

ความเที่ยงของเครื่องถ่ายภาพความร้อนด้วยรังสีอินฟราเรด ในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2

พัสกร นาคโต^{1, 2}, อุไรวรรณ ชัชวาลย์^{2, 4*}, ธัญชนก คำธิ^{2, 3}, วนิดา ดรปัญญา^{2, 4},
วิชัย อังพินิจพงศ์^{2, 4}, เสาวนีย์ นาคมะเร็ง⁴

Received: June 7, 2016

Revised & Accepted: October 13, 2016

บทคัดย่อ

โรคเท้าเบาหวานเป็นภาวะแทรกซ้อนที่พบได้บ่อยในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 การวัดอุณหภูมิเท้าด้วยเครื่องถ่ายภาพความร้อนด้วยรังสีอินฟราเรด (infrared thermography; IR) อาจเป็นเครื่องมือที่เหมาะสมในการตรวจประเมิน ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบความเที่ยงของเครื่อง IR สำหรับการตรวจประเมินอุณหภูมิเท้าผู้ป่วยเบาหวาน ทำการศึกษาในอาสาสมัครจำนวน 30 คน อาสาสมัครแต่ละรายได้รับการวัดอุณหภูมิบริเวณฝ่าเท้าทั้ง 2 ข้าง ในแต่ละข้างวัดจำนวน 3 ครั้ง ติดต่อกัน ก่อนทำการทดสอบอาสาสมัครได้รับการทำความสะอาดเท้าและพักผ่อนเป็นเวลา 10 นาที ผลการศึกษพบว่า การถ่ายภาพความร้อนด้วยรังสีอินฟราเรดของข้างขวาและซ้าย ในทุกพื้นที่ของฝ่าเท้าทั้ง 6 พื้นที่ มีค่าความเที่ยงในเกณฑ์ระดับสูงมาก โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ภายในกลุ่ม อยู่ระหว่างเท่ากับ 0.98-0.99 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p -value < 0.001) สรุปได้ว่า เครื่องถ่ายภาพความร้อนด้วยรังสีอินฟราเรดมีความเที่ยงอยู่ในเกณฑ์ระดับสูง และจึงเป็นเครื่องมืออีกทางเลือกหนึ่งในการใช้ติดตามผลการรักษาทางกายภาพบำบัด และเป็นตัวแปรที่สำคัญที่ใช้ในงานวิจัย

คำสำคัญ: ความเที่ยง, เครื่องถ่ายภาพความร้อนด้วยรังสีอินฟราเรด, ค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ภายในกลุ่ม

¹หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (กายภาพบำบัด) คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

²ศูนย์วิจัยปวดหลัง ปวดคอ ปวดข้ออื่นๆ และสมรรถนะของมนุษย์ (BNOJPH) มหาวิทยาลัยขอนแก่น

³กลุ่มงานเวชกรรมฟื้นฟู งานกายภาพบำบัด โรงพยาบาลศรีสะเกษ จังหวัดศรีสะเกษ

⁴สายวิชากายภาพบำบัด คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

* ผู้รับผิดชอบบทความ

Reliability of infrared thermography in type 2 diabetic mellitus patients

Patsakorn Narkto^{1,2}, Uraiwan Chatchawan^{2,4*}, Tanchanok Damri^{2,3}, Wanida Dornpunha^{2,4},
Wichai Eungpinichpong^{2,4}, Saowanee Nakmareong⁴

Abstract

Diabetic foot is a common complication of type 2 diabetes mellitus (DM) patients. To measure the skin foot temperature using infrared thermography (IR) may be an appropriate method. Therefore, this study aimed to examine the reliability of IR for skin foot temperature in type 2 DM patients. Thirty participants were recruited. Each patient was measured 3-times consecutively, in both feet. They were instructed to take a rest for 10 min and their feet were clean prior to the trial. The results show that the skin foot temperature using IR had a high reliability in all 6 areas of both feet with the Intra-class Correlation Coefficient (ICC) between 0.98 to 0.99 (p -value < 0.001). In conclusion, infrared thermography has excellent reliability. Therefore, it could be used as an alternative method for follow up physical therapeutic treatment and for using as an important variable in research.

