

Original article

DEVELOPMENT OF INFRARED THERMOGRAPHY DETECTION PROGRAM MEASURE MUSCLE SORENESS AFTER EXERCISE IN THAI YOUTH

Sakchai SRISUK*, Witthaya BOONSUK, and Saravut RACHAMANEE

*Faculty of Management Sciences and Information Technology, Nakhon Phanom University, Nakhon Phanom, THAILAND***ABSTRACT**

The assessment of soreness due to skin temperature by infrared thermography is a fast, and non-invasive. This study developed thermal infrared imaging software to detect changes in skin temperature in response to inflammation associated with muscle soreness. The participants consisted of 50 healthy, it's followed a high-intensity exercise to induce muscle soreness. The muscle soreness assessment with infrared thermography of the anterior thigh muscle were before and after exercise. The temperature measurements from the infrared thermography show the quantitative and qualitative average values from the thermal imaging of 50 set of anterior thigh muscle imaging. It was tested by temperature conversion process from the color spectrum of the thermal image. Using the principle of analyzing the color intensity from the thermal imaging spectra. The temperature range used for research was between 36°C to 45°C. The results showed that efficiency test of the program assessing muscular soreness was developed by measuring the accuracy in analyzing the temperature of the thermal spectrum image from the thermal imaging test data of 50 set under the conditions of 10 temperature ranges, the total average was 80 %, and the temperature analysis accuracy of the heat spectrum was good. Testing the thermal imaging accuracy performance without specifying temperature ranges to measure the processing of the developed software. It was found that at the thermal imaging level that was 1°C, the color value used to measure red, green, and blue will have a very small difference in the intensity of the color, causing the measurement to be inaccurate. From testing thermal photographs of 50 images, it was found that there were 40 images in the temperature range of 36°C. The temperature range of 37°C=8 images, 38°C=2 images, and 3 images of Relative Error image data. The mean total accuracy was 75%. In conclusion, this method may be useful for the physiological investigation of transdermal temperature changes to safely and noninvasively. However, applications of this technique still need to be studied in larger samples.

(Journal of Sports Science and Technology 2023; 23(1) 52-65)

(Received: 8 June 2022, Revised: 7 December 2022, Accepted: 9 January 2023)

KEYWORDS: Muscle Soreness / Thermal Photograph/ High-Intensity Exercise Program***Corresponding author:** Sakchai SRISUK

Department of Sports Management, Faculty of Management Sciences and Information Technology,

Nakhon Phanom University, Nakhon Phanom, THAILAND

E-mail: sakchai0072@hotmail.com

การพัฒนาโปรแกรมตรวจจับความร้อนด้วยรังสีอินฟราเรดเพื่อวัดอาการปวดระบบกล้ามเนื้อหลังออกกำลังกายสำหรับเยาวชนไทย

ศักดิ์ชัย ศรีสุข* วิทยา บุญสุข และศรารุช ราชมณี

คณะวิทยาการจัดการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยนครพนม นครพนม ประเทศไทย 48000

บทคัดย่อ

การประเมินอาการปวดระบบกล้ามเนื้อจากอุณหภูมิผิวหนังสูงขึ้นด้วยการถ่ายภาพความร้อนด้วยอินฟราเรดเป็นวิธีการที่รวดเร็วและไม่รุกรานร่างกาย การศึกษานี้เป็นการพัฒนาซอฟต์แวร์จากการถ่ายภาพอินฟราเรดเพื่อตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิผิวหนังที่มีการตอบสนองต่อการอักเสบที่เกี่ยวข้องกับอาการปวดระบบกล้ามเนื้อ ผู้เข้าร่วมการศึกษาที่มีสุขภาพดี จำนวน 50 คน ต้องเข้าร่วมฝึกออกกำลังกายระดับความหนักสูงเพื่อกระตุ้นให้เกิดอาการปวดกล้ามเนื้อ การประเมินอาการปวดระบบกล้ามเนื้อด้วยการถ่ายภาพอินฟราเรดบริเวณกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าก่อนและหลังการออกกำลังกาย การวัดอุณหภูมิของซอฟต์แวร์ที่ได้จากกล้องถ่ายภาพความร้อนจะแสดงค่าเฉลี่ยเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพจากฐานข้อมูลภาพถ่ายความร้อนที่ได้จากภาพถ่ายกล้ามเนื้อบริเวณกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า จำนวน 50 ชุด นำมาทดสอบด้วยกระบวนการแปลงอุณหภูมิจากสีสเปกตรัมของภาพความร้อนใช้หลักการวิเคราะห์ระดับความเข้มของสีจากสเปกตรัมภาพถ่ายความร้อน อุณหภูมิที่ใช้ทำการวิจัยอยู่ระหว่าง 36°C ถึง 45°C ผลการวิจัย พบว่า การทดสอบประสิทธิภาพโปรแกรมคอมพิวเตอร์ประเมินอาการปวดระบบกล้ามเนื้อจากการวัดค่าความแม่นยำในการวิเคราะห์อุณหภูมิภาพสเปกตรัมความร้อนจากข้อมูลภาพถ่ายความร้อน จำนวน 50 ชุด ภายใต้เงื่อนไข 10 ช่วงอุณหภูมิได้ค่าเฉลี่ยรวม 80% มีประสิทธิภาพความแม่นยำในการวิเคราะห์อุณหภูมิของสเปกตรัมความร้อนในระดับดี การทดสอบประสิทธิภาพความแม่นยำจากภาพถ่ายความร้อนโดยไม่เจาะจงค่าอุณหภูมิทั้ง 10 ช่วง เพื่อวัดการประมวลผลจากระบบที่พัฒนาขึ้น พบว่า ภาพถ่ายความร้อนที่ได้ห่างกัน 1°C ค่าสีที่ใช้วัด สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน จะมีค่าของความเข้มของค่าสีต่างกันน้อยมากทำให้การวัดไม่เที่ยงตรง จากการทดสอบภาพถ่ายความร้อนจำนวน 50 ภาพ พบว่า ช่วงอุณหภูมิ 36°C มี 40 ภาพ ช่วงอุณหภูมิ 37°C มี 8 ภาพ ช่วงอุณหภูมิ 38°C มี 2 ภาพ และข้อมูลภาพ Relative Error มี 3 ภาพ ค่าเฉลี่ยความเที่ยงตรงอยู่ที่ 75% โดยสรุป วิธีการนี้อาจเป็นประโยชน์สำหรับการตรวจสอบทางสรีรวิทยาการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวหนังได้อย่างปลอดภัย อย่างไรก็ตาม เทคนิคนี้ยังคงต้องได้รับการศึกษาในกลุ่มตัวอย่างที่ขนาดใหญ่

(วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการกีฬา 2566; 23(1) 52-65)

คำสำคัญ: อาการปวดระบบกล้ามเนื้อ / ภาพถ่ายความร้อน / โปรแกรมการออกกำลังกายอย่างเข้มข้น

