

ผลของระยะเวลาต้มน้ำร้อนต่อประสิทธิภาพของแผ่นร้อน

เสาวณีย์ เทสียงอร่าม^{1,*}, โอปอร์ วีรพันธุ์¹

Received: July 3, 2016

Revised & Accepted: December 6, 2016

บทคัดย่อ

เพื่อให้แผ่นร้อนมีอุณหภูมิที่เหมาะสมในการรักษาควรใช้เวลาต้ม 30 นาทีก่อนนำไปใช้งาน ในทางปฏิบัติอาจมีข้อจำกัดเรื่องระยะเวลาในการต้ม ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อหาเวลาที่น้อยที่สุดในการต้มที่ทำให้แผ่นร้อนมีอุณหภูมิที่เหมาะสมซึ่งประเมินจากอุณหภูมิของแผ่นร้อน อุณหภูมิผิวหนังและการไหลเวียนเลือดที่ผิวหนังในอาสาสมัครเพศชายจำนวน 25 คน โดยนำแผ่นร้อน ขนาด 25x30 เซนติเมตร ไปต้มในหม้อต้มที่ควบคุมอุณหภูมิน้ำไว้ที่ 75 ± 2 องศาเซลเซียส ด้วยระยะเวลา 30, 25, 20, 15, 10 และ 5 นาที ตามลำดับ แล้วนำขึ้นมาวัดอุณหภูมิที่ผิวหนังของแผ่นร้อนทันทีด้วยอินฟราเรดเทอร์โมมิเตอร์และห่อด้วยผ้าขนหนูจำนวน 8 ชั้นเพื่อป้องกันการไหม้พอง ก่อนวางบนน่องของอาสาสมัครนาน 30 นาที วัดอุณหภูมิผิวหนังและอัตราการไหลเวียนเลือดด้วยด้วยเทอร์โมมิเตอร์แบบดิจิตอลและเครื่อง Laser Doppler blood flow monitor ทุกๆ 5 นาที ผลการทดลองพบว่าความสามารถในการเก็บกักความร้อนและปริมาณความร้อนที่ถูกถ่ายเทออกมาจากแผ่นร้อนแปรผันตามระยะเวลาของการต้ม ยิ่งใช้เวลาในการต้มนานจะยิ่งได้อุณหภูมิที่สูงขึ้นและมีประสิทธิภาพมากกว่า โดยแผ่นร้อนที่ใช้เวลาในการต้ม 5 และ 10 นาที มีอุณหภูมิแผ่นร้อนและทำให้อุณหภูมิและอัตราการไหลเวียนเลือดที่ผิวหนังเพิ่มขึ้นได้น้อยกว่าแผ่นร้อนที่ต้ม 30 นาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในขณะที่แผ่นร้อนที่ต้ม 15, 20 และ 25 นาทีไม่มีความแตกต่างกับการต้ม 30 นาที ($p > 0.05$) สรุปได้ว่าเวลา 15 นาที คือเวลาที่น้อยที่สุดในการต้มที่ทำให้แผ่นร้อนมีอุณหภูมิที่เหมาะสมในการรักษาเทียบเท่ากับการต้มนาน 30 นาที

คำสำคัญ : แผ่นร้อน, ระยะเวลาของการต้ม, ผลการรักษา

¹ภาควิชากายภาพบำบัด คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

* ผู้รับผิดชอบบทความ



The effect of heating duration on the efficiency of hot pack

Saowanee Luangaram^{1*}, Opor Veerapan¹

Abstract

To achieve therapeutic efficiency of hot pack, 30 min immersion is suggested. In practice, there may be a limit for the immersion time. Therefore, the objective of this study was to determine the shortest heating duration to achieve suitable therapeutic temperature which was indicated by the pack temperature, skin temperature, and skin blood flow. A total of 25 male subjects were recruited for this study. Hot pack (size 25x30 cm.) was boiled in 75 ± 2 °C hydrocollator heating unit for 30, 25, 20, 15, 10, and 5 minutes, respectively. The pack temperature was immediately measured using infrared thermometer and wrapped in 8 layers of towel to prevent skin burning before applying it to the volunteer's calf for 30 minutes. Skin temperature and skin blood flow were measured using digital thermometer and Laser Doppler blood flow monitor, respectively, every 5 minutes during local heating with the hot pack. This study found that all parameters were associated with heating duration, longer period resulting in higher temperature and efficiency. The pack temperature, skin temperature, and skin blood flow of hot pack heated for 5 and 10 minutes were statistically significantly lower than 30 minutes ($p < 0.05$), whereas, hot pack heated for 15, 20 and 25 minutes were not different from 30 minutes ($p > 0.05$). The results suggested that 15-minute pack immersion was the shortest heating duration that provide therapeutic effect as good as 30-minute pack immersion.