Keywords: Reliability, Infrared thermography, Intra-class Correlation Coefficient (ICC)

¹Master of Science (Physical Therapy), Faculty of Associated Medical Sciences, Khon Kean University

²Research Center in Back, Neck, Other Joint Pain and Human Performance (BNOJPH) Khon Kean University

³Department of Physical Medicine and Rehabilitation, Physical Therapy Unit, Sisaket Hospital, Sisaket Province

⁴School of Physical Therapy, Faculty of Associated Medical Sciences, Khon Kean University

*Corresponding author: (E-mail: pomuraiwan67@gmail.com)

บทนำ

ในปัจจุบันโรคเบาหวานเป็นโรคเรื้อรังและเป็นปัญหาของประชากรทั่วโลก ในอนาคตโรคเบาหวานจะเป็นปัญหาที่เจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว⁽¹⁾ จากการสำรวจพบว่าจำนวนประชากรที่เป็นโรคเบาหวานทั่วโลกในปี พ.ศ. 2543 มีความชุกของโรคเบาหวานประมาณร้อยละ 2.8 และในปี พ.ศ. 2573 ซึ่งจะเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 4.4 จากประชากรที่เป็นเบาหวานจำนวน 171 ล้านคน และเพิ่มสูงขึ้นเป็น 366 ล้านคน⁽²⁾ จากการรายงานข้อมูลสถิติขององค์การอนามัยโลกในปี พ.ศ. 2555 โรคเบาหวานเป็นสาเหตุของการเสียชีวิตมากเป็นลำดับที่ 8 ของโลก ประมาณ 1.5 ล้านคน⁽³⁾ จากการสำรวจในประเทศไทยโดยสำนักระบาดวิทยา กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข พบว่าในปี พ.ศ. 2555 มีจำนวนผู้ป่วยเบาหวานประมาณ 336,000 คน อัตราความชุก 2,800 คนต่อประชากรหนึ่งแสนคน และยังพบผู้ป่วยเบาหวานส่วนมากในช่วงอายุ 45 ปี ถึง มากกว่าอายุ 65 ปี⁽⁴⁾

โรคเบาหวานเป็นโรคที่มีความผิดปกติเกี่ยวกับการเผาผลาญ ซึ่งเกิดจากการสูญเสียการหลั่งอินซูลิน (Insulin) และการดื้อต่ออินซูลิน สามารถนำไปสู่ภาวะระดับน้ำตาลในเลือดสูง (hyperglycemia)⁽⁵⁾ ภาวะระดับน้ำตาลในเลือดสูงสามารถทำให้เกิดการทำลายอวัยวะส่วนต่างๆของร่างกายได้ โดยเฉพาะ ตา ไต หลอดเลือด เส้นประสาท และหัวใจ⁽⁶⁾ เมื่อผู้ป่วยโรคเบาหวานมีระดับน้ำตาลในเลือดสูงในระยะยาวจะส่งผลทำให้มีการสูญเสียการทำงานของเซลล์เอนโดทีเลียม (endothelial cell) ในหลอดเลือด เกิดการหลั่งสารไนตริกออกไซด์ (Nitric oxide; NO) ลดลง⁽⁷⁾ ซึ่งไนตริกออกไซด์เป็นสารสำคัญที่ออกฤทธิ์ให้เซลล์กล้ามเนื้อเรียบคลายตัวส่งผลให้หลอดเลือดขยายตัว (vasodilation) ยับยั้งการเกาะกลุ่มเกล็ดเลือดและเม็ดเลือดขาว ยับยั้งการอักเสบ ยับยั้งการเกิดลิ่มเลือด และยับยั้งการเพิ่มจำนวน และขนาดของเซลล์กล้ามเนื้อเรียบของหลอดเลือด ดังนั้นภาวะการขาดไนตริกออกไซด์ จึงมีผลทำให้เกิด ภาวะหลอดเลือดเสื่อมสภาพได้^(8,9) ซึ่งสามารถทำให้เกิดการขาดเลือดในรายครึ่งส่วนขาเกิดขึ้นได้ และยังเป็นภาวะแทรกซ้อนที่พบบ่อยของโรคเบาหวาน นั่นคือ ภาวะโรคหลอดเลือดแดงส่วนปลาย (Peripheral arterial disease; PAD) และ ภาวะความผิดปกติของประสาทส่วนปลาย (Peripheral neuropathy; PN) ในผู้ป่วยโรคเบาหวาน⁽¹⁰⁾ ซึ่งอาการดังกล่าวจะนำไปสู่ปัญหาการขาดเลือดไปเลี้ยงกล้ามเนื้อและเส้นประสาทส่วนปลายโดยเฉพาะที่เท้า