บทนำ

การออกกำลังกายมีความสำคัญต่อการเสริมสร้างสมรรถภาพทางกายที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพ แต่การออกกำลังกายอย่างหักโหมหรือเล่นกีฬาในท่าทางที่ไม่ถูกต้องหรือออกกำลังกายที่ไม่คุ้นเคยทำให้เกิดอาการปวดกล้ามเนื้อหลังออกกำลังกาย อาการที่พบ คือ ปวด (pain) ความตึงตัวของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น (Muscle tenderness & stiffness) บวม (Swelling) และสูญเสียความแข็งแรงกล้ามเนื้อ (loss of muscle strength) อาการปวดกล้ามเนื้อจะสัมพันธ์กับการตีตัวของกล้ามเนื้อเกิดจากการมีเอนไซม์ไหลออกจากเซลล์กล้ามเนื้อทำให้เกิดการบาดเจ็บต่อ Sarcoplasmic reticulum ซึ่งเป็นบริเวณที่เก็บสะสมของแคลเซียมและมีการรั่วของโปรตีนกับไอออนต่างๆ ออกนอกเซลล์มีผลทำให้เกิดการบวมของเนื้อเยื่อ (Tissue edema) ไปกระตุ้นตัวรับรู้ความรู้สึกปวดชนิดที่ 3 กับ 4 ทำให้เกิดอาการปวด2 ในปัจจุบัน การตรวจประเมินอาการปวดแบ่งเป็น 3 วิธี ได้แก่ การประเมินด้วยตัวผู้ป่วยเอง การประเมินจากกรสังเกตพฤติกรรม และการประเมินทางสรีรวิทยาที่ตอบสนองต่อความเจ็บปวด เช่น การใช้รูปภาพแสดงสีหน้าบอกความรู้สึกปวด (Facial scales) การวัดแบบ Visual analogue scales (VAS) การวัดแบบ Verbal rating scales (VRS) หรือ Numeric rating scale (NRS) การพัฒนาเครื่องวัดอาการปวดกล้ามเนื้อหลังออกกำลังกายหรือแข่งขันกีฬา โดยการนำเทคโนโลยีสารสนเทศเข้ามาประยุกต์ใช้ในการประเมินอาการบาดเจ็บที่มีความแม่นยำมีความจำเป็นอย่างมากเพื่อสามารถทำการปฐมพยาบาลหรือบำบัดได้ทันเวลาที่ การนำรังสีอินฟราเรดในรูปแบบกล้องตรวจจับความร้อนที่ใช้รังสีอินฟราเรดมาประยุกต์ใช้ในทางการแพทย์ เช่น การนำระบบกล้องตรวจจับภาพความร้อนมาใช้คัดกรองบุคคลในสถานการณเกิดโรคโควิด-19 ระบาด รังสีอินฟราเรดเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดหนึ่งมีความยาวคลื่น 700-800,000 นาโนเมตร เป็นรังสีที่มองไม่เห็นด้วยตามนุษย์มีความยาวคลื่นน้อยกว่าแสงสีแดงที่มองเห็น จึงได้ชื่อว่ารังสีใต้แดง (infrared) วัตถุที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 0 องศาเซลเซียส หรือ 0 องศาเคลวิน (-273°C) สามารถแผ่รังสีอินฟราเรดออกมาได้ ยิ่งร้อนมากยิ่งขึ้นแผ่รังสีอินฟราเรดออกมามาก 3 ความแตกต่างของอุณหภูมิที่เกิดจากการไหลเวียนโลหิตมีสี่สเปกตรัมต่างกันตามระดับอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นภายในกล้ามเนื้อ จากการใช้กล้องตรวจจับความร้อนแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงภายในกล้ามเนื้อ อุณหภูมิผิวหนังที่สูงขึ้นภายใน 24 ชั่วโมงหลังออกกำลังกายทำให้การไหลเวียนเลือดภายในกล้ามเนื้อสูงขึ้นเพราะเกิดการอักเสบและซ่อมแซมความเสียหายของเส้นใยกล้ามเนื้อ4 ซึ่งเทคนิคที่ใช้ในการประเมินความรุนแรงของอาการปวดระบบกล้ามเนื้อใช้เวลานาน รุกล้ำร่างกาย การถ่ายภาพความร้อนด้วยอินฟราเรดในการประเมินอุณหภูมิผิวหนังเป็นวิธีที่ไม่รุกรล้ำร่างกาย พกพาสะดวก และไม่มีผลข้างเคียงต่อร่างกาย5 ดังนั้น ผู้วิจัยมีแนวคิดที่จะพัฒนาวิธีการใหม่ในการประเมินความสามารถของการถ่ายภาพอินฟราเรดความร้อนเพื่อตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิผิวหนังที่มีการตอบสนองต่อการอักเสบที่เกี่ยวข้องกับอาการปวดระบบกล้ามเนื้อหลังการออกกำลังกาย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ประเมินความสามารถของการถ่ายภาพอินฟราเรดความร้อนในการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิผิวหนังที่ตอบสนองต่อการอักเสบที่เกี่ยวข้องกับอาการปวดระบบกล้ามเนื้อ
2. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิผิวหนังกับระดับความรู้สึกปวดระบบกล้ามเนื้อภายหลังการออกกำลังกาย

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้จากการสุ่มแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive random sampling) จากกลุ่มประชากร นักศึกษา มหาวิทยาลัยนครพนม ที่ลงทะเบียนเรียนวิชากีฬาและนันทนาการเพื่อสุขภาพ ภาคเรียนที่ 2/2564 จำนวน 111 คน ที่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือก (Inclusion criteria) ดังนี้ มีสุขภาพร่างกายแข็งแรงสมบูรณ์ ไม่มีอาการบาดเจ็บบริเวณ กล้ามเนื้อ กระดูกข้อต่อของร่างกาย เข้าร่วมโปรแกรมการออกกำลังกายครบตามที่ระบุ และมีอายุระหว่าง 18-22 ปี จำนวน 50 คน ได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษร การวิจัยถูกรับรองโดยคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยนครพนม เลขที่ 67/64 Exp.

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย

1. เครื่องมือที่ใช้คัดกรองผู้เข้าร่วมวิจัย ประกอบด้วย

1.1 แบบประเมินความพร้อมก่อนออกกำลังกาย (Physical activity readiness questionnaire plus-PAR-Q+) เป็นแบบสอบถาม 7 ข้อ ถ้ากลุ่มตัวอย่างตอบว่าไม่มีภาวะทั้ง 7 ข้อ จะสามารถปฏิบัติกิจกรรมทางกายความหนัก ระดับปานกลางหรือระดับหนักได้ แต่ถ้ามีข้อใดข้อหนึ่งตอบว่าใช่จะไม่พิจารณา/คัดออกจากการเป็นผู้ร่วมวิจัยทันที

1.2 แบบประเมินอาการปวดกล้ามเนื้อด้วยมาตราวัดความรู้สึกเจ็บปวดกล้ามเนื้อแบบตัวเลข (Visual numeric rating scale) ที่ใช้สำหรับประเมินความรู้สึกของอาการปวดบริเวณกล้ามเนื้อ โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นผู้ประเมินตนเอง โดยผู้วิจัยได้ดัดแปลงการแบ่งระดับความปวด ดังนี้

ตารางที่ 1 ระดับการประเมินความปวด

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ไม่มีอาการปวด	ปวดเล็กน้อย ไม่มีความรู้สึก ทรมาน, ไม่รู้สึกกังวลใดๆ ต่ออาการปวด	ปวดปานกลาง รู้สึกทุกข์ ทรมานจากอาการปวด พอสมควร มีความกังวลไม่มาก	ปวดมาก รู้สึกทุกข์ทรมานจากอาการปวดมาก ทำให้เกิดความกังวลมากและไม่สามารถนอนหลับพักผ่อนได้	ปวด รุนแรงจนทนไม่ไหว						

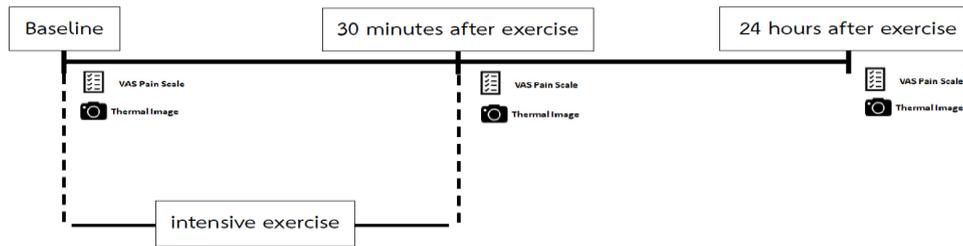
2. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

2.1 โปรแกรมการออกกำลังกายในรูปแบบพลัยโอเมตริก ประกอบด้วยท่าฝึก Double leg bounds, Box jump และ Depth jump ใช้กล่องที่มีความสูงของกล่อง 60 เซนติเมตรทำการฝึกจำนวน 3 เซตๆ ละ 8 ครั้ง พักระหว่างเซต 5 นาทีที่ 6-8

2.2 กล้องถ่ายภาพความร้อนอินฟราเรด รุ่น HT-101 (ประเทศจีน) มีค่าพารามิเตอร์เทคนิค ดังนี้ ค่าความละเอียดของภาพ (Resolution) เท่ากับ 220x160 พิกเซล (Pixel) ช่วงอุณหภูมิ (Temperature range) เท่ากับ -40°C ถึง 330°C ช่วงความยาวคลื่น (Wavelength range) เท่ากับ 8-14 μm และความยาวโฟกัสเท่ากับ 27°-35°

3. แบบแผนการทดลอง

การวิจัยนี้ใช้เทคนิควิจัยเชิงทดลองแบบวัดซ้ำก่อนออกกำลังกาย หลังออกกำลังกาย 30 นาที และ 24 ชั่วโมง ตามที่แสดงในภาพที่ 1

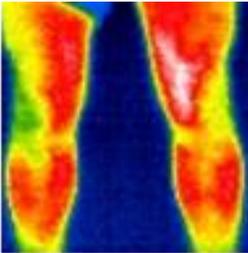
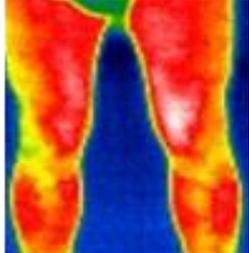
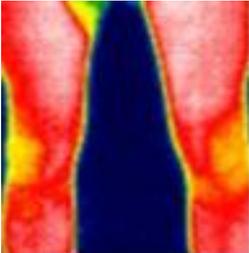


ภาพที่ 1 รูปแบบการทดลอง

วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

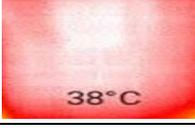
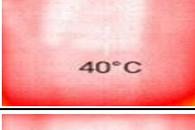
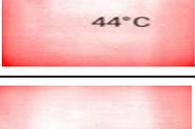
1. กลุ่มตัวอย่างที่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์ที่กำหนดในขั้นต้นเข้ารับฟังการชี้แจงวัตถุประสงค์และลงนามในหนังสือให้ความยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย
2. ระยะเวลาการทดลอง กลุ่มตัวอย่างทุกคนได้รับการประเมินความพร้อมก่อนออกกำลังกายและประเมินอาการปวดกล้ามเนื้อด้วยมาตราวัดความรู้สึกเจ็บปวดกล้ามเนื้อแบบตัวเลข (Visual numeric rating scale)
3. ระยะเวลาการทดลอง กลุ่มตัวอย่างทุกคนเข้ารับโปรแกรมการออกกำลังกายในรูปแบบพลัยโอเมตริก ประกอบด้วยท่าฝึก Double leg bounds, Box jump และ Depth jump โดยใช้กล่องที่มีความสูงของกล่อง 60 เซนติเมตรทำการฝึกจำนวน 3 เซตๆ ละ 8 ครั้ง พักระหว่างเซต 5 นาที
4. ทำการถ่ายภาพบริเวณกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า ด้วยกล้องถ่ายภาพความร้อนอินฟราเรด หลังออกกำลังกาย 30 นาที และ 24 ชั่วโมง (ระยะห่างในการถ่ายภาพ ระหว่างกล้องอินฟราเรดกับบริเวณพื้นผิวต้นขาด้านหน้าถูกตั้งค่าไว้ที่ 1.2 เมตร) แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ภาพถ่ายความร้อนอินฟราเรด ก่อนออกกำลังกาย หลังออกกำลังกาย 30 นาที และ 24 ชั่วโมง

ก่อนออกกำลังกาย	หลังออกกำลังกาย 30 นาที	หลังออกกำลังกาย 24 ชั่วโมง
		

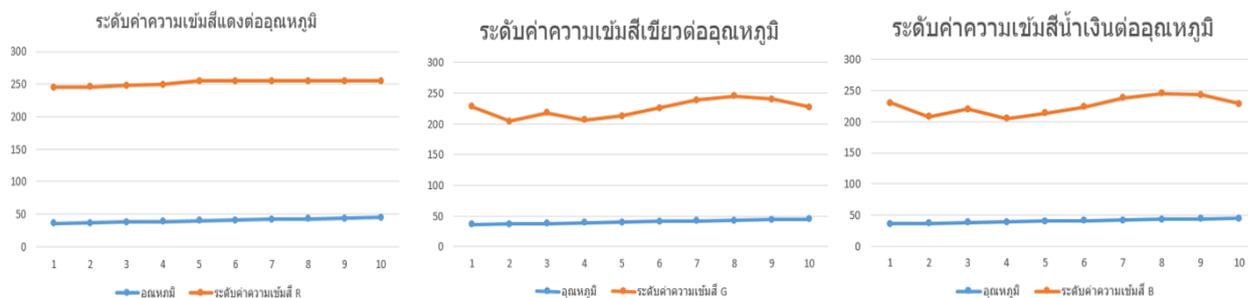
5. การกำหนดช่วงอุณหภูมิความร้อนที่ทำการศึกษาระหว่างการแปลงอุณหภูมิจากสีสเปกตรัมของภาพความร้อน ซึ่งกระบวนการนี้ใช้สำหรับการวิเคราะห์ระดับความเข้มของสีสเปกตรัมของภาพความร้อน ค่าอุณหภูมิพื้นผิวที่ใช้ในการศึกษานี้อยู่ระหว่าง 36°C - 45°C มาทำการทดลองและวิเคราะห์หาต้นแบบเพื่อใช้ในการประมวลผลหาความเที่ยงตรงของอุณหภูมิของวัตถุจากกล้องถ่ายภาพความร้อนในซอฟต์แวร์ที่จะทำการพัฒนาจากฐานข้อมูลภาพถ่ายความร้อนที่เป็นต้นแบบเพื่อหาอัลกอริทึมในการใช้พัฒนาซอฟต์แวร์ ดังที่แสดงในตารางที่ 3
6. การวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิที่ได้จากภาพถ่ายความร้อนทั้ง 10 ภาพต้นแบบ โดยคำนวณและวิเคราะห์หาระดับความเข้มของค่าสีสเปกตรัมของภาพถ่ายความร้อนต้นแบบในแต่ละช่วงอุณหภูมิ รายละเอียดแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยระดับความเข้มของสเปกตรัมในแต่ละช่วงอุณหภูมิของภาพต้นแบบ

ภาพถ่ายความร้อน	อุณหภูมิที่วัด (°C)	ค่าความเข้มสี		
		สีแดง	สีเขียว	สีน้ำเงิน
	36	245	228	230
	37	246	204	208
	38	248	218	205
	39	249	206	220
	40	255	213	214
	41	255	226	224
	42	255	239	238
	43	255	245	245
	44	255	240	243
	45	255	227	229

การทำงานของกล้องถ่ายภาพความร้อนจะแสดงค่าที่ทำการถ่ายภาพ ค่าที่วัดได้จะเป็นช่วงของอุณหภูมิเท่านั้น และมีแถบสีพร้อมค่าตัวเลขอธิบายให้ผู้ดูและวิเคราะห์จากอุณหภูมิที่กำกับของภาพถ่ายความร้อนแสดงสถานะของแถบสี จากช่วงความร้อนและสีสเปกตรัมดังกล่าวสามารถนำมาวิเคราะห์เพื่อหาค่าระดับความเข้มของสีในแต่ละช่วงอุณหภูมิของภาพต้นแบบทั้ง 10 ช่วงอุณหภูมิได้ดังแสดงในตารางที่ 3 เพื่อให้การทดลองมีความเที่ยงตรงและแม่นยำ ผู้วิจัยทำการแบ่งช่วงอุณหภูมิในการทดสอบ แบ่งออกเป็น 10 ช่วงอุณหภูมิ (36°C-45°C) มีระยะห่างช่วงละ 1°C นอกจากนี้ ทำการวิเคราะห์

หาค่าเฉลี่ยของค่าสีจากภาพถ่ายความร้อนต้นแบบเพื่อนำไปวิเคราะห์หาค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสัดส่วนความเข้มของสเปกตรัมสีต่ออุณหภูมิ ตามตารางที่ 3 และเมื่อนำมาวิเคราะห์ด้วยกราฟดูอัตราการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของสเปกตรัมสีทั้ง 10 ช่วงอุณหภูมิ เพื่อคัดเลือกสเปกตรัมสีที่มีความคงที่ไปใช้เป็นสีต้นแบบในการเปรียบเทียบต่อไป ตามที่แสดงในภาพที่ 2



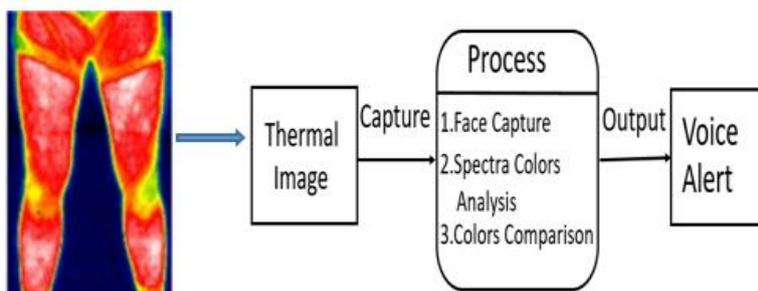
ภาพที่ 2 กราฟความเข้มของสเปกตรัมสีต่ออุณหภูมิของสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน

จากกราฟภาพที่ 2 พบว่า จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยสเปกตรัมสีของสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงินจากอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นจาก 36°C ถึง 45°C สีแดงมีแนวโน้มที่มีค่าคงที่ ส่วนสีเขียวและสีน้ำเงินมีสัดส่วนของค่าเฉลี่ยที่ไม่คงที่ สรุปได้ว่า สเปกตรัมสีแดงสามารถนำมาใช้เป็นแม่แบบหลักในการเปรียบเทียบ ส่วนสีเขียวและสีน้ำเงินจะใช้ค่าเฉลี่ยที่อยู่ระหว่างทั้งสองสีไปใช้ประกอบเป็นข้อมูลต้นแบบเปรียบเทียบเพื่อให้การประมวลผลที่ถูกต้องและเที่ยงตรงมากขึ้น

การออกแบบระบบประมวลผลการประเมินอาการปวดกล้ามเนื้อ

1. การออกแบบขั้นตอนการทำงานของระบบ โดยใช้ UML (Unified modeling language) เพื่ออธิบายขั้นตอนการทำงานของระบบ ตามที่แสดงในภาพที่ 3

- 1.1 ระบบทำการนำเข้าภาพความร้อนจากกล้องความร้อน(อินฟราเรด)
- 1.2 ระบบทำการวิเคราะห์หาค่าสีหลักทั้ง 3 สี คือ น้ำเงิน เขียว และแดง
- 1.3 ระบบทำการวิเคราะห์หาค่าระดับความเข้มสีทั้ง 3 สี คือ น้ำเงิน เขียว และแดง
- 1.4 ระบบนำระดับค่าสีทั้ง 3 สี คือ น้ำเงิน เขียว และแดง ไปทำการเปรียบเทียบกับต้นแบบทั้ง 3 ค่า
- 1.5 ระบบทำการแจ้งเตือนและบอกระดับอุณหภูมิที่พบ



ภาพที่ 3 การทำงานของระบบ (Context diagram)

2. ออกแบบการทำงานของขั้นตอนการประมวลผลระบบ (IPO chart)

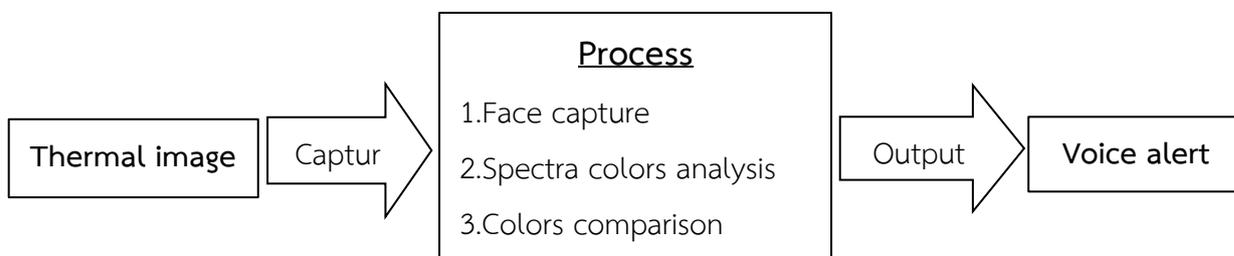
ระบบจะทำการรับภาพที่ได้จากกล้องถ่ายภาพความร้อนอินฟราเรด (Thermal scan infrared camera) ซึ่งจะเป็นภาพที่ทำให้อยู่ในรูปแบบดิจิทัล (Digital image) และนำมาผ่านการประมวลผลวิเคราะห์ระดับค่าความเข้มและสีของภาพแล้วทำการเทียบค่าอุณหภูมิและแจ้งเตือนด้วยเสียงในโปรแกรมที่ได้ออกแบบ มีขั้นตอนการประมวลผลผ่านระบบดังนี้

2.1 Input —————> Camera load, Camera capture

2.2 Process —————> Spectra colors analysis, Thermal imaging processing system

2.3 Output —————> Voice warning system

3. Context diagram ของระบบ รายละเอียดตามภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ขั้นตอนการทำงานของระบบของ Context diagram

4. ขั้นตอนการทำงานของระบบ

4.1 การนำเข้าข้อมูลภาพจากกล้องถ่ายภาพความร้อน

4.2 ทำการตัดภาพหนึ่งและนำเข้าประมวลผล

4.3 ทำการวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยของสีในระดับพิกเซล โดยหาค่าสีจากสีแดง และสีเขียว

4.4 ทำการเปรียบเทียบหาระดับความเข้มของสีกับค่าความเข้มของสีต้นแบบที่ใช้เปรียบเทียบตามอัลกอริทึม

4.5 เมื่อทำการเปรียบเทียบและประมวลผลเสร็จ ระบบจะทำการส่งผลลัพธ์เพื่อให้ทราบว่าวัตถุมีอุณหภูมิ

เท่าไร

4.6 อัลกอริทึมระบบ

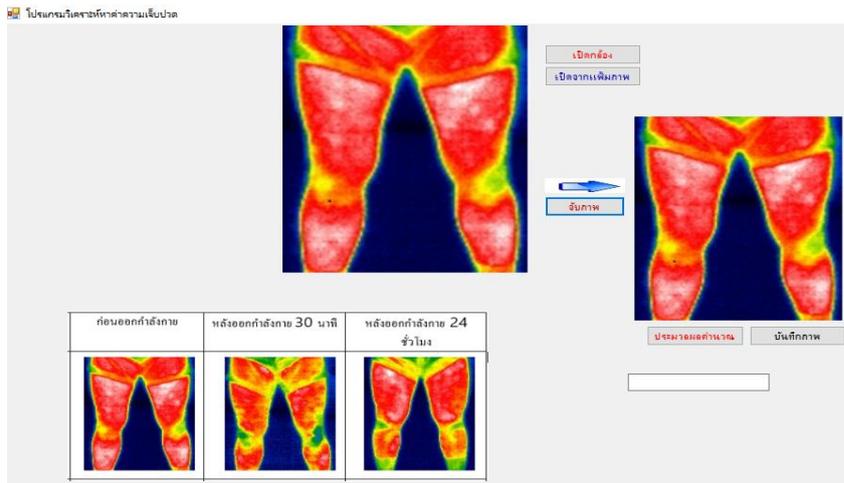
```

imgCapture.Image = imgVideo.Image; Bitmap bmap = newBitmap(imgCapture.Image);Color c;
for (int i = 0; i<bmap.Width; i++) {for (int j = 0; j <bmap.Height; j++) {c = bmap.GetPixel(i, j);byte chk_R =
(byte)(c.R);byte chk_G = (byte)(c.G );if ((chk_R < =245) && (chk_G >=228) && (chk_B <=230)){Celcias=36;
text1 = "The temperature is 36";} Else if ((chk_R < =246) && (chk_G >=204) && (chk_B <=208))
{Celcias=37;text1 = " The temperature is 37";} Else if ((chk_R < =248) && (chk_G >=218) && (chk_B <=220))
{Celcias=38;text1 = " The temperature is 38";}Else if ((chk_R < =249) && (chk_G >=206) && (chk_B
<=205)) {Celcias=39;text1 = " The temperature is 39";}Else if ((chk_R < =255) && (chk_G >=213) && (chk_B
<=214)) {Celcias=40;text1 = " The temperature is 40 "};Else if ((chk_R < =255) && (chk_G >=226) && (chk_B
<=224)) {Celcias=41;text1 = " The temperature is 41";} Else if ((chk_R < =255) && (chk_G >=239) && (chk_B
<=238)) {Celcias=42;text1 = " The temperature is 42 "};Else if ((chk_R < =255) && (chk_G >=245) && (chk_B
<=245)) {Celcias=43; text1 = " The temperature is 43 "};Else if ((chk_R < =255) && (chk_G >=240) &&
(chk_B <=243)) {Celcias=44;text1 = " The temperature is 44 "};Else if ((chk_R < =255) && (chk_G >=227) &&
(chk_B <=229)) {Celcias=45;text1 = " The temperature is 45 "};}} SpeechSynthesizer synthesizer = new
SpeechSynthesizer(); synthesizer.Volume = 100;synthesizer.Rate = 0; synthesizer.Speak(text1);
  
```

4.7 การออกแบบและพัฒนาระบบ

การออกแบบและพัฒนาซอฟต์แวร์ต้นแบบ ในการแปลงค่าอุณหภูมิผิวหนังบริเวณกล้ามเนื้อที่มีอาการปวด ออกมาเป็นค่าตัวเลขจากกล้องถ่ายภาพความร้อนโดยใช้โปรแกรม Visual C# มาเป็นเครื่องมือในการออกแบบต้นแบบ และส่วนติดต่อใช้งาน (User interface) และกล้องถ่ายภาพความร้อนเป็นอุปกรณ์รับภาพเข้ามาเป็นข้อมูลที่ใช้ในการประมวลผลมีขั้นตอนดังนี้

4.7.1 การออกแบบส่วนติดต่อกับผู้ใช้ (GUI) ของระบบ ตามตัวอย่างภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ภาพรวมของ GUI ของระบบ

จากภาพที่ 5 Context diagram ของระบบจะเป็นภาพรวมของระบบโดยรับข้อมูลภาพจากกล้องถ่ายภาพความร้อนแล้วทำการแปลงค่าความร้อนจากภาพแล้วส่งรายงานผลออกทางเสียงและตัวเลขเพื่อแจ้งให้ผู้ใช้ทราบผลการวัดอุณหภูมิ

4.7.2 โครงสร้างของระบบ ประกอบด้วย เครื่องคอมพิวเตอร์ กล้องถ่ายภาพความร้อน และลำโพง

4.8 การทดสอบระบบ

การวัดประสิทธิภาพของความแม่นยำและความเที่ยงตรง (Accuracy and precision) สามารถทำได้โดยการใช่วิธีวัดค่าความแม่นยำ (Accuracy) ซึ่งเป็นกรวัดความแม่นยำในการวิเคราะห์ภาพในฐานะข้อมูล โดยพิจารณาจากจำนวนภาพที่วิเคราะห์ได้ถูกต้องเมื่อเทียบกับจำนวนกลุ่มตัวอย่างภาพทดลองจากภาพมาตรฐานที่ใช้เป็นฐานข้อมูลในการเปรียบเทียบทั้งหมดนำมาคำนวณ 9-12 ในสมการ %Accuracy = 100 - %Error โดยที่ $\left| \frac{x_{mea} - x_t}{x_t} \right| r =$

%Error = Relative error x 100 เมื่อ x_{mea} คือค่าที่ได้จากการวัด (measure value) และ x_t คือ ค่าจริง (true value)

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. การวิเคราะห์ค่าสถิติโดยใช้ค่าร้อยละ
2. การทดสอบการกระจายตัวปกติของข้อมูลด้วยวิธีการหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
3. การวิเคราะห์เปรียบเทียบความรู้สึkpวดกล้ามเนื้อและอุณหภูมิบริเวณกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าก่อนออกกำลังกาย หลังออกกำลังกาย 30 นาที และ 24 ชั่วโมง โดยใช้สถิติ One-Way ANOVA ที่ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 แล้วทำการ เปรียบเทียบความแตกต่างหลังการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวด้วยวิธีการของ Tukey's

4. การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างความรู้สึกปวดกล้ามเนื้อกับระดับอุณหภูมิบริเวณกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson correlation) ที่ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

ผลการวิจัย

1. ผู้เข้าร่วมการศึกษาคือผู้ที่มีสุขภาพดี จำนวน 50 คน เป็นเพศชาย จำนวน 25 คน และเพศหญิง 25 คน ข้อมูลพื้นฐานของผู้เข้าร่วมการศึกษาแสดงไว้ในตารางที่ 4 ประกอบด้วยจำนวน ร้อยละ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอายุ (ปี) น้ำหนัก (กิโลกรัม) ส่วนสูง (กิโลกรัม) และค่าดัชนีมวลกาย (กิโลกรัม/เมตร²)

ตารางที่ 4 จำนวน ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอายุ น้ำหนัก ส่วนสูง และค่าดัชนีมวลกาย

เพศ	จำนวน (คน)	ร้อยละ	อายุ (ปี)	น้ำหนัก (กิโลกรัม)	ส่วนสูง (เซนติเมตร)	ดัชนีมวลกาย
หญิง	25	50	18.44±0.51	49.28±8.51	160.80±6.41	19.02±2.60
ชาย	25	50	18.92±0.76	63.32±9.60	172.52±5.69	21.20±2.65
รวม	50	100	18.68±0.68	56.30±11.59	166.66±8.43	20.11±2.82

2. ความรู้สึกปวดกล้ามเนื้อและอุณหภูมิผิวหนังบริเวณกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า หลังออกกำลังกายเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนออกกำลังกาย พบว่า ก่อนออกกำลังกายค่าความรู้สึกปวดกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า มีค่าเท่ากับ 0.00±0.00 และมีอุณหภูมิบริเวณกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า เท่ากับ 36.28±0.67°C หลังออกกำลังกาย 30 นาที และ 24 ชั่วโมง มีค่าความรู้สึกปวดกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น เท่ากับ 2.64±1.31 และ 6.28±1.28 ตามลำดับ และอุณหภูมิบริเวณกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าเพิ่มขึ้น เท่ากับ 37.58±0.70°C และ 39.22±0.84°C ดังที่แสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ความรู้สึกปวดกล้ามเนื้อและอุณหภูมิบริเวณกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า ก่อนออกกำลังกาย หลังออกกำลังกาย 30 นาที และ 24 ชั่วโมง (n=50)

ตัวแปร	ก่อนออกกำลังกาย	หลังออกกำลังกาย		F	p-value	r ²	Sig
		30 นาที	24 ชั่วโมง				
ความรู้สึกปวดกล้ามเนื้อ	0.00±0.00	2.64±1.31	6.28±1.28	446.70	.00*	0.82	.00*
อุณหภูมิบริเวณกล้ามเนื้อ	36.28±0.67	37.58±0.70	39.22±0.84	197.35	.00*		

*p-value = <0.05

จากตารางที่ 5 หลังทำการเปรียบเทียบค่าความรู้สึกปวดกล้ามเนื้อและอุณหภูมิผิวหนังบริเวณกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า หลังออกกำลังกาย 30 นาที และ 24 ชั่วโมง เพิ่มขึ้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนออกกำลังกาย ซึ่งความรู้สึกปวดกล้ามเนื้อมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิผิวหนังบริเวณกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าที่เพิ่มขึ้น มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r²) เท่ากับ 0.82 (sig=0.00)

3. การพัฒนาโปรแกรมการตรวจจับความร้อนด้วยรังสีอินฟราเรดประเมินอาการปวดกล้ามเนื้อหลังออกกำลังกาย จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อประเมินประสิทธิภาพระบบ (Data collection and preparation) ในการวัดอุณหภูมิของซอฟต์แวร์ที่ได้จากกล้องถ่ายภาพความร้อน โดยใช้ภาพถ่ายความร้อนตัวอย่างจากชุดทดลอง จำนวน 1 กลุ่มตัวอย่าง ภาพถ่ายความร้อนที่นำมาทดลอง จำนวน 50 ภาพ ซึ่งเป็นภาพถ่ายความร้อนอินฟราเรดก่อนการออกกำลังกาย หลังการ

ออกกำลังกาย 30 นาที และ 24 ชั่วโมง แล้วนำซอฟต์แวร์ไปวิเคราะห์และประเมินเพื่อหาประสิทธิภาพความแม่นยำของระบบและเป็นการทดสอบเพื่อยอมรับระบบโดยผู้ใช้ (Acceptance test by user) การประเมินประสิทธิภาพของระบบสารสนเทศและซอฟต์แวร์ แบ่งการประเมินออกเป็น 4 ส่วน คือ ส่วน Function Requirement Test ส่วน Function Test ส่วน Usability Test และ ส่วน Security Test แต่ในการศึกษานี้ ต้องการทดสอบระบบหาประสิทธิภาพของระบบหรือซอฟต์แวร์อย่างเดียวจึงเลือกใช้การวัดประสิทธิภาพของโปรแกรม โดยใช้เกณฑ์ทดสอบทางประสิทธิภาพของการทำงานของซอฟต์แวร์แบบทดสอบการทำงาน (Function Test) การเตรียมข้อมูลโดยใช้เป็นภาพสเปกตรัมความร้อน การทดลองนี้ได้ทดสอบข้อมูลภาพจากกล้องถ่ายภาพความร้อนเป็นภาพที่มีนามสกุล *.jpg ทั้งหมด จำนวน 50 ชุด แบ่งออกเป็น 10 ช่วงของการทดสอบภาพถ่ายความร้อน โดยกำหนดช่วงอุณหภูมิที่ทำการพัฒนาจากระบบการแปลงอุณหภูมิจากสีสเปกตรัมของภาพความร้อน ซึ่งกระบวนการนี้ใช้หลักการวิเคราะห์ระดับความเข้มของสีจากสเปกตรัมภาพถ่ายความร้อน ทำให้ได้ช่วงอุณหภูมิที่ใช้ในการทำวิจัยอยู่ระหว่าง 36°C-45°C จากการวัดประสิทธิภาพของระบบ (Implementing and evaluating the system) ที่ทำการพัฒนา โดยการวัดค่าความแม่นยำ (Precision) ในการวิเคราะห์อุณหภูมิของภาพสเปกตรัมความร้อนจากตัวอย่างทดสอบจากข้อมูลทดสอบ จำนวน 50 ตัวอย่าง ภายใต้เงื่อนไข 10 ช่วงอุณหภูมิเพื่อทำการทดสอบหากกลุ่มภาพที่มีอุณหภูมิสูงเกินจุดวิกฤตที่มากกว่า 37.5°C

ผลการวัดความแม่นยำในการแปลงสีของสเปกตรัมความร้อนเป็นอุณหภูมิ ปรากฏผลดังนี้ ช่วงอุณหภูมิ 36°C ตรวจพบ 4 ตัวอย่าง ช่วงอุณหภูมิ 37°C ตรวจพบ 4 ตัวอย่าง ช่วงอุณหภูมิ 38°C ตรวจพบ 4 ตัวอย่าง ช่วงอุณหภูมิ 39°C ตรวจพบ 4 ตัวอย่าง ช่วงอุณหภูมิ 40°C ตรวจพบ 4 ตัวอย่าง ช่วงอุณหภูมิ 41°C ตรวจพบ 4 ตัวอย่าง ช่วงอุณหภูมิ 42°C ตรวจพบ 4 ตัวอย่าง ช่วงอุณหภูมิ 43°C ตรวจพบ 4 ตัวอย่าง ช่วงอุณหภูมิ 44°C ตรวจพบ 4 ตัวอย่าง และช่วงอุณหภูมิ 45°C ตรวจพบ 4 ตัวอย่าง ซึ่งจากการทดสอบได้ค่าเฉลี่ยรวม 80% มีประสิทธิภาพอยู่ในระดับดี เมื่อทำการทดลองระบบ (System testing) เพื่อวัดความแม่นยำในการวิเคราะห์อุณหภูมิของสเปกตรัมภาพถ่ายความร้อนชุดข้อมูลจริงจากภาคสนามที่ผ่านกิจกรรมการออกกำลังกายนำมาทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพการหาความแม่นยำจากข้อมูลที่ทดสอบในแต่ละช่วงอุณหภูมิจำนวน 10 ช่วง เป็นจำนวนตัวอย่างทดสอบในภาพรวม โดยไม่เจาะจงค่าช่วงอุณหภูมิ ทั้ง 10 ช่วงอุณหภูมิ เพื่อวัดการประมวลผลจากระบบที่ทำการพัฒนา พบว่า ระดับภาพถ่ายความร้อนที่มีอุณหภูมิห่างกัน 1 องศา ค่าสีที่ใช้วัด คือ สีแดง (Red) สีเขียว (Green) และสีน้ำเงิน (Blue) มีค่าของความเข้มของสีที่แตกต่างกันน้อยมากจากการทดสอบภาพถ่ายความร้อนอินฟราเรด จำนวน 10 ภาพถ่ายความร้อน อยู่ในช่วงอุณหภูมิ 36 องศา จำนวน 40 ตัวอย่าง ภาพ อุณหภูมิ 37 องศา 8 ตัวอย่าง ภาพ อุณหภูมิ 38 องศา 2 ตัวอย่าง ภาพ ส่วนข้อมูลภาพ Relative Error มี 3 ตัวอย่าง ภาพ และค่าเฉลี่ยรวมของความเที่ยงตรง (Accuracy) คือ 75%

