วารสาร
เทคนิคการแพทย์และกายภาพบำบัด
JOURNAL OF MEDICAL TECHNOLOGY AND PHYSICAL THERAPY

นิพนธ์ต้นฉบับ
ORIGINAL ARTICLE

ผลทันทีของการหดเกร็งกล้ามเนื้อหน้าขาต่อระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนในกล้ามเนื้อและขนาดของแรงบิดกล้ามเนื้อ

วีระพงษ์ สุจริต[1], วิชัย อึงพินิจพงศ์[2*], อุไรวรรณ ชัชวาลย์[3]

Received: *July 7, 2018*
Revised: *August 14, 2018*
Accepted: *August 17, 2018*

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์: เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนในกล้ามเนื้อหน้าขาในแต่ละช่วงของการหดตัว และศึกษาขนาดความสัมพันธ์ระหว่างระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนในกล้ามกับขนาดแรงบิดตัวของกล้ามเนื้อต้นขา **วิธีการศึกษา:** รูปแบบการศึกษาแบบ Before-After study ในอาสาสมัครสุขภาพดีเพศชายอายุระหว่าง 18-35 ปี จำนวน 26 คน อาสาสมัครทั้งหมดออกแรงสูงสุดเพื่อหดเกร็งกล้ามเนื้อต้นขาค้าง ไว้ 10 วินาที พัก 5 วินาที จนถึงจุดที่กล้ามเนื้อล้า ผู้วิจัยบันทึกระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนในกล้ามเนื้อ Vastus lateralis แบบต่อเนื่องโดยเครื่อง MOXY และบันทึกขนาดแรงบิดของกล้ามเนื้อโดยเครื่อง Fix Electronic Scale **ผลการศึกษา:** อาสาสมัครสุขภาพดีอายุเฉลี่ย 22.62 ± 2.43 ปี ระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนในกล้ามเนื้อในช่วงพักเฉลี่ย SmO_{2rest} 74.84 ± 10.88, ระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนในกล้ามเนื้อในช่วงหดเกร็งกล้ามเนื้อสูงสุดของต้นขาเฉลี่ย $SmO_{2highest}$ 22.88 ± 14.35 และขนาดแรงบิดกล้ามเนื้อหน้าขาสูงสุดเฉลี่ย 110.61 ± 28.24 Nm. ผลการศึกษาพบว่าระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนในช่วง $SmO_{2highest}$ ลดลงถึง -51.96% มีค่าตั้งแต่ (45.88% - 58.04%) เมื่อเทียบกับระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนในช่วง SmO_{2rest} อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.01) ยิ่งไปกว่านั้น ยังพบขนาดความสัมพันธ์เชิงลบระหว่างระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนในกล้ามเนื้อช่วง $SmO_{2highest}$ กับขนาดแรงบิดของกล้ามเนื้อต้นขา คือ (r = -0.41, p<0.01) ในขณะที่ในช่วงกล้ามเนื้อล้าไม่พบความสัมพันธ์ **สรุป:**การหดเกร็งกล้ามเนื้อสูงสุด ส่งผลให้ระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนในกล้ามเนื้อลดลงทันที และเมื่อขนาดของแรงบิดกล้ามเนื้อลดลง ระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนในกล้ามเนื้อมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น จึงอาจสามารถสรุปได้ว่าแรงบิดของกล้ามเนื้อมีทิศทางตรงข้ามกับระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนในกล้ามเนื้อเฉพาะช่วงขนาดของแรงบิดกล้ามเนื้อสูงสุด จากภาวะอุดกั้นการไหลเวียนของหลอดเลือดฝอย

คำสำคัญ: การหดเกร็งกล้ามเนื้อ, ระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนในกล้ามเนื้อ, ขนาดของแรงบิดกล้ามเนื้อ

---

[1]ศูนย์วิจัยปวดหลัง ปวดคอ ปวดข้ออื่นๆ และสมรรถนะของมนุษย์ (BNOJP) มหาวิทยาลัยขอนแก่น อ.เมือง จ.ขอนแก่น
[2,3]สายวิชากายภาพบำบัด คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น อ.เมือง จ.ขอนแก่น
*ผู้รับผิดชอบบทความ รศ.ดร.วิชัย อึงพินิจพงศ์ Email: wiceun@yahoo.com

วารสาร
เทคนิคการแพทย์และกายภาพบำบัด
JOURNAL OF MEDICAL TECHNOLOGY AND PHYSICAL THERAPY

นิพนธ์ต้นฉบับ
ORIGINAL ARTICLE

Immediate effects of isometric muscle contraction on muscle oxygenation and muscle torque

Wirapong Sucharit[1], Wichai Eungpinichpong[2*], Uraiwan Chatchawan[3]

ABSTRACT

This research aims to investigate the change of muscle oxygenation level of quadriceps muscle in each period of contraction including the correlation between the muscle oxygenation level and quadriceps muscle torque. A before-after study design was applied to 26 voluntary healthy males who were between 18-35 years of age. All of them performed series of 10s of sustained contraction and 5s rest until they reached peripheral fatigue point. Vastus lateralis muscle oxygenation levels were continuously recorded through MOXY while muscle torque was recorded through Fix Electronic Scale. The average age of voluntary healthy males was 22.62 ± 2.43 years. Average muscle oxygenation level during resting period (SmO_2rest) was 74.84 ± 10.88. Average muscle oxygenation level during highest muscle torque period (SmO_2highest) was 22.88 ± 14.35. In addition, muscle oxygenation level during SmO_2highest period decreased -51.96% (value between 45.88% and 58.04%) compared to muscle oxygenation level during SmO_2rest, that statistical significance (p<0.01). Moreover, a negative correlation between muscle oxygenation level during SmO_2highest and quadriceps muscle torque was found (r = -0.41, p<0.01). In conclution, highest muscle torque has an effect on immediate decrease of muscle oxygenation level. When muscle torque decreases, muscle oxygenation level tends to be higher. Therefore, negative correlation between muscle torque and muscle oxygenation level is caused by peripheral vascular occlusion.

Keyword: Isometric muscle contraction, Muscle oxygenation, Muscle torque

[1]Back, Neck and Other Joint Pain Research Center (BNOJP), Khon Kaen, Thailand
[2, 3] Faculty of Associated Medical Sciences, Khon Kaen University, Thailand
*Corresponding author: (email: wiceun@yahoo.com)

บทนำ

การทำงานในสภาวะปัจจุบันเต็มไปด้วยสภาพการแข่งขันที่สูง ซึ่งจะสามารถก่อให้เกิดโรคหรือกลุ่มอาการจากการทำงานได้ เช่น โรคเบาหวาน ความดันโลหิตสูง ปวดกล้ามเนื้อและผังพืด และอื่นๆ ซึ่งโรคหรือกลุ่มอาการต่างๆ เหล่านี้ จะส่งผลเสียให้บุคคลดังกล่าวทำงานได้ลดลง กระทบกับปัญหาเศรษฐกิจและสุขภาพในระยะยาวจนอาจเป็นสาเหตุของการเสียชีวิตและทุพพลภาพตามมาได้ ผู้ป่วยเหล่านั้นจะเลือกรับการรักษาที่หลากหลาย เช่น พบแพทย์ ทานยา นวดแผนไทย หรืออื่นๆ การออกกำลังกายที่เหมาะสมยังถือเป็นหนึ่งวิธีที่นิยมเพื่อป้องกันโรคที่เกิดจากการทำงาน หรือแม้กระทั่งเป็นวิธีการรักษาอาการเจ็บปวดจากการทำงานรวมทั้งการฟื้นฟูภายหลังการผ่าตัด[1-2]

การออกกำลังกายเป็นการเคลื่อนไหวร่างกายซ้ำๆ อย่างมีแบบแผนเพื่อพัฒนาหรือคงไว้ซึ่งสมรรถภาพทางกาย ซึ่งรูปแบบการหดตัวของกล้ามเนื้อของการออกกำลังกายแต่ละแบบ สามารถแบ่งได้ 3 กลุ่ม คือการหดตัวที่ความตึงตัวของกล้ามเนื้อคงที่ (Isotonic muscle contractions), การหดตัวที่ความยาวของกล้ามเนื้อคงที่ (Isometric muscle contractions), และการหดตัวที่ความเร็วของกล้ามเนื้อคงที่ (Isokinetic muscle contractions)[3] ยิ่งไปกว่านั้นการให้โปรแกรมการออกกำลังกายของนักกายภาพบำบัดควรจะต้องคำนึงถึงรูปแบบการหดตัวของกล้ามเนื้อเพื่อความเหมาะสมของโรคหรือสาเหตุของอาการบาดเจ็บ เพื่อยับยั้งผลแทรกซ้อนของการออกกำลังกาย เป็นที่น่าสนใจว่าการตอบสนองของ Isometric muscle contractions ต่อการล้าของกล้ามเนื้อ[4-6] โดยการศึกษาของ Crenshaw et al.[5] พบว่า Isometric muscle contractions ส่งผลต่อการเพิ่ม Intramuscular pressure (IMP) ตั้งแต่ช่วง 25% ถึง 70% ของ MVC อีกทั้งยังพบความสัมพันธ์เชิงลบระหว่าง IMP และ mean frequency of the power spectrum (f_{mean}) สำหรับการวัดการล้าของกล้ามเนื้อด้วย EMG ด้วยค่า r เท่ากับ -0.951 ($p< 0.05$) ยิ่งไปกว่านั้นยังพบว่ามีความแตกต่างของค่า IMP ในช่วงภายหลังการหดตัวของกล้ามเนื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$) กล่าวคือค่า IMP ของกลุ่มกล้ามเนื้อหดตัวด้วยแรง 25% ของ MVC สูงกว่า กลุ่ม 70% ของ MVC เนื่องจากกลุ่ม 25% ของ MVC มีการสะสมของ Extravascular fluid ภายในช่องว่างของเซลล์กล้ามเนื้อ ในขณะที่กลุ่ม 70% ของ MVC อาจจะมีการกดทับของ local blood vessels ส่งผลให้เกิดภาวะ post occlusive reactive hyperemia (PORH) ซึ่งทำให้เกิด over blood flow ในภายหลัง ดังนั้นการคั่งค้างของ Extravascular fluid จึงอาจจะน้อยกว่า แต่ในทางตรงกันข้ามระยะเวลาที่กระตุ้นให้เกิดการล้าของกล้ามเนื้อ กลุ่ม 70% ของ MVC (43±9 วินาที) สั้นกว่ากลุ่ม 25% ของ MVC (175±91 วินาที) ($p<0.01$)[5] อาจจะมีสาเหตุมาจากกลุ่มที่มีการหดตัวแรงกว่าอาจเกิดการอุดกั้นของ capillary[7] ส่งผลให้เซลล์กล้ามเนื้อในช่วงอุดกั้น จึงหันไปใช้พลังงานจากกระบวนการ Anaerobic Respiration เช่น Phosphocreatine และ Glycolysis ทำให้เกิดการคั่งของ Inorganic Phosphate (P_i) และ Hydrogen Ion (H^+) โมเลกุลเหล่านี้จะเข้าไปรบกวนการจับของ Ca^{2+} ในกระบวนการหดตัวของกล้ามเนื้อ และส่งผลต่อภาวะ acidosis ของเซลล์กล้ามเนื้อจนเกิดภาวะกล้ามเนื้อล้าได้ง่ายกว่าการหดตัวแบบอื่น[8-11] ด้วยเหตุนี้คณะผู้วิจัยจึงมุ่งเน้นศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาในระบบกล้ามเนื้อ คือการเปลี่ยนแปลงของระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนในกล้ามเนื้อในแต่ละช่วงว่ามีการเปลี่ยนอย่างไร อีกทั้งยังจะศึกษาขนาดความสัมพันธ์ระหว่างขนาดแรงบิดของกล้ามเนื้อต้นขากับระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนในกล้ามเนื้อ

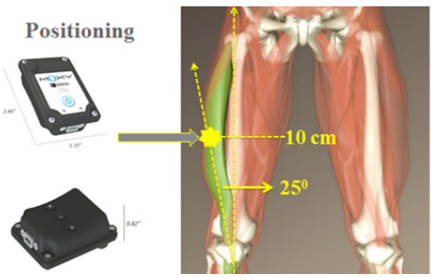
วิธีการศึกษา

การศึกษานี้เป็นการศึกษาในอาสาสมัคร เพศชาย ที่มีสุขภาพดี อายุระหว่าง 18 - 35 ปี รวมทั้งหมดจำนวน 26 คน โดยอาสาสมัครไม่มีความผิดปกติของระบบหายใจและการไหลเวียนเลือด ระบบกระดูกและกล้ามเนื้อ ซึ่งมีการยืนยันโดยแพทย์อายุรศาสตร์ ก่อนการทดลอง อาสาสมัครถูกวัดขนาดความหนาของชั้นไขมัน (Adipose tissue) ถ้ามากกว่า 6.7 มิลลิเมตร ถือเป็นเกณฑ์คัดออก โดยภายใน 30 นาที ก่อนการทดลอง ห้ามทำกิจกรรมดังต่อไปนี้ เช่น รับประทานอาหาร ดื่มกาแฟ หรือเครื่องดื่มที่มีคาเฟอีน ดื่มแอลกอฮอล์ ออกกำลังกายอย่างหนัก[12] จากนั้น

อาสาสมัครซ้อมเตะขาในท่านอนหงายบน Quadriceps broad และนอนพักเป็นเวลา 5 นาที จึงออกแรงเตะขาสูงสุดแบบ Maximal Voluntary Isometric Muscle Contraction (MVIC) ด้วยเวลา 10 วินาทีสำหรับเกร็งค้าง 5 วินาทีสำหรับพัก ผู้วิจัยจะเลือกค่าที่มากสุดใน 3 ครั้งแรกเป็นค่าแรงบิดกล้ามเนื้อสูงสุด[13] จากนั้นอาสาสมัครจะออกแรงเตะขาไปเรื่อยๆ จนถึงช่วง จุดที่กล้ามเนื้อล้า โดยอ่านค่าจากเครื่อง Fix Electronic Scale (รุ่น Atom Weiheng Portable บริษัท Cloudtail India ประเทศอินเดีย)[14] ซึ่งสังเกตจากเครื่องดังกล่าวที่ถูกผูกติดกับเตียงและข้อเท้า อีกทั้งอาสาสมัครถูกบันทึกค่าความอิ่มตัวของออกซิเจนในกล้ามเนื้อ Vastus lateralis ด้วยเครื่อง MOXY (รุ่น MOXY-1 sensor bundle บริษัท Fortiori Design LLC ประเทศอังกฤษ) แบบต่อเนื่องและไม่ล่วงล้ำเข้าสู่ร่างกาย การศึกษานี้ได้ผ่านการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

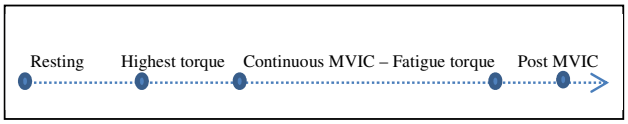
ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษานี้ประกอบด้วย ระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนในกล้ามเนื้อและขนาดของแรงบิดกล้ามเนื้อ

1. ระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนในกล้ามเนื้อ คือเปอร์เซ็นของปริมาณออกซิเจนที่จับอยู่กับ Hemoglobin และ Myoglobin โดยปริมาณออกซิเจนในกล้ามเนื้อมีความสำคัญเนื่องจากเป็นตัวหลักในการเผาผลาญในกระบวนการ Oxidative Phosphorylation ในกระบวนการหายใจแบบ Aerobic respiration โดยมีหน้าที่ รับ H^+ เพื่อเปลี่ยนเป็น น้ำ (H_2O) และ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) อีกทั้งยังให้พลังงานมากกว่ากระบวนการหายใจแบบ Anaerobic respiration ระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนถูกวัดโดยเครื่อง MOXY ที่มีช่วงความยาวของคลื่น Near-Infrared Light ที่ 760-800 nm ซึ่งเครื่องดังกล่าวถือว่าเป็นเทคนิคที่ไม่รุกล้ำเข้าสู่ร่างกาย และสามารถวัดระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนได้แบบต่อเนื่องหลักการทำงานถูกอธิบายด้วยกฎของ Beer-Lambert เครื่องมือดังกล่าวมีค่าความตรง 0.92 เมื่อเทียบกับ Direct Measurement ของ Venous Oxygen Saturation และค่าความน่าเชื่อถือ ($r = 0.77\text{-}0.99$, $p \leq 0.01$) ปัจจุบันถูกยอมรับว่าเป็น Gold Standard Technique[15-17] สำหรับการวัดระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนในกล้ามเนื้อเครื่องดังกล่าวจะถูกวางไว้ที่ แนวของกล้ามเนื้อ Vastus Lateralis โดยวัดจากกึ่งกลางของกระดูก Base of Patellar ยาวขึ้นไปตามแนวของต้นขา 10 เซนติเมตร และเฉียงออก 25 องศา (mid line of Rt. thigh) [18] จากนั้นพันด้วย Co-band เพื่อป้องกันการขยับของเครื่องมือ **รูปที่ 1**



รูปที่ 1 ตำแหน่งของการติดเครื่อง MOXY

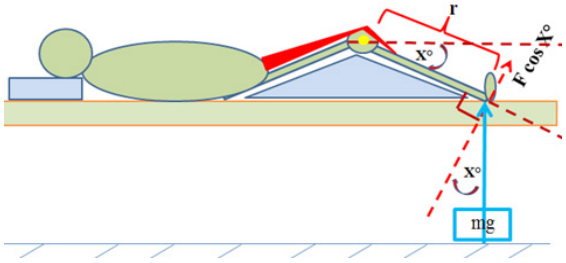
การวัดระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนในกล้ามเนื้อประกอบด้วยช่วงต่างๆ ดังนี้ ระยะพักเป็นเวลา 5 นาที, ช่วงหดเกร็งกล้ามเนื้อต้นขาสูงสุด, ช่วงกล้ามเนื้อต้นขามีภาวะล้า และช่วงภายหลังจากการเตะขา (**รูปที่ 2**)



รูปที่ 2 ช่วงเวลาที่ทำการวัดระดับความอิ่มตัวขอออกซิเจนในกล้ามเนื้อ

2. ขนาดของแรงบิดกล้ามเนื้อ (Muscle Torque) เป็นการวัดแรงของการบิดกล้ามเนื้อ quadriceps ออกมาเป็นปริมาณที่มีหน่วยเป็น นิวตัน.เมตร (Nm) ซึ่งสามารถคำนวณได้จาก แรงคูณระยะทางที่ตั้งฉากกับจุดหมุน (สมการที่ 1 และ 2)[19] โดยขนาดของแรงถูกวัดด้วยเครื่อง Fix Portable Electronic Scale ซึ่งเครื่องดังกล่าวมีค่าความน่าเชื่อถือด้วยค่า ($r = 0.91$) วิธีการวัดคือ ขาขวาจะวางบน Quadriceps Board งอข้อเข่า X° องศา ข้อเท้าถูกรัดนิ่งและเชื่อมต่อกับเครื่อง Fix Portable Electronic Scale มือสองข้างไขว้กันที่อก จากนั้นอาสาสมัครจะออกแรงหดเกร็งขาเต็มที่ ผู้วิจัยสังเกตหน้าจอของเครื่องดังกล่าวซึ่งมีหน่วยเป็น กิโลกรัม[14]

การวัดขนาดแรงบิดของกล้ามเนื้อประกอบไปด้วย 2 ช่วงคือ Highest Torque และ Fatigue Torque ซึ่งจะมีรายละเอียดดังนี้ Highest Torque; อาสาสมัครออกแรงเตะขาสูงสุด 3 ครั้ง (10 วินาที สำหรับหดเกร็งค้าง และ 5 วินาที สำหรับพัก) เลือกค่าที่มากสูง 1 ค่า ในขณะที่ Fatigue Torque; อาสาสมัครออกแรงเตะขาสูงสุด 10 วินาที สำหรับหดเกร็งค้าง และ 5 วินาที สำหรับพัก ไปเรื่อยๆ จนแรงในการหดตัวใน 10 ครั้ง สุดท้ายติดต่อกันลดลง โดยมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 60% of Highest Torque (ใช้เวลา 5-15 นาที)[13]



รูปที่ 3 การจัดท่าทางข้อเข่าเพื่อวัดขนาดแรงบิดการคำนวณขนาดแรงบิดของกล้ามเนื้อหน้าขาจากหน่วย kg. เพื่อเปลี่ยนเป็น Nm. เป็นไปดังสมการต่อไปนี้

$$F = ma \quad (1)$$

$$F = (kg)\ (9.8m/s^2)$$

$$M = F \times r \quad (2)$$

$$M = F \cos X^o\ (r)$$

F=แรง (นิวตัน), m=มวล (กิโลกรัม), M=ขนาดของแรงบิด (นิวตัน.เมตร) และ r= ระยะทางที่ตั้งฉากกับจุดหมุน (เมตร)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลพื้นฐานอาสาสมัครถูกแสดง แบบค่าเฉลี่ย ± ค่าการกระจายตัวของข้อมูล (mean ± SD) ทุกตัวแปรถูกวัดการกระจายข้อมูลแบบปกติด้วย Shapiro–Wilk test การเปรียบเทียบภายในกลุ่มของแต่ละตัวแปรด้วย Repeated Measures ANOVA และแต่ละช่วงด้วย Least Significant Difference (LSD) การวิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมดโดยใช้โปรแกรม SPSS (IBM SPSS, version 23.0) ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $p< 0.05$.

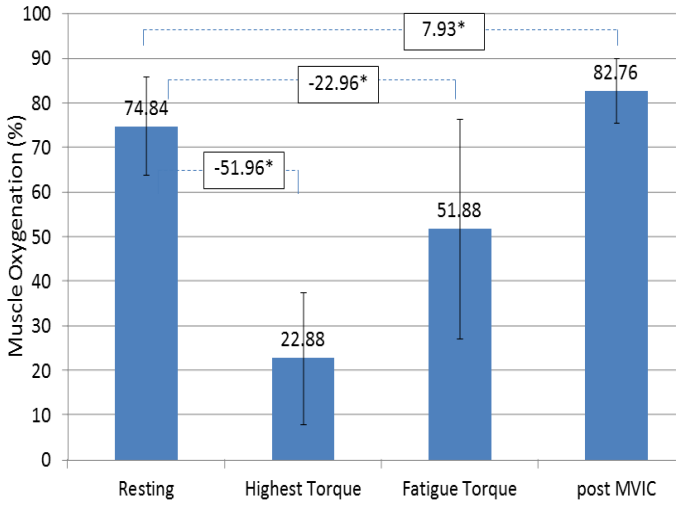
ผลการศึกษา

อาสาสมัครเพศชายสุขภาพดี ออกกำลังกายเป็นประจำ ซึ่งผ่านการคัดกรองโดยแพทย์อายุรศาสตร์ มีอายุเฉลี่ย 22.62 ± 2.43 ปี ตาม**ตารางที่ 1**

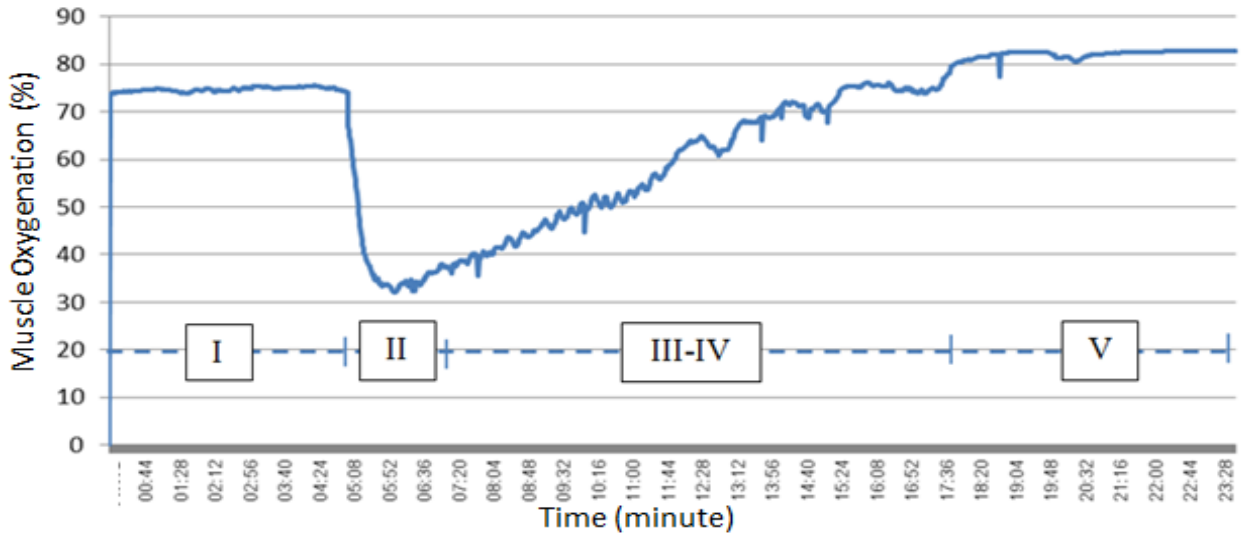
ตารางที่ 1 คุณลักษณะของอาสาสมัคร

Subject Characteristics	Mean ± SD
Age (years)	22.62 ± 2.43
Weight (kg)	68.80 ± 6.90
High (cm)	173.20 ± 6.60
BMI (kg/m^2)	22.90 ± 2.00
Adipose tissue tickiness (mm)	3.90 ± 1.20

ผลการศึกษาพบว่าค่าเฉลี่ยของความอิ่มตัวของออกซิเจนในกล้ามเนื้อในแต่ละช่วงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$) และเมื่อเปรียบเทียบในแต่ละช่วง คือช่วง Resting เท่ากับ 74.84±10.88 เมื่อเปรียบเทียบกับช่วง Highest muscle torque มีค่าเท่ากับ 22.88 ± 14.35 มีระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนลดลงถึง 51.96% มีค่าตั้งแต่ 45.88 - 58.04% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$) อย่างไรก็ตามค่าเฉลี่ยของความอิ่มตัวของออกซิเจนในช่วง Fatigue muscle torque เท่ากับ 51.88 ± 24.54 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับช่วง Highest muscle torque เพิ่มขึ้นที่ 29.00% มีค่าตั้งแต่ 21.51-36.49% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$) อย่างไรก็ตามช่วง Post MVIC มีค่าเท่ากับ 82.77±7.10 เมื่อเทียบกับช่วง resting ซึ่งมีค่าสูงกว่าที่ 7.93% (range 4.88-10.97%) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$) ดังแสดงใน**รูปที่ 4 และ 5**



รูปที่ 4 กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับ Muscle Oxygenation ในกล้ามเนื้อ Vastus lateralis Muscle ระหว่างก่อน (Resting) และช่วง MVIC (Highest Torque, Fatigue Torque และ Post MVIC), แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.01)



รูปที่ 5 กราฟค่าเฉลี่ยต่อเนื่องของ Muscle oxygenation ในอาสาสมัครทั้งหมด 26 คน ซึ่งประกอบไปด้วย 5 ช่วงคือ (I; Resting, II; Highest muscle torque, III; Continuous MVIC, IV; Fatigue muscle torque and V; Post MVIC)

ตารางที่ 2 ค่าความสัมพันธ์ระหว่าง Muscle Torque และ Muscle Oxygenation

Variable	Pearson Correlation	Covariance	*p*
Highest Torque and MO_2 in highest torque	-0.41	797.32	*0.04**
Fatigue Torque and MO_2 in Fatigue torque	-0.32	147.94	*0.12*

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดของกล้ามเนื้อสูงสุดและความอิ่มตัวของออกซิเจนในกล้ามเนื้อช่วง Highest muscle torque มีความสัมพันธ์ในเชิงลบที่ -0.41 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$) อย่างไรก็ตามไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกล้ามเนื้อช่วง Fatigue muscle torque และความอิ่มตัวของออกซิเจนในกล้ามเนื้อของช่วงดังกล่าว

สรุปและวิจารณ์ผลการศึกษา

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนในกล้ามเนื้อและขนาดความสัมพันธ์ระหว่างขนาดแรงบิดของกล้ามเนื้อและระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนในกล้ามเนื้อ ในอาสาสมัครเพศชายสุขภาพดี จำนวน 26 คน

ผลการศึกษาพบว่าระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนในกล้ามเนื้อลดลงทันทีถึง 51.96% ในช่วงแรงบิดของกล้ามเนื้อสูงสุด ซึ่งสามารถอธิบายได้จากการศึกษาของ Crenshaw et al.[5] เมื่อแรงบิดของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นส่งผลให้เกิดความดันภายในกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นและเกิดการอุดกั้นของหลอดเลือดฝอยภายในกล้ามเนื้อ ดังนั้นระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนในกล้ามเนื้อที่วัดด้วยเครื่อง MOXY จึงลดลงทันที และยิ่งไปกว่านั้นผลการศึกษายังสอดคล้องกับช่วงแรงบิดของกล้ามเนื้อล้าหรือ Fatigue muscle torque พบว่าระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนในกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นในช่วงดังกล่าว เนื่องจากแรงบิดของกล้ามเนื้อลดลงและภายหลังจากการหดเกร็งกล้ามเนื้อช่วง post MVIC มีระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับช่วงพัก[7] สามารถอธิบายได้ว่า ในช่วง MVIC มีการอุดกั้นการไหลเวียนของเลือดฝอย ทำให้ความดันย่อยของออกซิเจนในผนังหลอดเลือดลดลง Aterial oxygen content (CaO_2) มีผลไปกระตุ้นผนังหลอดเลือดชั้นใน (Endothelium cells) เพื่อหลั่ง Vasodilators Substance (prostaglandin, substance p, and NO) อีกทั้งหลอดเลือดยังมีปรากฏการณ์ post occlusive reactive hyperaemia[20] ในช่วง post MVIC ส่งผลให้เกิดการขยายตัวของหลอดเลือดทันทีในช่วง post MVIC ระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนช่วงดังกล่าวสูงขึ้น

ขนาดความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดของกล้ามเนื้อสูงสุดและระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนในกล้ามเนื้อมีความสัมพันธ์เชิงลบ เท่ากับ -0.41 ซึ่งอธิบายได้ว่าช่วงแรงบิดของกล้ามเนื้อสูงสุดทำให้ค่า IMP สูงขึ้นและเกิดการอุดกั้นของการไหลเวียนเลือดฝอยระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนในกล้ามเนื้อจึงลดลงทันที อย่างไรก็ตามผลการศึกษานี้แตกต่างจากการศึกษาของ Murthy et al.[11] ซึ่งพบว่าระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนและแรงหดตัวของกล้ามเนื้อแบบ Twitch force มีความสัมพันธ์เชิงบวกถึง 0.78 ความสัมพันธ์ที่แตกต่างนี้เกิดจากวิธีการวัดขนาดแรงหดตัวของกล้ามเนื้อ โดยการศึกษาของ Murthy วัดด้วย Electrical stimulation (ES) ซึ่งไม่ทำให้เกิดการอุดกั้นของหลอดเลือด ระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนในกล้ามเนื้อและแรงการหดตัวจึงไปในทิศเดียวกัน[11] แต่ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดของกล้ามเนื้อในช่วงล้า (fatigue muscle torque) และระดับความอิ่มตัวของออกซิเจน อาจเป็นไปได้ว่าระยะดังกล่าวมีปัจจัยอื่นมาเกี่ยวข้อง เช่น ผลมาจากความแตกต่างของการอุดกั้นหลอดเลือดฝอยซึ่งเกิดจากจากระยะเวลาที่กระตุ้นให้เกิดกล้ามเนื้อล้าแตกต่างกัน โดยอาสาสมัครที่มีช่วงเวลากระตุ้นให้เกิดการล้าของกล้ามเนื้อนานกว่า อาจจะมีการสะสมของ vasodilator substance ได้มากกว่า และส่งผลต่อ local vascular control จึงเกิดความแตกต่างของการขยายตัวของผนังหลอดเลือดฝอย[20] อย่างไรก็ตามประเด็นดังกล่าวควรมีการศึกษาต่อไป

อย่างไรก็ตาม ข้อจำกัดของงานวิจัยนี้อาจมีความคาดเคลื่อนมาจากเครื่องมือวัดค่าแรงบิดตัวสูงสุดของกล้ามเนื้อซึ่งไม่ใช่อุปกรณ์มาตรฐาน แต่อย่างไรก็ตามทางผู้วิจัยได้พยายามควบคุมข้อจำกัดนี้ โดยใช้ท่าการวัดจากงานวิจัยก่อนหน้า[14] ซึ่งมีค่าความตรงเมื่อเทียบกับเครื่องมือมาตรฐานค่า R^2 เท่ากับ 0.65 และก่อนการทดลองผู้วิจัยได้ทดสอบความน่าเชื่อถือของเครื่องมือค่า ICC เท่ากับ 0.91

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาครั้งนี้ต้องขอขอบพระคุณอาสาสมัครที่เข้าร่วมโครงการวิจัยทุกท่านรวมถึงคณะผู้ช่วยวิจัย อีกทั้งงบประมาณสนับสนุนการวิจัยจาก ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมเพื่อส่งเสริมคุณภาพชีวิตคนวัยแรงงาน (ศสค) คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

เอกสารอ้างอิง

1. Buttagat V, Eungpinichpong W, Chatchawan U, Arayawichanon P. Therapeutic effects of traditional Thai massage on pain, muscle tension and anxiety in patients with scapulocostal syndrome:a randomized single-blinded pilot study. J BodywMovTher 2012; 16(1): 57-63.
2. ChatchawanU. Traditional Thai massage for Myofascial Pain Syndrome. khonkaen: khonkaen phatana; 104-105; 2017
3. Morehouse, Laurence E. Physiology of exercise. 6th ed. St. Louis : Mosby; 19-71; 2003
4. Shang Y, Gurley k, Symons B, Long D, Srikuea R, Crofford L, Peterson C, Yu G. Noninvasive optical characterization of muscle blood flow, oxygenation, and metabolism in women with fibromyalgia. RA & Therapy 2012; 14: 236.
5. Crenshaw A.G.,Karlsson S.,Gerdle B.,Friden J. Differential responses in intramuscular pressure and EMG fatigue in dicators during low-Vs. high-level isometric contraction to fatigue. Acta physiol Scand 1997; 160: 353-361
6. Takarada Y,Takazawa H, and Ishii N. Applications of vascular occlusion diminish disuse atrophy of knee extensor muscles. Med Sci Sports Exerc 2000; 32(12): 20-35.
7. Kragelj R, Jarm T, Erjavec T, Presern-Strukelj M, Miklavcic D. Parameters of postocclusive reactive hyperemia measured by near infrared spectroscopy in patients with peripheral vascular disease and in healthy volunteers. Ann Biomed Eng. 2001 Apr; 29(4): 311-20.
8. Widmaier EP, Raff H, and Strang TK. Vander's Human Physiology. 3 rd ed. New York: McGraw-Hill; 2011
9. Kritpet, T. Physiology of exercise. Bangkok : Tiranasar; 2011
10. Hepple RT, Hagen JL, Krause DJ. Oxidative capacity interacts with oxygen delivery to determine maximal O_2 uptake in rat skeletal muscles in situ. J Physiology 2002; 541(Pt 3): 1003-1012.
11. Murthy G, Alan R. Hargens, Steve Lehman, David M. Rempel. Ischemia causes muscle fatigue. J Orthopaedic 2001; 19: 436-440.
12. Queensl and Health lymphoedema clinical practice guideline (AU). The use of compression in the management of adults with lymphoedema. Queensland: Queensland Health; 2014.
13. Yeung, S.S., Ting, K.H., Hon, M., Fung, N.Y., Choi, M.M., Cheng, J.C., Yeung, E.W. Effects of cold water immersion on muscle oxygenation during repeated bouts of fatiguing exercise: a randomized controlled study. Medicine (Baltimore) 2016: 95.
14. Kim, W.K., Kim, D.-K., Seo, K.M., Kang, S.H. Reliability and validity of isometric knee extensor strength test with hand-held dynamometer depending on Its fixation: a pilot study. Ann. Rehabil. Med. 2014; 38:84.

15. Hamaoka, T. Muscle oxygenation monitoring using near-infrared spectroscopy. J. Phys. Fit. Sports Med. 2013; (2): 203–207.
16. Jones, S., Chiesa, S.T., Chaturvedi, N., Hughes, A.D., 2016. Recent developments in near-infrared spectroscopy (NIRS) for the assessment of local skeletal muscle microvascular function and capacity to utilise oxygen. Artery Res. 16, 25–33.
17. Crum EM, O'Connor WJ, Van Loo L, Valckx M, Stannard SR. Validity and reliability of the Moxy oxygen monitor during incremental cycling exercise. Eur J Sport Sci. 2017 Sep; 17(8): 1037-1043.
18. Kennedy, M.D., Haykowsky, M.J., Boliek, C.A., Esch, B.T., Scott, J.M., Warburton, D.E. Regional muscle oxygenation differences in vastus lateralis during different modes of incremental exercise. Dyn. Med. 2006; 5: 8.
19. Sherman M, Seth A, Delp S. How to compute muscle moment arm using generalized coordinates. Retrieved [Internet]. 2017 [cite 2018 Jan 20]; Available from: https://simtkconfluence.stanford.edu.
20. Gustafsson U, Nilsson G.E., Thunberg P, Lewis D.H. Post-ischemic microcirculatory blood flow in skeletal muscle evaluated by laser-Doppler flowmetry. Pathophysiology 1994; 1: 21-24.