Keywords : Hot pack, Heating duration, Therapeutic effect

¹ Faculty of Allied Health Sciences, Naresuan University Muang Phisanulok, Thailand, 65000

* Corresponding author: (e-mail: leknipt@hotmail.com)

บทนำ

แผ่นร้อน (hot pack) เป็นเครื่องมือทางกายภาพบำบัด ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากใช้ง่าย สะดวกและราคาไม่แพง จัดเป็นการรักษาด้วยความร้อนต้น ที่ให้ความร้อนขึ้น ทำให้รู้สึกร้อนสบายและไม่แสบผิว⁽¹⁾ นิยมใช้เพื่อลดปวด^(2, 3) ลดอาการเกร็ง เพิ่มความยืดหยุ่น⁽⁴⁾ และเพิ่มขบวนการเมแทบอลิซึมในเนื้อเยื่อชั้นตื้น^(5, 6) ซึ่งอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการรักษาด้วยความร้อน (therapeutic temperature) จะต้องเป็นอุณหภูมิที่ทำให้เนื้อเยื่อมีอุณหภูมิสูงขึ้นอยู่ในช่วง 40-45 องศาเซลเซียส^(1, 6) เนื่องจากเป็นอุณหภูมิที่ทำให้มีการขยายตัวของหลอดเลือดแดงขนาดเล็กที่ผิวหนัง ส่งผลให้เกิดการเพิ่มขึ้นของเลือดเฉพาะที่ (hyperemia) และมีการไหลเวียนของเลือดบริเวณผิวหนังเพิ่มขึ้น⁽⁷⁾

ภายในแผ่นร้อนมีสาร silicon dioxide sand ซึ่งมีคุณสมบัติในการดูดน้ำและเก็บกักความร้อน⁽⁸⁾ ก่อนที่จะนำแผ่นร้อนไปใช้จะต้องนำไปต้มในหม้อต้ม (hydrocollator unit) ที่มีอุณหภูมิ 70-80 องศาเซลเซียส อย่างน้อย 20-30 นาที เพื่อให้แผ่นร้อนนั้นมีความชื้นและอุณหภูมิตามที่ต้องการ^(5, 7) แล้วจึงห่อด้วยผ้าขนหนู ประมาณ 6-12 ชั้น เพื่อเก็บความร้อนและป้องกันไม่ให้ร้อนเกินไป⁽¹⁾ ถึงแม้ว่าแผ่นร้อนจะเป็นการรักษาด้วยความร้อนต้นที่ทำให้อุณหภูมิของเนื้อเยื่อเพิ่มขึ้นได้ถึง 42 องศาเซลเซียส⁽⁶⁾ ซึ่งมากพอที่จะทำการไหลเวียนของเลือดเพิ่มขึ้นได้และให้ผลในการรักษา แต่การใช้แผ่นร้อนให้มีประสิทธิภาพนั้น ต้องคำนึงถึงปัจจัยหลายอย่างประกอบกัน เช่น อุณหภูมิของแผ่นร้อน อัตราการคายความร้อน อุณหภูมิของเนื้อเยื่อที่เพิ่มขึ้น ระยะเวลาในการรักษาและขนาดของบริเวณที่รักษา^(1, 9, 10)

ถึงแม้ว่าแผ่นร้อนจะสามารถใช้ซ้ำได้หลายครั้ง แต่ต้องใช้เวลาในการต้มอย่างน้อย 20-30 นาที^(5, 7) เพื่อให้แผ่นร้อนนั้นมีความร้อนเพียงพอต่อการรักษา ในแผนกกายภาพบำบัดหลายๆ แห่งมีอัตราการใช้งานแผ่นร้อนที่สูงและใช้งานอย่างต่อเนื่อง ทำให้ประสบปัญหาแผ่นร้อนไม่เพียงพอต่อการใช้งาน และจำเป็นต้องใช้แผ่นร้อนที่ต้มไม่ครบตามเวลาที่กำหนด ซึ่งอาจจะทำให้แผ่นร้อนมีอุณหภูมิต่ำกว่าที่ต้องการ และส่งผลต่อประสิทธิภาพในการรักษา ที่ผ่านมายังไม่มีการศึกษาถึงอุณหภูมิ การถ่ายเทความร้อนและผลของแผ่นร้อนที่ต้มแช่ในน้ำร้อนที่เวลาน้อยกว่า 30 นาทีมาก่อน ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอุณหภูมิของแผ่นร้อน การถ่ายเทความร้อนให้กับผิวหนังและผลต่อการเพิ่มการไหล

เวียนเลือดที่ผิวหนังของแผ่นร้อนที่ต้มในน้ำที่มีอุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 5, 10, 15, 20 และ 25 นาที เปรียบเทียบกับแผ่นร้อนที่ถูกต้มนาน 30 นาที ซึ่งเป็นเวลามาตรฐานที่ได้มีการแนะนำไว้สำหรับการต้มแผ่นร้อนที่ถูกใช้แล้ว ก่อนนำไปใช้ใหม่^(5, 7) และหาเวลาที่น้อยที่สุดในการต้มที่ทำให้แผ่นร้อนมีประสิทธิภาพเทียบเท่ากับการต้ม 30 นาทีเพื่อให้ได้ข้อมูลสำหรับการใช้แผ่นร้อนในการรักษาทางกายภาพบำบัดอย่างมีประสิทธิภาพ ในกรณีที่มีความต้องการใช้แผ่นร้อนในเวลาจำกัด

