี่ครั้งต่อสัปดาห์

☐ 1 ครั้ง ☐ 2 ครั้ง ☐ $\geq$ 3 ครั้ง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

7.) ช่วงฤดูกาลการแข่งขันท่านได้ลงเล่นกี่ครั้งต่อสัปดาห์

☐ 1 ครั้ง ☐ 2 ครั้ง ☐ ≥ 3 ครั้ง ☐ ไม่ได้ลงแข่งขัน

8.) ปัจจุบันท่านเป็นโรคเกี่ยวกับหลอดเลือด เช่น เส้นเลือดขอด ภาวะเส้นเลือดขาอุดตัน หรือไม่

☐ ไม่เป็น ☐ เป็น

9.) ปัจจุบันท่านเป็นโรคหัวใจและโรคหลอดเลือดหรือไม่

☐ ไม่เป็น ☐ ไม่ทราบ ☐ เป็น → นาน.....ปี → ☐ รักษา
☐ ไม่รักษา
เพราะ.....

10.) ปัจจุบันท่านมีบาดแผลบริเวณข้อพับเข่าและน่องหรือไม่

☐ ไม่เป็น ☐ เป็น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ง

แบบบันทึกข้อมูลส่วนบุคคล

รหัสอาสาสมัคร.....

วัน.....เดือน.....พ.ศ.....เวลา.....

อายุ.....ปี ส่วนสูง.....เซนติเมตร น้ำหนัก.....กิโลกรัม BMI.....kg/m^2

Heart rate rest.....bpm Heart rate peak.....bpm

ตารางบันทึก heart rate โดยใช้ Bruce treadmill protocol

stage	Time (min)	km/hr	Slope (%)	Heart rate
1	0	2.74	10	
2	3	4.02	12	
3	6	5.47	14	
4	9	7.08	15	
5	12	9.17	15	
6	15	9.82	15	
7	18	10.94	15	
8	21	13.00	15	
9	24	14.60	15	
10	27	16.30	15	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สิ้นสุดที่ stage..... ใช้เวลาทั้งหมด.....นาที Heart rate peak.....bpm

VO_2 max…….. ml/kg/min

แบบบันทึกผลการวิจัย (Exercise testing)

รหัสอาสาสมัคร.....

☐compression shorts trial ☐non-compression shorts trial

วัน.....เดือน.....พ.ศ.....เวลา.....

อายุ.....ปี ส่วนสูง.....เซนติเมตร น้ำหนัก.....กิโลกรัม BMI.....kg/m^2

Heart rate rest.....bpm Heart rate peak.....bpm

แบบบันทึกการออกกำลังกายในแต่ละ series (วินาที)

serie / รอบที่	1	2	3	4	5	6
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
เวลาเฉลี่ย (วินาที)						

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบบันทึกค่าแลคเตทและความสูงของการกระโดดในแต่ละ series

Series	Lactate (mmol/L)	vertical jump 1 (cm)	vertical jump 2 (cm)	Vertical jump 3 (cm)
1				
2				
3				
4				
5				
6				

Lactate เฉลี่ย.....mmol/L peak vertical jump ..... cm

แบบบันทึก The surface electromyography and electrical stimulation variables (Pre)

Muscle	peak Amp(μv)	Mean iEMG (μv)
gastrocnemius (GC)		

Nerve	Amplitude CMAP millivolt (mV)	Duration of negative peak millisecond (ms)
The tibial nerve		

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบบันทึก The surface electromyography and electrical stimulation variables (Post)

Muscle	peak Amp(μv)	Mean iEMG (μv)
Gastrocnemius (GC)		

Nerve	Amplitude CMAP millivolt (mV)	Duration of negative peak millisecond (ms)
The tibial nerve		

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายธวัชชัย พลอยแดง เกิดเมื่อวันที่ 8 มกราคม พ.ศ. 2534 ณ จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต วิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยบูรพา ในปีการศึกษา 2555 และเข้าศึกษาในหลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาเวชศาสตร์การกีฬา คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2557

รางวัลที่ได้รับ ได้แก่ เกียรตินิยมอันดับ 1 เหรียญทอง คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยบูรพา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY