ผลของการแช่ขาส่วนล่างในน้ำอุ่นต่อความดันโลหิตและภาวะหลอดเลือดแดงแข็งในผู้ป่วยความดันโลหิตสูง: การศึกษานำร่อง

Effects of Lower-Legs Warm-Water Immersion on Blood Pressure and Arterial Stiffness in Hypertensive Patients: a Pilot Study

เสาวนีย์ เหลืองอร่าม (Saowanee Luangaram)[1]* อุดมศักดิ์ ตั้งชัยสุริยา (Udomsak Tangchaisuriya)**
รวยริน ชนาวิรัตน์ (Raoyrin Chanavirut)***

(Received: *June 17, 2022*; Revised: *September 5, 2022*; Accepted: *September 9, 2022*)

บทคัดย่อ

เซลล์บุผนังหลอดเลือดทำงานผิดปกติเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดภาวะหลอดเลือดแดงแข็งในผู้ป่วยความดันโลหิตสูงและนำไปสู่การเกิดโรคเรื้อรังอื่นๆ เนื่องจากการแช่น้ำอุ่นสามารถช่วยให้การทำงานของหลอดเลือดดีขึ้นได้ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลของการแช่น้ำอุ่นต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความดันโลหิตและภาวะหลอดเลือดแดงแข็งในผู้ป่วยความดันโลหิตสูงชนิดปฐมภูมิระดับ 1 เพศหญิง (จำนวน 10 คน) โดยแช่ขาส่วนล่างในน้ำอุ่น 40-42 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที 3 ครั้งต่อสัปดาห์ ติดต่อกัน 8 สัปดาห์ พบว่าความดันโลหิตและดัชนีวัดความแข็งของหลอดเลือดแดงหัวใจ-ข้อเท้า หลังการทดลอง มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.001$) และไม่พบอาการผิดปกติเกิดขึ้น จากข้อมูลที่ได้ สามารถสรุปได้ว่าการแช่ขาส่วนล่างในน้ำอุ่นอาจจะพัฒนาไปเป็นหนึ่งในวิธีการรักษาที่ทำได้ง่ายและมีประสิทธิภาพสำหรับการช่วยให้หลอดเลือดทำงานดีขึ้นได้ในอนาคต

ABSTRACT

Endothelial cell dysfunction causes arterial stiffness in hypertensive patients and contributes to the development of other chronic illnesses. Because warm-water immersion can improve the vascular functions, this study was aimed to evaluate its effect on changes in blood pressure and arterial stiffness in stage 1 hypertensive female patients (n=10). Their lower legs were immersed in 40-42 ℃ warm water for 30 minutes, 3 times/week for 8 weeks. The study shows a statistically significant reduction in blood pressure and cardio-ankle vascular index (CAVI) ($p<0.001$) post intervention, with no adverse effects. According to the findings, it can be concluded that immersion of the lower legs in warm water may become one of the simple and effective treatments for improving vascular function in the future.

คำสำคัญ: การแช่น้ำอุ่น ความดันโลหิตสูง หลอดเลือดแดงแข็ง

Keywords: Warm water immersion, Hypertension, Arterial stiffness

[1]*Corresponding author: saowaneel@nu.ac.th*

**รองศาสตราจารย์ ภาควิชากายภาพบำบัด คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร*

***แพทย์เวชศาสตร์ฉุกเฉิน กลุ่มงานเวชศาสตร์ฉุกเฉิน โรงพยาบาลแพร่*

****ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชากายภาพบำบัด คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น*

บทนำ

โรคความดันโลหิตสูงเป็นปัญหาทางด้านสาธารณสุขที่พบได้บ่อยในผู้สูงอายุและเป็นหนึ่งในสาเหตุที่ทำให้เกิดความเจ็บป่วย พิการ และเสียชีวิตก่อนวัยอันควร เนื่องจากโรคความดันโลหิตสูงเป็นปัจจัยเสี่ยงสำคัญที่ทำให้เกิดโรคหัวใจและหลอดเลือด โรคหลอดเลือดสมอง และโรคไตเรื้อรัง [1] เซลล์บุผนังหลอดเลือด (endothelium) ทำหน้าที่หลักในการควบคุมความตึงตัวและโครงสร้างของหลอดเลือด โดยสร้าง endothelium-derived relaxing factor ที่สำคัญคือ ไนตริกออกไซด์ ซึ่งไม่เพียงเป็นสารที่ทำให้หลอดเลือดขยายตัว ยังช่วยยับยั้งการรวมตัวของเกล็ดเลือดและการขยายตัวของเซลล์กล้ามเนื้อเรียบ ป้องกันไม่ให้เกิดโรคหลอดเลือดแดงแข็งและอุดตันได้ ในผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงมักพบว่าเซลล์บุผนังหลอดเลือดทำงานผิดปกติ (endothelial dysfunction) [2-3] ซึ่งความผิดปกตินี้กระทบต่อการทำงานของไนตริกออกไซด์ และเป็นสาเหตุให้หลอดเลือดหดตัว สูญเสียความยืดหยุ่น และมีความต้านทานการไหลของเลือดเพิ่มขึ้น จนเกิดการไหลของเลือดแบบปั่นป่วน (turbulent flow) และเกิดแรงเครียดเฉือน (shear stress) ต่อเซลล์บุผนังหลอดเลือด ทำให้เซลล์ได้รับบาดเจ็บ อักเสบ หนาตัว เสื่อมสภาพ และเกิดภาวะหลอดเลือดแดงแข็ง (arterial stiffness) [4]