วิธีการศึกษา

การศึกษานี้ได้ผ่านการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร เลขที่ 250/57 ดำเนินการทดลองในห้องที่ควบคุมอุณหภูมิไว้ที่ 25 ± 2 องศาเซลเซียส และใช้แผ่นร้อนขนาดมาตรฐาน 25x30 เซนติเมตร ต้มอยู่ในหม้อต้ม (Packheater, Enraf-Nonius, Netherlands) ที่ควบคุมอุณหภูมิของน้ำไว้ที่ 75 ± 2 องศาเซลเซียส โดยแบ่งเป็น 2 การทดลอง ดังนี้

1. ศึกษาผลของระยะเวลาต้มในน้ำร้อนต่ออุณหภูมิของแผ่นร้อน

นำแผ่นร้อนลงไปต้มในหม้อต้มเป็นเวลา 30 นาที แล้วนำขึ้นมาวัดอุณหภูมิทันที โดยใช้อินฟราเรดเทอร์โมมิเตอร์วัดที่ผิวหนังด้านนอกบริเวณกึ่งกลางของแผ่นร้อนในแนวตั้งฉากนาน 5 วินาที เพื่อให้เครื่องหาค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิที่วัดได้ปล่อยให้แผ่นร้อนเย็นจนกระทั่งมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้องแล้วทำซ้ำ 30 ครั้ง จากนั้นทำการทดลองเหมือนเดิม แต่ใช้ระยะเวลาในการต้มแผ่นร้อน 5, 10, 15, 20 และ 25 นาทีตามลำดับ

2. ศึกษาผลของระยะเวลาในการต้มแผ่นร้อนต่ออุณหภูมิและการไหลเวียนเลือดที่ผิวหนัง

ทำการวัดอุณหภูมิและอัตราการไหลเวียนเลือดที่ผิวหนังบริเวณน่องในอาสาสมัครเพศชาย จำนวน 25 คน อายุ 20-25 ปี ที่มีดัชนีมวลกายระหว่าง 18.49-24.91 กิโลกรัม ต่อตารางเมตร เบอร์เซนต์ไขมัน 10.7-17.2 และไม่มีข้อห้ามในการใช้แผ่นร้อนเช่น มีไข้สูง เป็นโรคหลอดเลือดแดงส่วนปลาย หรือบริเวณที่จะวางแผ่นร้อนมีการอักเสบเฉียบพลันมีแผลเปิด ติดเชื้อหรือมีความผิดปกติของการรับรู้ความรู้สึกเป็นต้น^(1, 5) โดยให้อาสาสมัครนอนคว่ำบนเตียง มีหมอนรองที่หน้าอกและข้อเท้า ทำความสะอาดบริเวณน่องของขาข้างที่

ไม่ลดด้วย 70% แอลกอฮอล์⁽¹⁰⁾ ติดหัววัดอุณหภูมิของเทอร์โมมิเตอร์แบบดิจิตอลในแนวกลางน่อง สูงจากสันเท้า 25 เซนติเมตร จากนั้นนำแผ่นร้อนที่ต้มเป็นเวลา 30 นาที ห่อด้วยผ้าขนหนูจำนวน 8 ชั้น (ความหนาโดยรวมประมาณ 1.5 เซนติเมตร ซึ่งได้ทดสอบแล้วว่าความร้อนสูงสุดที่ส่งผ่านผ้าขนหนูออกมาไม่เกิน 45 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ไม่ก่อให้เกิดอันตรายกับอาสาสมัคร) วางบนน่องของอาสาสมัคร บันทึกค่าอุณหภูมิผิวหนังจากเทอร์โมมิเตอร์แบบดิจิตอลทุกๆ 2 วินาที นาน 10 วินาที แล้วหาค่าเฉลี่ย พร้อมกับวัดอัตราการไหลเวียนเลือดด้วยเครื่อง Laser Doppler blood flow monitor (moorVMS-LDF, Moor Instruments, UK) เป็นเวลา 30 วินาที และวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยของอัตราการไหลเวียนเลือดใน 10 วินาทีด้วย Moor VMS-PC software^(11, 12) ทั้งอุณหภูมิและอัตราการไหลเวียนเลือดจะถูกวัดทุกๆ 5 นาที จนครบ 30 นาที จากนั้นทำการทดลองโดยใช้แผ่นร้อนที่ต้มนาน 5, 10, 15, 20 และ 25 นาที ตามลำดับ โดยให้มีระยะพักระหว่างการทดลองอย่างน้อย 48 ชั่วโมง เพื่อไม่ให้มีผลคงค้างจากการทดลองก่อนหน้านี

การวิเคราะห์ข้อมูล

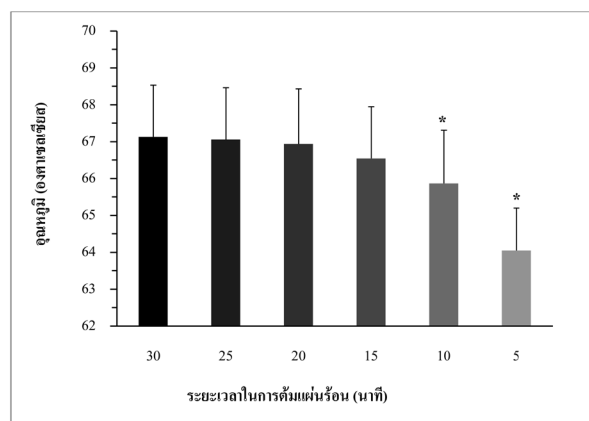
วิเคราะห์ข้อมูลจากค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean±SD) โดยใช้สถิติ One-way analysis of variance (ANOVA) with repeated measures เพื่อเปรียบเทียบของอุณหภูมิของแผ่นร้อน อุณหภูมิผิวหนังและอัตราการไหลเวียนเลือดที่ผิวหนังที่เกิดจากแผ่นร้อนที่ใช้ระยะเวลา 30, 25, 20, 15, 10 และ 5 นาที จากนั้นใช้สถิติ Post-hoc (Turkey) test เพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของผลการศึกษาแต่ละคู่ โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$

ผลการศึกษา

1. ผลของระยะเวลาต้มน้ำร้อนต่ออุณหภูมิของแผ่นร้อน

การศึกษานี้ใช้แผ่นร้อนอันใหม่ที่ยังไม่เคยใช้มาก่อนจำนวน 2 แผ่น เพื่อควบคุมให้แผ่นร้อนมีอายุการใช้งานและประสิทธิภาพที่ใกล้เคียงกันและใช้เวลาในการต้ม 30 นาที เป็นค่ามาตรฐานในการต้มแผ่นร้อนก่อนนำไปใช้ ซึ่งพบว่าอุณหภูมิที่ผิวหนังนอกของแผ่นร้อนที่ใช้เวลาในการต้ม 30, 25, 20, 15, 10 และ 5 นาทีมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 67.13 ± 1.40 , 67.06 ± 1.40 , 66.94 ± 1.49 , 66.54 ± 1.41 ,

65.87 ± 1.44 และ 64.05 ± 1.15 องศาเซลเซียส ตามลำดับโดยอุณหภูมิของแผ่นร้อนจะลดลงตามระยะเวลาของการต้ม และแผ่นร้อนที่ใช้เวลาต้ม 10 และ 5 นาที มีอุณหภูมิน้อยกว่าแผ่นร้อนที่ต้มนาน 30 นาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ดังแสดงในรูปที่ 1



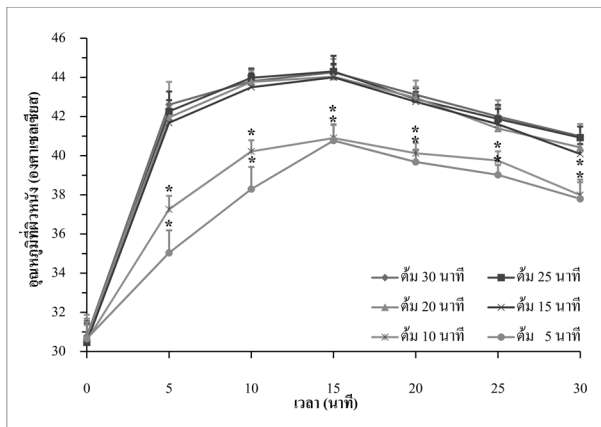
รูปที่ 1 ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของแผ่นร้อนที่ใช้ระยะเวลาต้ม 30, 25, 20, 15, 10 และ 5 นาที

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับแผ่นร้อนที่ใช้ระยะเวลาต้ม 30 นาที

2. ผลของระยะเวลาในการต้มแผ่นร้อนต่ออุณหภูมิและการไหลเวียนเลือดที่ผิวหนัง

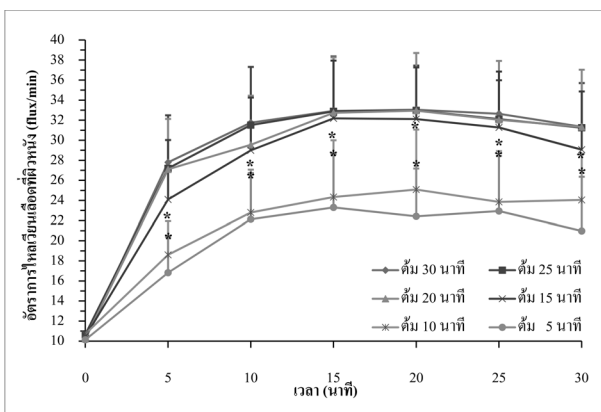
จากการวัดอุณหภูมิและการไหลเวียนเลือดที่ผิวหนังบริเวณน่องที่วางแผ่นร้อนซึ่งผ่านการต้มด้วยระยะเวลาต่างๆ พบว่าปริมาณความร้อนที่ถูกถ่ายเทออกมาแปรผันตามระยะเวลาของการต้ม ยิ่งใช้เวลาในการต้มนานจะยิ่งได้ความร้อนสูง ทำให้อุณหภูมิและการไหลเวียนเลือดที่ผิวหนังเพิ่มขึ้นมากกว่าและคงอยู่นานกว่า ดังแสดงในรูปที่ 2 และ 3 แผ่นร้อนที่ต้ม 30, 25, 20, 15, 10 และ 5 นาที มีการถ่ายเทความร้อนออกมาเรื่อยๆ จนกระทั่งสูงสุดในนาทีที่ 15 วัดอุณหภูมิที่ผิวหนังได้เท่ากับ 44.26 ± 0.69 , 44.30 ± 0.80 , 44.04 ± 0.60 , 44.00 ± 0.69 , 40.90 ± 0.71 และ 40.77 ± 0.80 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และค่อยๆ ลดลงเรื่อยๆ ในขณะที่แผ่นร้อนที่ต้ม 30, 25, 20, 15 และ 10 นาที มีอัตราการไหลเวียนเลือดที่ผิวหนังเพิ่มขึ้นสูงสุดในนาทีที่ 20 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 33.05 ± 5.72 , 32.98 ± 4.48 , 32.95 ± 5.76 , 32.11 ± 5.16 และ 25.08 ± 5.99 ตามลำดับ และแผ่นร้อนที่ใช้เวลาในการต้ม 5 นาที มีอัตราการไหลเวียนเลือดสูงสุดในนาทีที่ 15 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 23.30 ± 5.28

นอกจากนี้ยังพบว่าแผ่นร้อนที่ใช้เวลาในการต้ม 5 และ 10 นาที ทำให้อุณหภูมิและอัตราการไหลเวียนเลือดที่ผิวหนังเพิ่มขึ้นได้น้อยกว่าแผ่นร้อนที่ต้ม 30 นาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ตั้งแต่นาทีที่ 5 จนถึงนาทีที่ 30



รูปที่ 2 อุณหภูมิที่ผิวหนังเมื่อวางแผ่นร้อนที่ใช้ระยะเวลาต้ม 30, 25, 20, 15, 10 และ 5 นาที

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับแผ่นร้อนที่ใช้ระยะเวลาต้ม 30 นาที



รูปที่ 3 อัตราการไหลเวียนเลือดที่ผิวหนังเมื่อวางแผ่นร้อนที่ใช้ระยะเวลาต้ม 30, 25, 20, 15, 10 และ 5 นาที

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับแผ่นร้อนที่ใช้ระยะเวลาต้ม 30 นาที

สรุปและวิจารณ์ผลการศึกษา

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอุณหภูมิของแผ่นร้อนที่ต้มในน้ำที่มีอุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 5, 10, 15, 20 และ 25 นาที เปรียบเทียบกับแผ่นร้อนที่ถูกต้มนาน 30 นาที ซึ่งเป็นเวลามาตรฐานที่ได้มีการแนะนำไว้สำหรับการต้มแผ่นร้อนที่ถูกใช้แล้ว ก่อนนำไปใช้ใหม่^(5, 7)

นอกจากนี้ยังศึกษาการถ่ายเทความร้อนให้กับผิวหนังและการไหลเวียนเลือดที่ผิวหนัง เพื่อหาเวลาที่น้อยที่สุดในการต้มที่ทำให้แผ่นร้อนมีประสิทธิภาพเทียบเท่ากับการต้ม 30 นาที ข้อมูลที่ได้จากการเปรียบเทียบระยะเวลาในการต้มแผ่นร้อนพบว่า การต้ม 5 และ 10 นาที ทำให้อุณหภูมิที่ผิวของแผ่นร้อนต่ำกว่าระยะเวลาการต้มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเฉพาะแผ่นร้อนที่ต้มเพียงแค่ 5 นาทีนั้นมีอุณหภูมิต่ำกว่าแผ่นร้อนที่ต้ม 30 นาที ถึง 3 องศาเซลเซียส แต่ที่ผ่านมายังไม่มีข้อมูลที่สามารถบอกได้ว่าอุณหภูมิของแผ่นร้อนต้องน้อยกว่ากี่องศาเซลเซียสจึงจะมีผลต่อการรักษา เนื่องจากประสิทธิภาพของการรักษาด้วยแผ่นร้อน ไม่ได้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิความร้อนเพียงอย่างเดียว แต่ยังขึ้นอยู่กับปริมาณความร้อนที่สะสมในแผ่นร้อน การถ่ายเทความร้อนให้กับเนื้อเยื่อและระยะเวลาที่เนื้อเยื่อได้รับความร้อนด้วย^(1,9,10) ซึ่งในการศึกษานี้ยังพบว่าแผ่นร้อนที่ต้ม 5 และ 10 นาทีนั้น นอกจากจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าแล้ว ยังทำให้อุณหภูมิและการไหลเวียนเลือดที่ผิวหนังบริเวณช่องของอาสาสมัครน้อยกว่าแผ่นร้อนอันอื่นๆ ด้วย โดยที่ผิวด้านนอกของแผ่นร้อนที่ใช้เวลาในการต้ม 30 นาที มีอุณหภูมิเท่ากับ 67.13 ± 1.40 องศาเซลเซียส ถึงแม้ว่าจะมีอุณหภูมิไม่เท่ากับน้ำในหม้อต้ม (75 องศาเซลเซียส) แต่ค่าที่วัดได้มีความสอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้านี้ที่วัดอุณหภูมิที่ผิวด้านนอกของแผ่นร้อนได้ประมาณ 68 องศาเซลเซียส⁽¹⁰⁾ อาจเป็นเพราะความร้อนที่ผิวผ้าถูกระบายอย่างรวดเร็วเมื่อเจอกับอุณหภูมิห้องที่ต่ำกว่า นอกจากนี้แผ่นร้อนที่ต้มนาน 30 นาที ยังสามารถถ่ายเทความร้อนผ่านผ้าขนหนูและส่งต่อไปกับผิวหนังได้อย่างรวดเร็ว ทำให้อุณหภูมิของผิวหนังเพิ่มขึ้นถึง therapeutic temperature ได้ตั้งแต่นาทีที่ 5 และคงอยู่จนถึงนาทีที่ 30 และมีอัตราการไหลเวียนเลือดเพิ่มขึ้นเกือบ 3 เท่าจากขณะพัก ซึ่งอุณหภูมิระหว่าง 40-45 องศาเซลเซียสนั้น สามารถกระตุ้นให้เกิด hyperemia และมีการไหลเวียนเลือดเพิ่มขึ้นได้⁽⁷⁾

แผ่นร้อนสามารถเก็บกักความร้อนได้สูงและให้ความร้อนได้นานเพราะ silicon dioxide sand ที่อยู่ในแผ่นร้อนมีคุณสมบัติในการดูดซับและเก็บกักความร้อนจากน้ำและสามารถถ่ายเทพลังงานความร้อนให้กับผิวหนังได้อย่างรวดเร็ว จนอาจเกิดการไหม้พองได้หากสัมผัสกับผิวหนังโดยตรง⁽¹³⁾ ดังนั้นจึงต้องห่อผ้าขนหนูเพื่อให้ความร้อนค่อยๆ ถ่ายเทให้กับเนื้อเยื่ออย่างช้าๆ⁽¹⁴⁾ หากแผ่นร้อนมีความร้อนไม่เพียงพอจะทำให้พลังงานความร้อนถูกถ่ายเทหมดไปอย่างรวดเร็วและ

ความร้อนจะลดลงเร็วมากขึ้นเมื่อไม่มีการห่อหุ้มด้วยผ้าโดยทั่วไปจะห่อแผ่นร้อนด้วยผ้าขนหนูประมาณ 6-12 ชั้น⁽⁷⁾ เพื่อช่วยเก็บกักความร้อนและไม่ให้ผิวหนังสัมผัสโดนความร้อนโดยตรง ในการศึกษาชิ้นนี้ แผ่นร้อนจะถูกห่อด้วยผ้าขนหนูจำนวน 8 ชั้น มีความหนาโดยรวมประมาณ 1.5 เซนติเมตร เพื่อป้องกันไม่ให้ความร้อนถูกถ่ายเทออกมามากเกินไป ซึ่งในทางปฏิบัติไม่ควรให้มีอุณหภูมิที่สูงเกินกว่า 45 องศาเซลเซียส เพราะอาจทำอันตรายแก่เนื้อเยื่อได้⁽¹⁾ นอกจากนี้ความสามารถในการถ่ายเทความร้อนและการไหลเวียนเลือดยังขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม ความชื้นของผิวหนัง ความหนาของชั้นไขมันใต้ผิวหนัง อายุ และเพศ⁽¹⁵⁻¹⁷⁾ ดังนั้นในขั้นตอนการทดลอง คณะผู้วิจัยได้ควบคุมอุณหภูมิห้องให้อยู่ที่ 25 ± 2 องศาเซลเซียส และเลือกทำการทดสอบบริเวณน่องของอาสาสมัครเพศชายวัยรุ่น ที่มีดัชนีมวลกายและเปอร์เซ็นต์ไขมันใต้ผิวหนังไม่มาก เพื่อควบคุมปัจจัยดังกล่าว

จากผลการทดลองพบว่า ความร้อนที่เก็บกักอยู่ในแผ่นร้อนถูกถ่ายเทออกมาอย่างรวดเร็วใน 5 นาทีแรกทำให้ผิวหนังมีอุณหภูมิสูงขึ้นอย่างรวดเร็วและคงอยู่ใน therapeutic temperature จนถึง 30 นาที ซึ่งได้ผลการทดลองใกล้เคียงกับการศึกษาก่อนหน้านี้ ที่พบว่าแผ่นร้อนที่ผ่านการต้มในหม้อต้มที่มีอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นานกว่า 30 นาที และห่อด้วยผ้าขนหนู 4 ชั้น ทำให้อุณหภูมิผิวหนังบริเวณน่องเพิ่มขึ้นไปถึง 40 องศาเซลเซียส ภายในเวลา 1-2 นาที และเพิ่มขึ้นสูงสุดที่ 48.2 องศาเซลเซียส ในนาทีที่ 6 ซึ่งอาสาสมัครยังสามารถทนได้และไม่แสดงอาการผิดปกติใดๆ และเมื่อเวลาผ่านไป 30 นาที อุณหภูมิลดลงเหลือ 40.8 องศาเซลเซียส⁽¹⁰⁾ ซึ่งยังอยู่ในช่วงอุณหภูมิที่ใช้ในการรักษาและสอดคล้องกับวิธีการรักษาด้วยแผ่นร้อนที่ต้องทำให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นจนถึงระดับความร้อนที่ 40-45 องศาเซลเซียส และใช้เวลาในการรักษา 15-30 นาที^(1, 6) เนื่องจากสามารถให้ผลของ hyperemia ได้มากถึงร้อยละ 70-80 ซึ่งทำให้เกิดประสิทธิภาพในการรักษาสูงสุด⁽⁹⁾ เพราะความร้อนระดับนี้สามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและเกิดผลของการรักษาขึ้นได้ เช่น ทำให้หลอดเลือดแดงขนาดเล็กที่ผิวหนังขยายตัว เพิ่มการไหลเวียนเลือด ลดปวด และเพิ่มความยืดหยุ่นของเนื้อเยื่อ^(5, 7) แต่แผ่นร้อนที่ใช้เวลาดำ 5 และ 10 นาที ทำให้อุณหภูมิผิวหนังสูงถึง 40 องศาเซลเซียสเพียงช่วงเวลานั้นๆ ซึ่งอาจจะไม่เพียงพอที่จะทำให้เกิดผลการรักษาดังกล่าว

นอกจากอุณหภูมิของผิวหนังแล้วยังพบว่าอัตราการไหลเวียนเลือดมีการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกันกับอุณหภูมิของแผ่นร้อนและระยะเวลาในการต้ม โดยอัตราการไหลเวียนเลือดที่ผิวหนังมีค่าเพิ่มขึ้นสูงสุดในช่วงนาทีที่ 20 ประมาณ 3 เท่าจากขณะพัก และคงอยู่ได้จนถึงนาทีที่ 30 แต่แผ่นร้อนที่ใช้เวลาในการต้ม 5 และ 10 นาที มีอัตราการไหลเวียนเลือดที่ผิวหนังน้อยกว่าแผ่นร้อนที่ใช้เวลาในการต้ม 15, 20, 25 และ 30 นาที อย่างชัดเจน จากการศึกษาของ Okada และคณะ ในปี ค.ศ. 2005 พบว่าการวางแผ่นร้อนแบบเจลที่มีอุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส ทำให้บริเวณผิวหนังมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นได้สูงสุดถึง 41 องศาเซลเซียสภายในเวลา 6-7 นาที และคงที่อยู่นานถึงนาทีที่ 15 อุณหภูมิจึงลดลง และยังพบว่าที่อุณหภูมิ 41 องศาเซลเซียสนี้ สามารถทำให้การไหลเวียนของเลือดที่ชั้นใต้ผิวหนังเพิ่มขึ้นและมีปริมาณ oxygenated hemoglobin เพิ่มขึ้นร้อยละ 10 จากขณะพัก ในขณะที่แผ่นร้อนที่มีอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ทำให้ผิวหนังมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเพียง 35 องศาเซลเซียสและไม่ได้ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของการไหลเวียนเลือด⁽¹⁸⁾ แสดงให้เห็นว่าความสามารถในการเก็บกักความร้อนและปริมาณความร้อนที่ถูกถ่ายเทออกมาจากแผ่นร้อนแปรผันตามระยะเวลาของการต้ม ยิ่งใช้เวลาในการต้มนานจะยิ่งได้อุณหภูมิที่สูงขึ้นและคงอยู่นานมากกว่า โดยแผ่นร้อนที่ใช้เวลาในการต้มตั้งแต่ 15 นาทีขึ้นไปมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับแผ่นร้อนที่ใช้เวลาดำ 30 นาที ทั้งในด้านการเก็บกักความร้อน การถ่ายเทความร้อนและการกระตุ้นให้เกิดการขยายตัวของหลอดเลือดเพื่อเพิ่มการไหลเวียนเลือด ดังนั้นการใช้แผ่นร้อนเพื่อให้ได้ผลการรักษาที่มีประสิทธิภาพจะต้องทำให้แผ่นร้อนดูดซับและเก็บกักความร้อนให้เต็มที่ก่อนนำไปใช้ โดยการต้มในน้ำที่มีอุณหภูมิสูงและใช้เวลาต้มไม่น้อยกว่า 15 นาทีจึงจะมีความร้อนเพียงพอในการรักษาถึงอย่างไรก็ตามการศึกษานี้ เป็นผลการศึกษาเฉพาะผู้ชายวัยรุ่นสุขภาพดี และวัดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและการไหลเวียนเลือดที่บริเวณน่องซึ่งเป็นกล้ามเนื้อใหญ่และมีชั้นไขมันใต้ผิวหนังน้อย หากจะนำไปประยุกต์ใช้กับบริเวณอื่นๆ อาจจะต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมโดยเฉพาะบริเวณที่มีชั้นไขมันเยอะ รวมไปถึงควรทำการศึกษาในผู้สูงอายุและช่วงอายุอื่นๆ

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาครั้งนี้ได้รับการสนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัย จากมหาวิทยาลัยนเรศวรและคณะผู้วิจัยขอขอบคุณอาสาสมัครทุกท่านที่ได้ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

1. Michlovitz SL. Thermal agents in rehabilitation. 3rd ed. Philadelphia: F.A.Davis company, 1996: 107-35.
2. Masuda A, Koga Y, Hattanmaru M, Minagoe S, Tei C. The effects of repeated thermal therapy for patients with chronic pain. *Psychother Psychosom.* 2005; 74: 288-94.
3. Shirado O, Watanabe Y, Kawase M. [Rehabilitation for the patients with low-back pain]. *Clin Calcium.* 2005; 15: 103-8.
4. Funk D, Swank AM, Adams KJ, Treolo D. Efficacy of moist heat pack application over static stretching on hamstring flexibility. *J Strength Cond Res.* 2001; 15: 123-6.
5. Prentice WE. Therapeutic modalities in rehabilitation. 4th ed. New York: McGraw-Hill Medical, 2011: 285-323.
6. Robertson V, Ward A, Low J, Reed A. Electrotherapy explained: principles and practice 4th ed. Edinburgh: Butterworth Heinemann/Elsevier, 2009: 203-11.
7. Hecox B, Weisberg J, Andemicael-Mehreteab T, Sanko J. Integrating physical agents in rehabilitation. 2nd ed. New Jersey: Pearson Education, 2006: 153-65.
8. จริยา บุญหงษ์. เครื่องมือทางกายภาพ. ใน: คู่มือจิตวิทยาคลินิก, วสุวัฒน์ กิตติสมประยูรกุล, บรรณาธิการ. ตำราเวชศาสตร์ฟื้นฟู. กรุงเทพฯ: ไผ่สาคิลป์การพิมพ์, 2552: 51-2.
9. กันยา ปาละวิวัฒน์. การรักษาด้วยเครื่องไฟฟ้าทางกายภาพบำบัด. กรุงเทพฯ: บริษัทสำนักพิมพ์เดอะบุคส์ จำกัด; 2543: 260-94.
10. Tomaszewski D, Dandorph MJ, Manning J. A comparison of skin interface temperature response between the proheat instant reusable hot pack and the standard hydrocollator steam pack. *J Athl Train.* 1992; 27: 355-9.
11. Roeykens H, Van Maele G, Martens L, De Moor R. A two-probe laser doppler flowmetry assessment as an exclusive diagnostic device in a long-term follow-up of traumatised teeth: a case report. *Dental traumatology: official publication of International Association for Dental Traumatology* 2002; 18: 86-91.
12. ดารรัตน์ เบญจบุญญานุภาพ, อาทิตย์ พวงมะลิ, อุบล พิรุณสาร. การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาหลังจากลำดับการรักษาด้วยแผ่นประคบร้อนร่วมกับคลื่นเสียงความถี่สูงบริเวณจุดกดเจ็บชนิดแฝงเร้นของกล้ามเนื้อขา. *วารสารเทคนิคการแพทย์เชียงใหม่* 2557; 47: 61-6.
13. Mun JH, Jeon JH, Jung YJ, Jang KU, Yang HT, Lim HJ, et al. The factors associated with contact burns from therapeutic modalities. *Ann Rehabil Med.* 2012; 36: 688-95.
14. Cameron MH. Physical agents in rehabilitation : from research to practice 4th ed. St. Louis: Saunders/Elsevier, 2009.
15. McLellan K, Petrofsky JS, Bains G, Zimmerman G, Prowse M, Lee S. The effects of skin moisture and subcutaneous fat thickness on the ability of the skin to dissipate heat in young and old subjects, with and without diabetes, at three environmental room temperatures. *Med Eng Phys.* 2009; 31: 165-72.
16. Petrofsky J, Bains G, Prowse M, Gunda S, Berk L, Raju C, et al. Dry heat, moist heat and body fat: are heating modalities really effective in people who are overweight? *J Med Eng Technol.* 2009; 33: 361-9.
17. Petrofsky JS, Lohman E, 3rd, Suh HJ, Garcia J, Anders A, Sutterfield C, et al. The effect of aging on conductive heat exchange in the skin at two

environmental temperatures. Med Sci Monit.
2006; 12: CR400-8.

18. Okada K, Yamaguchi T, Minowa K, Inoue N.
The influence of hot pack therapy on the blood
flow in masseter muscles. J Oral Rehabil. 2005;
32: 480-6.