การอภิปรายผลการศึกษา

จากผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า กลุ่มตัวอย่างมีความรู้สึกปวดกล้ามเนื้อและมีอุณหภูมิบริเวณกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า ก่อนการออกกำลังกาย หลังการออกกำลังกาย 30 นาที และ 24 ชั่วโมง เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการออกกำลังกาย ซึ่งความรู้สึกปวดกล้ามเนื้อจะมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิผิวบริเวณกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าที่เพิ่มขึ้นมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r_2) เท่ากับ 0.82 สอดคล้องกับการศึกษาของ Hadžić13 พบว่า การวิเคราะห์สหสัมพันธ์เพื่อหาปริมาณความสัมพันธ์ระหว่างกำลังกล้ามเนื้อ Quadriceps และการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของกล้ามเนื้อ Quadriceps มีความสัมพันธ์เชิงลบอย่างมีนัยสำคัญระหว่างการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิและการลดลงของกำลังกล้ามเนื้อ หลังการออกกำลังกายอุณหภูมิผิวเพิ่มขึ้น 1°C แต่เมื่ออุณหภูมิผิวยังคงสูงขึ้นหลังออกกำลังกาย 24 ชั่วโมง

แสดงว่า กล้ามเนื้อที่ออกกำลังกายได้รับความเสียหาย ซึ่งความเสียหายในกล้ามเนื้อทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนจากกล้ามเนื้อไปยังผิวหนังทำให้เกิดจุดร้อนบริเวณใต้ผิวหนัง 14,15 แสดงให้เห็นว่าเมื่อกำลังกล้ามเนื้อทำงานในขณะออกกำลังกาย ความร้อนจะก่อตัวขึ้นภายในมัดกล้ามเนื้อเนื่องจากแรงเสียดทานของเส้นใยกล้ามเนื้อและการเผาผลาญพลังงานที่เพิ่มขึ้น ทำให้อุณหภูมิสูงขึ้น ส่งผลทำให้การไหลเวียนของเลือดที่เพิ่มขึ้นไปยังกล้ามเนื้อเพื่อช่วยถ่ายเทความร้อนที่เพิ่มขึ้นในมัดกล้ามเนื้อ อย่างไรก็ตาม การไหลเวียนของเลือดที่เพิ่มขึ้นนี้ควรกลับมาเป็นปกติภายใน 2-3 ชั่วโมงหลังจากสิ้นสุดการออกกำลังกาย หากอุณหภูมิยังคงสูงขึ้นใน 24 ชั่วโมงหลังการออกกำลังกายแสดงว่า กล้ามเนื้อที่ออกกำลังกายได้รับความเสียหายจึงเกิดการถ่ายเทความร้อนเพิ่มเติมจากกล้ามเนื้อไปยังบริเวณพื้นผิวโดยรอบทำให้เกิดจุดร้อนที่ตรวจพบได้ บริเวณใต้ผิวหนังด้วยภาพถ่ายอินฟราเรดด้วยความร้อน 16 อย่างไรก็ตาม หลังการฝึกพลัยโอเมตริกในท่า squat jumps 20 ครั้ง จำนวน 5 เซ็ต พักระหว่างเซ็ต 2 นาที เพื่อกระตุ้นให้เกิดอาการปวดระดับกล้ามเนื้อหลังการออกกำลังกาย พบว่า อุณหภูมิผิวหนังบริเวณต้นขาด้านหน้าเพิ่มขึ้น 0.3°C หลังการออกกำลังกาย 24 ชั่วโมงถึงแม้ว่าจะได้รับการประคบเย็น 15 นาทีทันทีหลังการออกกำลังกาย 17 สอดคล้องกับการศึกษาของ Al-Nakhli et al.15 พบว่า อุณหภูมิผิวหนังของกล้ามเนื้อ ต้นแขนด้านหน้า หลังการยกน้ำหนัก 25 ครั้ง จำนวน 4 เซ็ต เพิ่มขึ้น 1.1°C Ring et al.18 กล่าวว่าการใช้กล้องถ่ายภาพความร้อนอินฟราเรดที่แตกต่างกันทำให้ได้ภาพถ่ายความร้อนที่ต่างกันในการถ่ายภาพวัตถุเดียวกัน ซึ่งสามารถอธิบายได้ด้วยการเปรียบเทียบกัน และรวมถึงการใช้อัลกอริทึมประมวลผลภาพที่แตกต่างกันด้วย ดังนั้น การพัฒนาซอฟต์แวร์ในการประมวลผลภาพถ่ายความร้อนเพื่อประเมินอาการปวดกล้ามเนื้อเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องศึกษาเนื่องจากอาจส่งผลต่อผลลัพธ์ที่ได้ จากผลการวัดประสิทธิภาพความแม่นยำของระบบที่ได้จากการทดสอบด้วยภาพสเปกตรัมความร้อนจากระบบซอฟต์แวร์ที่ได้ทำการพัฒนาขึ้นและทดสอบจากกลุ่มภาพถ่ายความร้อนตัวอย่างข้อมูล 50 ภาพถ่ายความร้อน ความแม่นยำที่ทดสอบได้ค่าเฉลี่ยรวม 75% ซึ่งถือว่ามีประสิทธิภาพอยู่ในระดับดี แสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพในการวิเคราะห์และแปลงค่าภาพสเปกตรัมความร้อนเทียบกับระดับค่าสีของภาพต้นแบบอยู่ในระดับที่ค่อนข้างเที่ยงตรง ค่าที่ได้จากการแปลงค่าสีสเปกตรัมเป็นค่าอุณหภูมิอยู่ในค่าของช่วงความร้อนที่ได้เป็นค่าเฉลี่ย เป็นค่าความร้อนเฉลี่ยของค่าสีสเปกตรัมเป็นช่วงๆ ละ 1°C จากการศึกษาที่ผ่านมา พบว่า การถ่ายภาพความร้อนด้วยอินฟราเรดเป็นวิธีการหนึ่งเป็นที่นิยมในการประเมินอุณหภูมิบริเวณผิว ในวงการเวชศาสตร์การกีฬา การพัฒนาเทคนิคใหม่นี้สามารถนำไปใช้ในการตรวจประเมินการเปลี่ยนแปลงความร้อนหรือความผิดปกติที่มีลักษณะเฉพาะโดยการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของอุณหภูมิบริเวณผิว เช่น ผลกระทบของการอักเสบ (Inflammation) ภายในกล้ามเนื้อ 19 การใช้เทคนิคเดียวกับที่ใช้วัดอุณหภูมิของผิวหนังและตรวจคัดกรองผู้ที่มีอาการคล้ายเป็นไข้สามารถใช้การถ่ายภาพความร้อนอินฟราเรดเพื่อประเมินอาการบาดเจ็บได้ 20 อย่างไรก็ตาม การใช้วิธีการประเมินอาการปวดระดับกล้ามเนื้อหลังการออกกำลังกายด้วยการถ่ายภาพอินฟราเรดจะแสดงถึงการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิผิวหนังของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าอาจสะท้อนถึงการตอบสนองต่อการอักเสบอย่างเป็นระบบยังจำเป็นต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่ออธิบายกลไกของการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิผิวหนัง

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อประเมินอาการปวดกล้ามเนื้อด้วยภาพถ่ายความร้อนหลังการออกกำลังกาย เป็นการพัฒนาเทคนิคใหม่จึงควรนำระบบที่พัฒนาขึ้นไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดใหญ่เพื่อพัฒนาเกณฑ์การประเมินอาการปวดกล้ามเนื้อหลังการออกกำลังกายที่มีความเชื่อมั่นและเที่ยงตรงต่อไป

ข้อจำกัดของการศึกษานี้

ควรใช้กล้องถ่ายภาพความร้อนในระยะที่ต่ำกว่า 2 เมตร ระหว่างกล้องกับวัตถุที่จะทำการถ่ายภาพความร้อน และสถานที่ที่ใช้ในการถ่ายภาพความร้อนของร่างกายควรเป็นห้องระบบปิดและมีอุณหภูมิห้อง (Room temperature) อยู่ระหว่าง 15°C-25°C คุณภาพของกล้องถ่ายภาพความร้อนด้วยอินฟราเรดที่มีคุณภาพสูงจะทำให้ได้ภาพถ่ายความร้อนที่มีคุณภาพ ความคมชัดของภาพสูง

สรุปผลการศึกษา

การประเมินอาการปวดระบบกล้ามเนื้อหลังการออกกำลังกายเกิดจากการออกกำลังกายที่ไม่คุ้นเคยหรือหนักเกินไป ความรุนแรงของอาการปวดระบบกล้ามเนื้อที่เกิดขึ้นอาจแตกต่างกันจึงต้องมีการประเมินความปวดเพื่อหาระดับความรุนแรงและใช้สำหรับการติดตามผลการบำบัด การประเมินความปวด ได้แก่ การประเมินด้วยตัวผู้ป่วยเอง การประเมินจากการสังเกตพฤติกรรม และการประเมินทางสรีรวิทยาที่ตอบสนองต่อความเจ็บปวดและการอักเสบ เนื่องจากการประเมินอาการปวดกล้ามเนื้อหลังการออกกำลังกายเป็นการวัดความรู้สึกปวดของแต่ละบุคคล เครื่องวัดความปวดจึงควรใช้ได้ง่ายและสะดวก ช่วยทำให้ทราบระดับอาการปวด มีความเที่ยง (Valid) ทุกครั้งที่ใช้ ผลการศึกษานี้สามารถช่วยผู้ฝึกสอนกีฬาสามารถประเมินระดับอาการปวดกล้ามเนื้อที่รวดเร็ว ไม่รบกวนร่างกาย และเป็นมิตรกับผู้ป่วย/นักกีฬาในการประเมิน แม้ว่าจะต้องมีการวิจัยเพิ่มเติม แต่ไม่เข้าเทคนิคใหม่ในการประเมินอาการปวดกล้ามเนื้อหลังการออกกำลังกายด้วยภาพถ่ายความร้อนอาจถือเป็นมาตรฐานในการประเมินอุณหภูมิผิวหนังในเวชศาสตร์การกีฬา

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสถาบันวิจัยและพัฒนา ประจำปี 2564 คณะผู้วิจัยขอขอบคุณคณะวิทยาการจัดการและเทคโนโลยีสารสนเทศและผู้บริหารทุกท่านที่อนุเคราะห์สถานที่ อุปกรณ์ในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

1. Connolly Declan AJ, Sayers SP, McHugh MP. Treatment and prevention of delayed onset muscle soreness. J Strength Cond Res. 2003;17(1):197-208.
2. Stauber WT, Clarkson PM, Fritz VK, Evans WJ. Extracellular matrix disruption and pain after eccentric muscle action. J Appl Physiol. 1990 Sep 1;69(3):868-74.
3. Alderson JK, Ring EF. Sprite' high resolution thermal imaging system. Thermal. 1995;1:110-4.
4. MacIntyre DL, Reid WD, McKenzie DC. Delayed muscle soreness: The inflammatory response to muscle injury and its clinical implications. Sports Med. 1995;20(1):24-40. DOI.10.2165/00007256-199520010-00003
5. Stewart, Ian B., et al. "Thermal infrared imaging can differentiate skin temperature changes associated with intense single leg exercise, but not with delayed onset of muscle soreness. J Sports Sci Med. ,2020;19(3): 469.
6. Miyama M, Nosaka KA. Influence of surface on muscle damage and soreness induced by consecutive drop jumps. J Strength Cond Res. 2004 May 1;18(2):206-11. DOI: 10.1519/R-13353.1
7. Goodall S, Howatson G. The effects of multiple cold water immersions on indices of muscle damage. J Sports Sci Med. 2008 Jun;7(2):235-241.

8. Howatson G, Goodall S, Van Someren K. The influence of cold water immersions on adaptation following a single bout of damaging exercise. *Eur J Appl Physiol.* 2009 Mar;105(4):615-21.
9. Pornchaloempong P, Nunak N. Accuracy and precision. Food Network Solution Co., Ltd. Bangkok Thailand. 2012 [Online]. available: <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/4290/precision/>
10. Waters JC. Accuracy and precision in quantitative fluorescence microscopy. *J Cell Biol.* 2009;185(7):1135-48.
11. Taylor JR. Introduction to error analysis, The study of uncertainties in physical measurements, 2nd ed. University Science Books. 1997.
12. Metz CE. Basic principles of ROC analysis. In seminars in Nuclear Medicine 1978;8(4):283-298.
13. Hadžić V, Širok B, Malneršič A, Čoh M. Can infrared thermography be used to monitor fatigue during exercise? A case study. *J Sport Health Sci.* 2019;8(1):89-92.
14. Formenti D, Ludwig N, Gargano M, Gondola M, Dellerma N, Caumo A, Alberti G. Thermal imaging of exercise-associated skin temperature changes in trained and untrained female subjects. *Ann Biomed Eng.* 2013;41(4):863-71.
15. Al-Nakhli HH, Petrofsky JS, Laymon MS, Berk LS. The use of thermal infrared imaging to detect delayed onset muscle soreness. *J Vis Exp.* 2012;22(59): e3551.
16. Zaïdi H, Fohanno S, Polidori G, Taiar R. The influence of swimming type on the skin-temperature maps of a competitive swimmer from infrared thermography. *Acta Bioeng Biomech.* 2007;9(1):47.
17. Silva, Yokiny A., et al. "Skin temperature changes after exercise and cold-water immersion." *Sport Sci Health* 2017;13(1): 195-202.
18. Ring EF, Ammer K. Standard procedures for infrared imaging in medicine. En: Bronzino JD, editor. *Medical Devices and Systems.* Boca Raton: CRC Press. 2009.
19. Selfe J, Kärki AI, Donnelly AE. Use of thermal imaging in sports medicine research: A short report. *International Sport Med Journal.* 2013;14(2):94-8.
20. Hildebrandt C, Raschner C, Ammer K. An overview of recent application of medical infrared thermography in Sports Medicine in Austria. *Sensors.* 2010;10(5):4700-15.