ที่ผ่านมามีการศึกษาที่สนับสนุนว่าการใช้ความร้อนเพื่อการรักษา (heat therapy) ช่วยให้การทำงานของหลอดเลือดดีขึ้น เนื่องจากความร้อนทำให้เกิดการตอบสนองและปรับตัวของหลอดเลือด ทั้งด้านโครงสร้างและหน้าที่การทำงาน เช่น ทำให้หลอดเลือดแดงขนาดเล็กทำงานดีขึ้น ช่วยเพิ่มการไหลของเลือดไปยังกล้ามเนื้อและผิวหนัง ทำให้เซลล์บุผนังหลอดเลือดทำงานดีขึ้น ช่วยเพิ่มการขยายตัวของหลอดเลือด และลดการตีบแข็งของหลอดเลือด เป็นต้น ซึ่งมีส่วนช่วยรักษาและป้องกันการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดได้ [5] ในปัจจุบันมีการศึกษาพบว่าการแช่น้ำอุ่น (warm-water immersion) ที่มีอุณหภูมิระหว่าง 40-42 องศาเซลเซียส ทำให้อุณหภูมิแกนกลางของร่างกายเพิ่มขึ้นและเกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของระบบหัวใจและหลอดเลือด ทำให้การขยายตัวของหลอดเลือดขนาดเล็กและขนาดใหญ่ดีขึ้นทันทีในผู้สูงอายุ [6] ป้องกันการทำงานผิดปกติของหลอดเลือดหลังจากเกิด ischemic-reperfusion injury ในวัยรุ่นสุขภาพดี [7] กระตุ้นการทำงานของหัวใจ ลดความดันโลหิต และเพิ่มการไหลของเลือดในผู้สูงอายุและผู้ที่มีโรคหลอดเลือดส่วนปลาย [8] และเมื่อมีการแช่น้ำร้อนซ้ำหลายครั้ง พบว่าสามารถเพิ่มการทำงานของไนตริกออกไซด์ ทำให้หลอดเลือดขนาดเล็กที่ผิวหนังในวัยรุ่นขยายตัวได้ดีขึ้น [9] และยังเพิ่มการทำงานของเยื่อบุผนังหลอดเลือด ลดภาวะหลอดเลือดแดงแข็ง และลดความดันโลหิตในผู้ที่ไม่ออกกำลังกายได้ [10]

จากผลของการแช่น้ำอุ่นต่อการเพิ่มการทำงานของหลอดเลือดดังที่ได้กล่าวมา ส่วนใหญ่ใช้การแช่ทั้งตัว ให้น้ำสูงถึงระดับเอวหรือถึงระดับอก ซึ่งการแช่ทั้งตัวอาจทำได้ยาก หากแช่แค่บริเวณขาส่วนล่างแล้วได้ผลดีก็จะเป็นวิธีการที่ทำได้ง่ายและสะดวกมากกว่า นอกจากนั้นการแช่น้ำต้องใช้ถังน้ำที่มีระบบทำความร้อนด้วยไฟฟ้าเพื่อควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ ซึ่งมีค่าใช้จ่ายสูง หากสามารถประยุกต์ใช้สิ่งของที่ราคาไม่แพงและทำเองได้ จะยิ่งเพิ่มโอกาสการใช้ความร้อนเพื่อการรักษาได้มากขึ้น ประกอบกับยังไม่เคยมีการศึกษาในผู้หญิงที่เป็นโรคความดันโลหิตสูงระดับ 1 อายุ 40-59 ปี ซึ่งเป็นช่วงอายุที่เซลล์บุผนังหลอดเลือดทำงานผิดปกติมีสาเหตุมาจากความดันโลหิตสูงมากกว่าการเสื่อมสภาพตามวัย จึงเป็นที่มาของการวิจัยครั้งนี้ที่จะศึกษาการเปลี่ยนแปลงของความดันโลหิตและภาวะหลอดเลือดแดงแข็งในผู้ป่วยความดันโลหิตสูงที่ได้รับการแช่ขาส่วนล่างในน้ำอุ่นอุณหภูมิ 40-42 องศาเซลเซียส ในถังน้ำอุ่นที่ประยุกต์มาจากถังพลาสติกเนื้อหนาทนความร้อนหุ้มด้วยฉนวนกันความร้อนชนิดพอลิเอทิลีนโฟมเคลือบเมทัลไรซ์ฟอยล์และคลุมทับด้วยผ้าขนหนู เพื่อป้องกันการถ่ายเทความร้อนออกจากถัง และได้รับการทดสอบแล้วว่าสามารถรักษาอุณหภูมิของน้ำให้อยู่ระหว่าง 40-42 องศาเซลเซียส ได้นานถึง 30 นาที โดยไม่ต้องเติมน้ำร้อนเพิ่มและไม่ต้องมีระบบทำความร้อน [11] โดยมีสมมติฐานว่าการแช่ขาส่วนล่างในน้ำอุ่นสามารถลดความดันโลหิตและภาวะหลอดเลือดแดงแข็งในผู้ป่วยความดันโลหิตสูงได้ ซึ่งผลจากการทดลองนี้จะเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการศึกษาวิจัยต่อไปในอนาคตเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้การแช่ขาส่วนล่างในน้ำอุ่นที่สามารถทำเองได้ที่บ้าน

เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของหลอดเลือดแดงและลดความเสี่ยงต่อภาวะแทรกซ้อนที่อาจจะเกิดขึ้นในผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาการตอบสนองของความดันโลหิตและอัตราการเต้นของหัวใจระหว่างการแช่ขาส่วนล่างในน้ำอุ่นเป็นเวลา 30 นาที ในผู้ป่วยความดันโลหิตสูง

2. เพื่อศึกษาผลของการแช่ขาส่วนล่างในน้ำอุ่น 3 ครั้งต่อสัปดาห์ ติดต่อกัน 8 สัปดาห์ ต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความดันโลหิตและภาวะหลอดเลือดแดงแข็งในผู้ป่วยความดันโลหิตสูง

วิธีการวิจัย

รูปแบบการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research) แบบกลุ่มเดียววัดก่อนและหลังการทดลอง (One-group pretest-posttest design) และเป็นการศึกษานำร่องในอาสาสมัครจำนวน 10 คน โดยการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive sampling) ตามเกณฑ์การคัดเข้า คือ เพศหญิง อายุ 40-59 ปี ได้รับการวินิจฉัยเป็นโรคความดันโลหิตสูงชนิดปฐมภูมิระดับ 1 โดยแพทย์ประจำตัวและมีประวัติการรักษาด้วยยาลดความดันโลหิต โดยมีหลักฐานเป็นใบนัดตรวจและยาประจำตัว ตรวจวัดความแข็งของหลอดเลือดแดงด้วยดัชนีวัดความแข็งของหลอดเลือดแดงหัวใจ-ข้อเท้า (Cardio Ankle Vascular Index; CAVI) มีค่ามากกว่า 8 [12] ไม่มีความผิดปกติบริเวณขาหรือเท้าทั้งลักษณะภายนอกและการรับความรู้สึก ไม่มีข้อห้ามในการแช่น้ำอุ่น และไม่สูบบุหรี่ การวิจัยนี้ได้รับการรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์จากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร (IRB No. P3-0040/2563)

วิธีการทดลอง

คัดกรองอาสาสมัคร ด้วยแบบสอบถามข้อมูลทั่วไป ข้อมูลเกี่ยวกับโรคความดันโลหิตสูง และประวัติสุขภาพอื่นๆ ทดสอบการรับความรู้สึกร้อน-เย็นบริเวณขาและเท้าด้วยหลอดแก้วใส่น้ำร้อนและน้ำเย็น วัดความดันโลหิตและอัตราการเต้นของหัวใจด้วยเครื่องวัดความดันโลหิตและอัตราการเต้นของหัวใจแบบอัตโนมัติ (PVM-2701, Nihon Kohden, Tokyo, Japan) และตรวจประเมินภาวะหลอดเลือดแดงแข็งจากค่า CAVI ด้วยเครื่อง VaSera system (VS-1500N, Fukuda Denshi, Tokyo, Japan) เป็นข้อมูลก่อนการทดลอง

ให้อาสาสมัครเปลี่ยนใส่กางเกงขาสั้นเหนือเข่า ล้างทำความสะอาดขาและเท้า แล้วเช็ดให้แห้ง นั่งพักบนเก้าอี้ในห้องที่ควบคุมอุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียสและความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 40-50 เป็นเวลาอย่างน้อย 5 นาที วัดความดันโลหิตและอัตราการเต้นของหัวใจก่อนการแช่ขา เตรียมถังน้ำบรรจุน้ำอุ่น 42±0.5 องศาเซลเซียส โดยใช้ถังพลาสติกเนื้อหนาทนความร้อน หุ้มด้วยแผ่นฉนวนกันความร้อนพอลิเอทิลีนโฟมและผ้าขนหนู และติดหัววัดอุณหภูมิของเทอร์โมมิเตอร์แบบดิจิตัลไว้ภายในถังน้ำเพื่อใช้ตรวจสอบอุณหภูมิของน้ำในระหว่างการทดลอง [11] ให้อาสาสมัครนั่งบนเก้าอี้ที่มีพนักพิงหลัง แล้วจุ่มขาทั้ง 2 ข้างลงไปในถังน้ำอุ่น ให้ระดับน้ำสูงถึงใต้กระดูกสะบ้า คลุมต้นขาและปากถังน้ำให้มิดชิดด้วยผ้าขนหนูขนาดใหญ่ 2 ผืน เพื่อป้องกันการถ่ายเทความร้อนออกจากถังน้ำร้อน เฉพาะการทดลองครั้งแรก จะพัน cuff วัดความดันโลหิตค้างไว้ที่ต้นแขนข้างซ้าย เพื่อกดเครื่องวัดความดันโลหิตและอัตราการเต้นของหัวใจในนาทีที่ 0, 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 เพื่อศึกษาการตอบสนองของความดันโลหิตและอัตราการเต้นของหัวใจระหว่างการแช่ขาส่วนล่างในน้ำอุ่นเป็นเวลา 30 นาที ตลอดการทดลองจะมีการตรวจสอบอุณหภูมิของน้ำที่วัดได้จากเทอร์โมมิเตอร์แบบดิจิตัลทุก ๆ 5 นาที

เพื่อให้ทราบว่าอุณหภูมิของน้ำจะไม่น้อยกว่า 40 องศาเซลเซียส เมื่อครบ 30 นาที ให้อาสาสมัครเอาขาออกจากถังน้ำ เช็ดขาด้วยผ้าขนหนูให้แห้ง แล้วนั่งพักเป็นเวลา 5 นาที วัดความดันโลหิตและอัตราการเต้นของหัวใจ สอบถามอาการผิดปกติอื่น ๆ และตรวจสอบผิวหนังบริเวณที่แช่น้ำ เพื่อประเมินการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับอาสาสมัคร จากนั้นนัดอาสาสมัครมาทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้งต่อสัปดาห์ ติดต่อกัน 8 สัปดาห์ [13] หลังการแช่ขาครั้งสุดท้าย 1 วัน อาสาสมัครจะถูกวัดความดันโลหิต อัตราการเต้นของหัวใจ และ CAVI เป็นข้อมูลหลังการทดลอง เพื่อป้องกันการรบกวนจากผลของช่วงเวลา ผู้วิจัยจึงกำหนดเวลาในการเก็บข้อมูลไว้ที่ระหว่าง 12.00 -14.00 น.

การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลของอาสาสมัครถูกนำเสนอเป็นค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean ± SD) และทดสอบการกระจายตัวของข้อมูลโดยใช้ Shapiro-wilk test พบว่าข้อมูลความดันโลหิต อัตราการเต้นของหัวใจ และค่า CAVI มีการกระจายตัวปกติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความดันโลหิตและอัตราการเต้นของหัวใจทุก ๆ 5 นาทีเป็นเวลา 30 นาที ด้วยสถิติ one-way repeated measure ANOVA with Tukey post hoc test และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของข้อมูลก่อนและหลังการทดลอง ด้วยสถิติ paired t-test โดยกำหนดนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.05$

ผลการวิจัย

อาสาสมัครเพศหญิงจำนวน 10 คน ผ่านการคัดกรองตามเกณฑ์การคัดเข้า ข้อมูลทั่วไปแสดงในตารางที่ 1 ในระหว่างการทดลอง อุณหภูมิของน้ำในถังจะต้องไม่ต่ำกว่า 40 องศาเซลเซียส ซึ่งจากการบันทึกค่าอุณหภูมิของน้ำตลอดการศึกษาครั้งนี้พบว่า ถังน้ำที่ใช้นั้นสามารถรักษาอุณหภูมิของน้ำไว้ได้ในช่วง 40-42 องศาเซลเซียส ตลอดการทดลอง โดยอุณหภูมิของน้ำมีค่าเริ่มต้นที่ 42.1-42.5 องศาเซลเซียส และในนาทีที่ 30 มีค่าระหว่าง 40.1-41.4 องศาเซลเซียส

การตอบสนองของความดันโลหิตและอัตราการเต้นของหัวใจในระหว่างการแช่ขาส่วนล่างในน้ำอุ่น

ในครั้งแรกของการแช่ขาในถังน้ำอุ่น ทำการวัดความดันโลหิตและอัตราการเต้นของหัวใจของอาสาสมัครทุก ๆ 5 นาที จนถึงนาทีที่ 30 พบว่าความดันซิสโตลิกมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับนาทีที่ 0 ($p<0.001$) โดยนาทีที่ 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 มีค่าลดลง 12.10, 15.50, 15.20, 14.80, 17.30 และ 16.10 มิลลิเมตรปรอท ตามลำดับ และความดันไดแอสโตลิกมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับนาทีที่ 0 ในนาทีที่ 20 ($p=0.020$) และนาทีที่ 30 ($p=0.007$) โดยมีค่าลดลง 6.80 และ 7.50 มิลลิเมตรปรอท ตามลำดับ (ภาพที่ 1) ในขณะที่อัตราการเต้นของหัวใจไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.210$) ดังแสดงในภาพที่ 2 จากการสอบถามความรู้สึกในขณะแช่ขาพบว่า อาสาสมัครจะรู้สึกร้อนมากในช่วงแรก หลังจากนั้นจะรู้สึกร้อนน้อยลง และไม่มีความผิดปกติใด ๆ เกิดขึ้น เช่น แสบร้อน หน้ามืด วิงเวียนศรีษะ หรือเหงื่อออกมาก หลังจากการแช่ขาเป็นเวลา 30 นาที พบว่าผิวหนังบริเวณขาส่วนล่างที่แช่ในถังน้ำอุ่นมีสีแดงขึ้นเล็กน้อย ซึ่งเกิดจากการขยายตัวของหลอดเลือดฝอยบริเวณผิวหนังตอบสนองต่อความร้อน

ผลของการแช่ขาส่วนล่างในน้ำอุ่น 3 ครั้งต่อสัปดาห์ ติดต่อกัน 8 สัปดาห์

หลังจากอาสาสมัครได้แช่ขาส่วนล่างในน้ำอุ่นติดต่อกัน 8 สัปดาห์ พบว่าความดันโลหิตและ CAVI ทั้งข้างซ้ายและข้างขวามีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับก่อนการทดลอง ($p<0.001$) แต่อัตราการเต้นของหัวใจไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.052$) ดังแสดงในตารางที่ 2 นอกจากนี้ยังไม่พบลักษณะผิดปกติ เช่น อาการชา แสบร้อน ผิวหนังพุพอง เป็นผื่นแดง คัน หรืออักเสบ เกิดขึ้นภายหลังการแช่ขาตลอดการทดลอง

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

เซลล์บุผนังหลอดเลือดมีบทบาทสำคัญมากในการควบคุมการทำงานของหลอดเลือด เมื่อเกิดความผิดปกติขึ้นกับเซลล์บุผนังหลอดเลือดจะทำให้ขาดสมดุลระหว่างกลไกการหดและคลายตัวของหลอดเลือด (endothelium-dependent vasodilation and vasoconstriction) ซึ่งเป็นผลที่ตามมาจากความผิดปกติของไนตริกออกไซด์ ทั้งปริมาณที่ลดลง การทำงานไม่มีประสิทธิภาพ และการถูกยับยั้งจากสารตัวอื่น [2] การทำงานผิดปกติของเซลล์บุผนังหลอดเลือดในผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้ความดันโลหิตเพิ่มขึ้นและเมื่อความดันโลหิตเพิ่มสูงอย่างเรื้อรังก็จะยิ่งทำให้เซลล์บุผนังหลอดเลือดถูกทำลายมากขึ้นเรื่อยๆ จนเกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างและหน้าที่การทำงานของหลอดเลือด นำไปสู่ภาวะหลอดเลือดแดงแข็งและการเกิดพยาธิสภาพกับอวัยวะส่วนอื่น [3-4] ที่ผ่านมามีการศึกษาพบว่าความร้อน (passive heat therapy) สามารถกระตุ้นการทำงานของระบบหัวใจและหลอดเลือดได้ [14-15] จึงถูกนำมาศึกษาวิจัยเพื่อพัฒนาไปสู่การนำไปใช้ประโยชน์กันอย่างกว้างขวาง โดยเฉพาะการช่วยให้หลอดเลือดทำงานดีขึ้น

การตอบสนองของความดันโลหิตและอัตราการเต้นของหัวใจในระหว่างการแช่ขาส่วนล่างในน้ำอุ่น

การแช่ขาส่วนล่างในน้ำอุ่นที่มีอุณหภูมิระหว่าง 40-42 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ทำให้ความดันโลหิตลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง 5 นาทีแรก และมีการเปลี่ยนแปลงอีกเล็กน้อยไปจนถึงนาทีที่ 30 โดยพบว่าความดันซิสโตลิกมีค่าลดลงจากนาทีที่ 0 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตั้งแต่นาทีที่ 5 จนถึงนาทีที่ 30 ซึ่งมีค่าลดลงประมาณ 16 มิลลิเมตรปรอท ในขณะที่ความดันไดแอสโตลิกลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในนาทีที่ 20 และ 30 ประมาณ 7 มิลลิเมตรปรอท สำหรับอัตราการเต้นของหัวใจนั้นมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก โดยมีค่าลดลงประมาณ 2 ครั้งต่อนาที ซึ่งผลของความร้อนจากน้ำอาจจะทำให้อุณหภูมิแกนของร่างกายเพิ่มสูงขึ้นแล้วส่งผลให้หลอดเลือดส่วนปลายเกิดการคลายตัวและลดแรงต้านต่อการบีบตัวของหัวใจ จึงทำให้ค่าความดันซิสโตลิกลดลง ในขณะที่ผลของความร้อนอาจจะไม่มากพอที่จะกระตุ้นให้หัวใจบีบตัวเร็วขึ้น ค่าความดันไดแอสโตลิกและอัตราการเต้นของหัวใจจึงเปลี่ยนแปลงไม่มาก [5] ซึ่งต่างจากจากการศึกษาก่อนหน้านี้ของ Shin และคณะ ที่พบว่าผู้ป่วยความดันโลหิตสูง อายุระหว่าง 43-76 ปี ที่มีการรับประทานยาลดความดันโลหิต มีค่าความดันซิสโตลิกและความดันไดแอสโตลิกลดลงทันทีเฉลี่ย 26.3 และ 25.3 มิลลิเมตรปรอท ตามลำดับ หลังจากแช่ทั้งตัวในอ่างน้ำอุ่น 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที และเมื่อขึ้นจากอ่างน้ำอุ่นมานั่งพัก ความดันโลหิตสามารถกลับสู่ค่าเริ่มต้นได้ภายใน 10 นาที นอกจากนี้ยังพบว่าอัตราการเต้นของหัวใจมีค่าเพิ่มขึ้นเพียง 5 ครั้งต่อนาที และไม่พบอาการไม่พึงประสงค์ เช่น วิงเวียนศรีษะ เจ็บหน้าอก หรือใจสั่น ซึ่งทั้งค่าความดันโลหิตและอัตราการเต้นของหัวใจที่เปลี่ยนแปลงนี้มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับผู้ที่ไม่เป็นโรคความดันโลหิตสูง การศึกษานี้จึงสรุปว่าการแช่ตัวในอ่างน้ำอุ่น 40 องศาเซลเซียส มีความปลอดภัย สามารถแนะนำให้ผู้ป่วยความดันโลหิตสูงแช่ตัวในอ่างน้ำร้อนได้ [16] ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยใช้อุณหภูมิที่ 40-42 องศาเซลเซียส และให้แช่นาน 30 นาที แต่เป็นการแช่เพียงขาส่วนล่าง การตอบสนองของความดันโลหิตและอัตราการเต้นของหัวใจจึงเกิดขึ้นไม่มากเหมือนกับการแช่ทั้งตัวและใช้เวลานาน [6-7]

การลดลงของความดันโลหิตเป็นการตอบสนองของร่างกายต่อความร้อนจากน้ำอุ่นที่ทำให้อุณหภูมิแกนของร่างกาย (core temperature) เพิ่มขึ้น ซึ่งการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิแกนในช่วงแคบ ๆ เพียง 0.3 องศาเซลเซียส จะเริ่มกระตุ้นกลไกการควบคุมอุณหภูมิภายในร่างกาย (thermoregulation) ทำให้เกิดการตอบสนองด้วยการขยายตัวของหลอดเลือดที่ผิวหนัง (cutaneous vasodilation) และการหลั่งเหงื่อ (sweating) [15] เมื่อหลอดเลือดส่วนปลายคลายตัวส่งผลให้ความต้านทานของหลอดเลือดลดลงและลดความดันโลหิตได้ การเพิ่มการทำงานของระบบประสาทซิมพาเทติกเป็นหนึ่งในกลไกที่สำคัญในการตอบสนองของร่างกายต่อความร้อน ซึ่งมีบทบาทในการควบคุมทั้งการหลั่งเหงื่อและการไหลของเลือด โดยผ่านการทำงานของ acetylcholine และสารสื่อประสาทอื่น ๆ ไปกระตุ้นให้หลอดเลือดที่ผิวหนังเกิด

การคลายตัว [5] การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิแกนจึงเป็นปัจจัยที่ส่งผลโดยตรงต่อการตอบสนองของหัวใจและหลอดเลือด โดยเฉพาะการไหลของเลือด ดังเช่นการศึกษาในวัยรุ่นเพศชายของ Wijayanto และคณะ ที่พบว่าการแช่ขาส่วนล่างในน้ำอุ่น 42 องศาเซลเซียส ทำให้อุณหภูมิแกนจากค่าเริ่มต้น 37.3 องศาเซลเซียส เพิ่มขึ้นเป็น 37.5 และ 37.6 องศาเซลเซียส ในนาทีที่ 30 และ 60 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่าอุณหภูมิแกนมีค่าเพิ่มขึ้นเพียง 0.2-0.3 องศาเซลเซียส เท่านั้น นอกจากจะทำให้อัตราการหลั่งเหงื่อเพิ่มขึ้นแล้ว ยังทำให้การไหลของเลือดที่ผิวหนัง (skin blood flow) บริเวณต้นขาเพิ่มขึ้นร้อยละ 250 และค่อนข้างคงที่ตั้งแต่นาทีที่ 30 จนถึงนาทีที่ 60 [17] ถึงแม้ว่าในการศึกษาครั้งนี้จะไม่ได้ประเมินการเปลี่ยนแปลงการไหลของเลือด แต่มีการศึกษาก่อนหน้านี้บ่งบอกว่าผู้ป่วยโรคหลอดเลือดส่วนปลาย (peripheral arterial disease) ที่แช่น้ำอุ่นอุณหภูมิเฉลี่ย 42.1±0.6 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที มีการไหลเวียนเลือดที่บริเวณขาส่วนล่างและความเค้นเฉือน (shear stress) เพิ่มขึ้น และยังพบว่าความดันเลือดแดงเฉลี่ยและอัตราการเต้นของหัวใจลดลง [8] นอกจากนี้ยังมีการศึกษาของ Hu และคณะ ที่พบว่าการแช่ขาในน้ำอุ่น 41-43 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ไม่ได้ทำให้ความดันโลหิตและอัตราการเต้นของหัวใจของผู้สูงอายุเพศหญิงที่มีสุขภาพดีเปลี่ยนแปลง แต่ทำให้การไหลของเลือดดีขึ้น จากที่พบการลดลงของค่าดัชนีวัดความแข็งของหลอดเลือดแดงหัวใจ-ข้อเท้า (CAVI) แสดงว่าการแช่ขาในน้ำอุ่นเพียง 1 ครั้ง สามารถลดภาวะหลอดเลือดแดงแข็ง (arterial stiffness) ได้ทันที [18]

การแช่น้ำอุ่นทำให้การขยายตัวของหลอดเลือดทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่ (macro- and microvascular dilator function) ดีขึ้นได้ทันที โดยเฉพาะในผู้สูงอายุที่มีแนวโน้มของภาวะหลอดเลือดแข็ง [6] ซึ่งอธิบายได้จากกลไก shear stress-dependent mechanism โดยที่ความร้อนทำให้การไหลของเลือดส่วนปลายและความเค้นเฉือนเพิ่มขึ้นอย่างมาก ซึ่งความเค้นเฉือนที่เพิ่มขึ้นนี้จะกระตุ้นตัวรับ mechanoreceptor ที่ผนังหลอดเลือด [19] ร่วมกับกระตุ้นการทำงานของ shear-activated ion channel เช่น inwardly-rectifying potassium channels และ Na^+-K^+-ATPase [20] ทำให้การสร้างและการทำงานของไนตริกออกไซด์ (NO bioavailability) เพิ่มขึ้นและส่งผลให้หลอดเลือดมีการคลายตัวมากขึ้น จากการศึกษาล่าสุดของ McGarity-Shipley และคณะ ยังช่วยสนับสนุนว่าระบบไหลเวียนเลือดขนาดเล็ก (microcirculation) ในกล้ามเนื้อลายของผู้สูงอายุ ตอบสนองต่อความร้อนด้วยการเพิ่มการไหลเวียนเลือดมายังบริเวณที่ได้รับความร้อนนั้น (hyperemic response) โดยผ่านกลไกทั้ง endothelial-dependent และ endothelial-independent vasodilation [21]

ผลของการแช่ขาส่วนล่างในน้ำอุ่น 3 ครั้งต่อสัปดาห์ ติดต่อกัน 8 สัปดาห์

ค่าดัชนีวัดความแข็งของหลอดเลือดแดงหัวใจ-ข้อเท้า หรือค่า CAVI นิยมนำมาใช้เป็นตัวคัดกรองภาวะหลอดเลือดแดงแข็งหรือหลอดเลือดแดงเสียความยืดหยุ่น และที่สำคัญคือค่า CAVI ไม่ขึ้นอยู่กับความดันโลหิต ถึงแม้ว่าความดันโลหิตจะเปลี่ยนแปลงก็จะไม่ส่งผลกระทบต่อค่าที่วัดได้ ถ้าผลการตรวจค่า CAVI น้อยกว่า 8 แสดงว่าหลอดเลือดแดงปกติ ค่า CAVI ระหว่าง 8-9 แสดงว่ามีภาวะเสี่ยงต่อการเกิดหลอดเลือดแดงแข็ง และค่า CAVI มากกว่า 9 แสดงว่ามีภาวะหลอดเลือดแดงแข็ง [12] ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้คณะผู้วิจัยจึงกำหนดเกณฑ์คัดเข้าที่ค่า CAVI มากกว่า 8 เพื่อให้ได้อาสาสมัครความดันโลหิตสูงที่มีความผิดปกติของหลอดเลือดร่วมด้วย [22] และผลการศึกษาก็ชี้ให้เห็นว่าการแช่ขาส่วนล่างในน้ำอุ่น 40-42 องศาเซลเซียส ติดต่อกัน 8 สัปดาห์ ช่วยให้หลอดเลือดทำงานดีขึ้น สามารถลดความดันโลหิตและค่า CAVI ทั้งข้างซ้ายและข้างขวาได้ โดยที่อาสาสมัครส่วนใหญ่มีค่า CAVI ลดลงเหลือน้อยกว่า 8 แสดงว่าหลอดเลือดแดงกลับไปมีความยืดหยุ่นเป็นปกติ คล้ายคลึงกับการศึกษาของ Brunt และคณะ ในปี ค.ศ.2016 ที่ศึกษาผลของแช่น้ำอุ่นอุณหภูมิ 40.5 องศาเซลเซียส นาน 60 นาที 4-5 ครั้งต่อสัปดาห์ ติดต่อกัน 8 สัปดาห์ พบว่าช่วยให้การขยายตัวของหลอดเลือดดีขึ้น การแข็งตัวของหลอดเลือดลดลง และลดความหนาของผนังหลอดเลือดแดงที่คอ (carotid intima media thickness) ซึ่งส่งผลให้ค่าความเร็วคลื่นชีพจรที่ผ่านหลอดเลือด (pulse wave velocity) และค่าเฉลี่ยความดันภายในหลอดเลือดแดง

(mean arterial pressure) ลดลง [9-10] การที่หลอดเลือดแดงมีความยืดหยุ่นดีขึ้นหลังจากแช่ขาในน้ำร้อน อาจเกิดจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างและการทำงานของหลอดเลือด ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อการลดความดันโลหิต แต่อาจจะไม่ส่งผลต่อการทำงานของหัวใจ หรืออาจเป็นเพราะอัตราการเต้นของหัวใจของอาสาสมัครอยู่ในช่วงของค่าปกติ จึงทำให้ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของอัตราการเต้นของหัวใจในการศึกษาครั้งนี้

ภาวะหลอดเลือดแดงแข็งขึ้นอยู่กับปัจจัยทางกายวิภาคศาสตร์ของหลอดเลือด (anatomical component) เช่น อิลาสติน คอลลาเจน แคลเซียม และสาร advanced-glycation end-product ร่วมกับปัจจัยทางสรีรวิทยา (physiological component) เช่น สารที่ทำหน้าที่ขยายหลอดเลือด ระบบประสาทซิมพาเทติก ความดันโลหิต และความหนืดของเลือด เป็นต้น [4] จากการศึกษาที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่าการรักษาด้วยความร้อนสามารถกระตุ้นการทำงานของหลอดเลือดได้โดยผ่านกลไกต่างๆ ดังที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น นอกจากการตอบสนองของหลอดเลือดที่เกิดขึ้นทันทีแล้ว การแช่น้ำอุ่นซ้ำ ๆ ยังส่งผลให้เกิดการปรับตัวทำให้การทำงานของหลอดเลือดขนาดเล็กและการทำงานของเซลล์บุผนังหลอดเลือดดีขึ้นได้ [23] นอกจากนั้นยังทำให้มีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง ลดการหนาตัวของผนังหลอดเลือดและลดภาวะหลอดเลือดแข็งได้ [5, 14] จากข้อมูลการวิจัยที่มีมาก่อนหน้านี้อาจจะอธิบายได้ว่าการแช่ขาส่วนล่างเป็นเวลา 30 นาที ในถังน้ำอุ่น 40-42 องศาเซลเซียส 3 ครั้งต่อสัปดาห์ ติดต่อกัน 8 สัปดาห์ ช่วยปรับการทำงานที่ผิดปกติของเซลล์บุผนังหลอดเลือดในผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงให้ดีขึ้น กระตุ้นการสร้างและการทำงานของไนตริกออกไซด์ ทำให้กลไกการหดและคลายตัวของหลอดเลือดมีความสมดุลมากขึ้น นอกจากนั้นยังอาจเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของหลอดเลือด ลดการหนาตัวของผนังหลอดเลือด และความแข็งของหลอดเลือดแดงได้ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้ล้วนเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่เป็นโรคความดันโลหิตสูง ทั้งในด้านการลดความดันโลหิต ชะลอการดำเนินของโรค และลดความเสี่ยงต่อการเกิดพยาธิสภาพกับอวัยวะส่วนอื่นที่เป็นผลมาจากความดันโลหิตสูง ถึงแม้ว่าในทางทฤษฎีจะกล่าวว่าการให้รับความร้อนทั่วร่างกาย (systemic heat) จะทำให้เกิดการตอบสนองที่มากกว่าการให้ความร้อนเฉพาะที่ (local heat) ประกอบกับจากการวิจัยที่ผ่านมาพบว่าการแช่น้ำอุ่นทั้งตัวจะทำให้อุณหภูมิแกนเพิ่มขึ้นได้มากกว่าการแช่บางส่วน ซึ่งจะให้ผลของการรักษาที่ดีกว่า แต่ในทางปฏิบัตินั้นการแช่น้ำอุ่นทั้งตัวยังไม่ค่อยสะดวกมากนัก ดังนั้นการแช่เฉพาะส่วนขาจึงเป็นทางเลือกที่ง่ายและสะดวกมากกว่า

ข้อจำกัดและเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษานำร่อง จึงมีจำนวนอาสาสมัครน้อย ควรเพิ่มขนาดกลุ่มตัวอย่าง แบ่งตามระดับความรุนแรงของโรคหรือความผิดปกติของหลอดเลือด และควรมีการประเมินการทำงานและโครงสร้างของหลอดเลือดโดยตรง เช่น การไหลของเลือดและความหนาของผนังหลอดเลือด นอกจากนี้รูปแบบการศึกษาไม่มีกลุ่มควบคุม ซึ่งอาจมีปัจจัยรบกวน ทำให้ผลการศึกษายังไม่สามารถตอบได้อย่างชัดเจน จึงควรเพิ่มการศึกษาในกลุ่มควบคุม

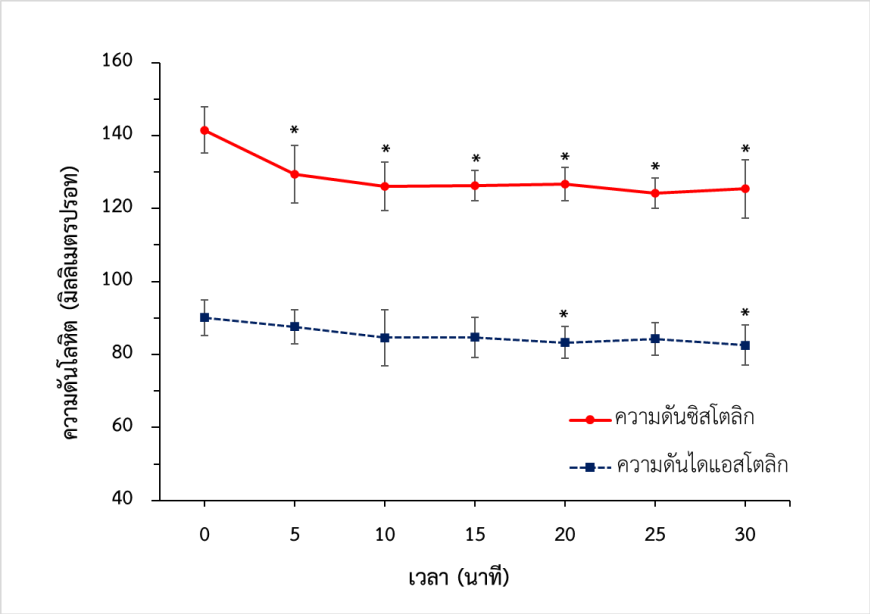
กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณอาสาสมัครทุกท่านที่กรุณาสละเวลาเข้าร่วมโครงการวิจัยและขอขอบคุณคณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ได้ให้การสนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัยในครั้งนี้

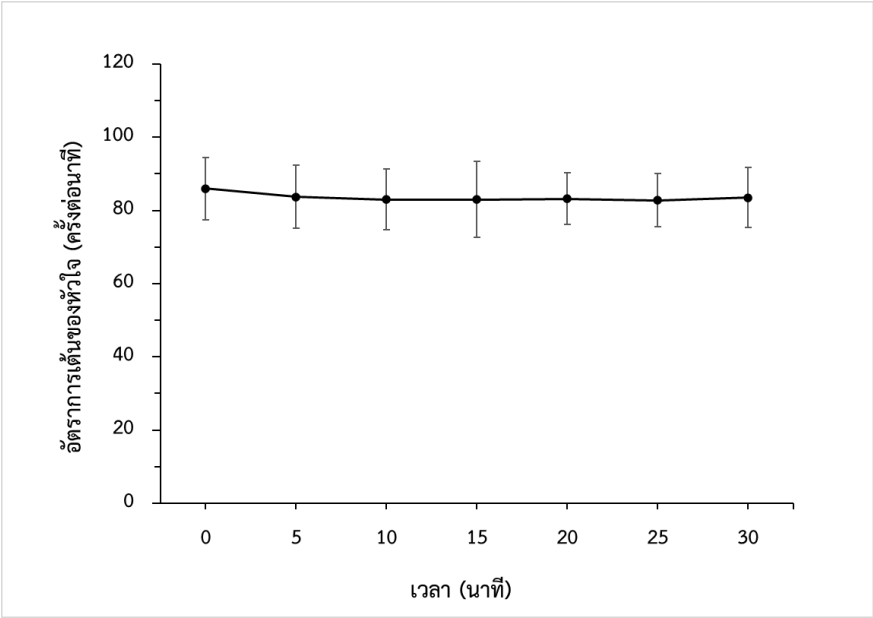
เอกสารอ้างอิง

1. NCD Risk Factor Collaboration. Worldwide trends in hypertension prevalence and progress in treatment and control from 1990 to 2019: a pooled analysis of 1201 population-representative studies with 104 million participants. Lancet. 2021; 398(10304): 957-980.
2. Mordi I, Mordi N, Delles C, Tzemos N. Endothelial dysfunction in human essential hypertension. J Hypertens. 2016; 34(8): 1464-1472.
3. Taddei S, Virdis A, Ghiadoni L, Sudano I, Salvetti A. Endothelial dysfunction in hypertension. J Cardiovasc Pharmacol. 2001; 38 Suppl 2: S11-4.
4. Avolio A. Arterial Stiffness. Pulse. 2013; 1(1): 14-28.
5. Cheng JL, MacDonald MJ. Effect of heat stress on vascular outcomes in humans. J Appl Physiol. 2019; 126(3): 771-781.
6. Romero SA, Gagnon D, Adams AN, Cramer MN, Kouda K, Crandall CG. Acute limb heating improves macro- and microvascular dilator function in the leg of aged humans. Am J Physiol Heart Circ Physiol. 2017; 312(1): H89-H97.
7. Brunt VE, Jeckell AT, Ely BR, Howard MJ, Thijssen DH, Minson CT. Acute hot water immersion is protective against impaired vascular function following forearm ischemia-reperfusion in young healthy humans. Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol. 2016; 311(6): R1060-R7.
8. Thomas KN, van Rij AM, Lucas SJ, Cotter JD. Lower-limb hot-water immersion acutely induces beneficial hemodynamic and cardiovascular responses in peripheral arterial disease and healthy, elderly controls. Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol. 2017; 312(3): R281-R91.
9. Brunt VE, Eymann TM, Francisco MA, Howard MJ, Minson CT. Passive heat therapy improves cutaneous microvascular function in sedentary humans via improved nitric oxide-dependent dilation. J Appl Physiol. 2016; 121(3): 716-723.
10. Brunt VE, Howard MJ, Francisco MA, Ely BR, Minson CT. Passive heat therapy improves endothelial function, arterial stiffness and blood pressure in sedentary humans. J Physiol. 2016; 594(18): 5329-5342.
11. Seedanoot N, Promkasikorn P, Paksanont P. Study of water temperature in a simple hot water bucket [BSc thesis]. Phitsanulok: Naresuan university; 2020. Thai.
12. Sun CK. Cardio-ankle vascular index (CAVI) as an indicator of arterial stiffness. Integr Blood Press Control. 2013; 6: 27-38.
13. Carter HH, Spence AL, Atkinson CL, Pugh CJ, Naylor LH, Green DJ. Repeated core temperature elevation induces conduit artery adaptation in humans. Eur J Appl Physiol. 2014; 114(4): 859-65.
14. Brunt VE, Minson CT. Heat therapy: mechanistic underpinnings and applications to cardiovascular health. J Appl Physiol. 2021; 130(6): 1684-16704.
15. Crandall CG, Wilson TE. Human cardiovascular responses to passive heat stress. Compr Physiol. 2015; 5(1): 17-43.

16. Shin TW, Wilson M, Wilson TW. Are hot tubs safe for people with treated hypertension? CMAJ. 2003; 169(12): 1265-1268.
17. Wijayanto T, Wakabayashi H, Lee JY, Hashiguchi N, Saat M, Tochihara Y. Comparison of thermoregulatory responses to heat between Malaysian and Japanese males during leg immersion. Int J Biometeorol. 2011; 55(4): 491-500.
18. Hu Q, Zhu W, Zhu Y, Zheng L, Hughson RL. Acute effects of warm footbath on arterial stiffness in healthy young and older women. Eur J Appl Physiol. 2012; 112(4): 1261-1268.
19. Laughlin MH, Newcomer SC, Bender SB. Importance of hemodynamic forces as signals for exercise-induced changes in endothelial cell phenotype. J Appl Physiol. 2008; 104(3): 588-600.
20. Johnson BD, Mather KJ, Wallace JP. Mechanotransduction of shear in the endothelium: basic studies and clinical implications. Vasc Med. 2011; 16(5): 365-377.
21. McGarity-Shipley EC, Schmitter SM, Williams JS, King TJ, McPhee IAC, Pyke KE. The impact of repeated, local heating-induced increases in blood flow on lower limb endothelial function in young, healthy females. Eur J Appl Physiol. 2021; 121(11): 3017-3030.
22. Hayashi K, Yamamoto T, Takahara A, Shirai K. Clinical assessment of arterial stiffness with cardio-ankle vascular index: theory and applications. J Hypertens. 2015; 33(9): 1742-57; discussion 57.
23. Naylor LH, Carter H, FitzSimons MG, Cable NT, Thijssen DH, Green DJ. Repeated increases in blood flow, independent of exercise, enhance conduit artery vasodilator function in humans. Am J Physiol Heart Circ Physiol. 2011; 300(2): H664-9.



ภาพที่ 1 แสดงการตอบสนองของความดันโลหิตในระหว่างการแช่ขาส่วนล่างในน้ำอุ่น
* $p<0.05$ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับนาทีที่ 0



ภาพที่ 2 แสดงการตอบสนองของอัตราการเต้นของหัวใจในระหว่างการแช่ขาส่วนล่างในน้ำอุ่น

ตารางที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานของอาสาสมัคร (n=10)

ข้อมูลทั่วไป	
อายุ (ปี)	50.50 ± 4.79
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	67.60 ± 10.76
ส่วนสูง (เมตร)	1.58 ± 0.05
ดัชนีมวลกาย (กิโลกรัมต่อตารางเมตร)	26.95 ± 3.65
ระยะเวลาที่ได้รับการรักษาโรค (คน)	
น้อยกว่า 2 ปี	2
ระหว่าง 2-4 ปี	5
มากกว่า 4 ปี แต่ไม่เกิน 6 ปี	3
ยารักษาโรคความดันโลหิตสูง (คน)*	
hydrochlorothiazide	5
atenolol	3
propranolol	2
amlodipine	2
enalapril	3
losartan	2

* หมายเหตุ อาสาสมัครบางรายได้รับยามากกว่า 1 ชนิด

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลก่อนและหลังการแช่ขาส่วนล่างในถังน้ำอุ่นเป็นเวลา 8 สัปดาห์

ข้อมูลอาสาสมัคร	**ก่อนการทดลอง**		**หลังการทดลอง**		p-value
	Mean	SD	Mean	SD	
ความดันซิสโตลิก (มิลลิเมตรปรอท)	146.50	5.46	129.50	7.82	<0.001
ความดันไดแอสโตลิก (มิลลิเมตรปรอท)	92.80	4.24	83.20	4.34	<0.001
อัตราการเต้นของหัวใจ (ครั้งต่อนาที)	81.90	9.17	78.60	8.66	0.052
CAVI ข้างซ้าย	9.51	0.90	7.92	0.71	<0.001
CAVI ข้างขวา	9.91	0.89	8.10	0.77	<0.001

CAVI : Cardio Ankle Vascular Index