ที่เรียกว่าเป็น โรคเท้าเบาหวาน (Diabetic foot)⁽¹¹⁾

โรคเท้าเบาหวาน เป็นปัญหาแทรกซ้อนที่พบได้บ่อย โดยมีอุบัติการณ์เกิดขึ้นร้อยละ 15-20⁽¹²⁾ และพบถึงร้อยละ 50 ในผู้ป่วยเบาหวานที่มีภาวะในผู้ที่มีความผิดปกติของประสาทส่วนปลายร่วมด้วย กลไกการเกิดภาวะนี้ เกิดจากการไหลเวียนเลือดมาที่เท้าลดลง ส่งผลให้เกิดความผิดปกติของการรับรู้ความรู้สึกของเท้าจากการเสื่อมของประสาทส่วนปลาย ทำให้มีการเดินผิดปกติ มีการจำกัดการเคลื่อนไหวของข้อเท้า อีกทั้งหากมีพฤติกรรมการดูแลเท้าที่ไม่เหมาะสม ได้แก่ สวมรองเท้าที่ไม่เหมาะสม มักเดินเท้าเปล่า อาจทำให้ได้รับการบาดเจ็บจากการเดิน หรือเกิดแผลบริเวณเท้าได้ง่าย เมื่อเป็นแผลแล้วจะทำการรักษาให้หายเป็นปกติได้ยาก และเมื่อมีการลุกลามของแผล มีเนื้อตายของแผลเกิดขึ้น ถ้าเมื่อไม่ได้รับการรักษาจะส่งผลทำให้เกิดแผลที่เรื้อรังและเกิดการติดเชื้อร่วมด้วย จนอาจจำเป็นต้องทำการตัดรยางค์ส่วนเท้าหรือขา^(13, 14)

การตรวจประเมินภาวะความผิดปกติของโรคหลอดเลือดแดงส่วนปลาย มีการตรวจประเมินโดยใช้เครื่องมือที่หลากหลายมีทั้งวิธีการแบบ ที่มีการรุกราน และไม่รุกรานเข้าสู่ร่างกาย (Invasive vascular และ Non-invasive) เครื่องมือที่มีการรุกรานเข้าสู่ร่างกาย ได้แก่ Computed tomography angiography, Magnetic resonance angiography และ Digital subtraction angiography เป็นต้น ซึ่งเป็นวิธีการตรวจประเมินมาตรฐาน ที่มีความน่าเชื่อถือ และแม่นยำสูง อย่างไรก็ตาม ยังคงมีข้อจำกัดที่ต้องทำการตรวจวินิจฉัยโดยใช้ผู้เชี่ยวชาญโดยเฉพาะและต้องตรวจในห้องปฏิบัติการเท่านั้น รวมทั้งเป็นเครื่องมือที่มีราคาแพง ส่วนวิธีการตรวจแบบ ไม่รุกรานเข้าสู่ร่างกาย ได้แก่ เครื่องวัดค่าดัชนีความดันของหลอดเลือด (Ankle brachial index; ABI) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้ประมวลผลแบบอัตโนมัติ เป็นเครื่องมือที่มีการใช้ตรวจประเมินภาวะโรคหลอดเลือดแดงที่ใช้อย่างแพร่หลายในทางคลินิก เป็นเครื่องมือที่มีความน่าเชื่อถือ มีความเฉพาะเจาะจง (83.3–99.0%) มีความแม่นยำสูง (72.1–89.2%) และยังสามารถใช้ตรวจประเมินแทนเครื่องมือที่เป็นมาตรฐานได้อีกด้วย⁽¹⁵⁾ อย่างไรก็ตาม ABI ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ราคาแพงและยากที่จะทำการเคลื่อนย้าย ซึ่งเหมาะแก่การใช้ในห้องปฏิบัติการหรือในโรงพยาบาลเท่านั้น ดังนั้นการศึกษานี้จึงต้องการศึกษาเพื่อหาเครื่องมือที่ง่าย และสะดวกต่อการประเมินให้มากยิ่งขึ้น

เครื่องถ่ายภาพความร้อนด้วยรังสีอินฟราเรด (infra-red thermography หรือ IR) เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดอุณหภูมิของผิวหนัง (skin temperature) ไม่สัมผัสกับตัวผู้ป่วย มีความปลอดภัย พกพาได้สะดวก ซึ่งมีส่วนประกอบหลักๆ คือ เลนส์ (lens) ตัวตรวจจับรังสีอินฟราเรด (infrared detector) หรือเซนเซอร์ชนิดอินฟราเรด (infrared sensor) วงจรอิเล็กทรอนิกส์ (electronic circuit) และส่วนแสดงผล (display) โดยมีหลักการทำงานคือ เซนเซอร์ชนิดอินฟราเรดจะทำหน้าที่รับรังสีอินฟราเรดที่แผ่ออกจากวัตถุที่ทำการวัด จากนั้นจะมีการแปลงรังสีอินฟราเรดให้อยู่ในรูปของสัญญาณทางไฟฟ้า ต่อมาวงจรอิเล็กทรอนิกส์จะทำหน้าที่แปลงข้อมูลที่รับมาไปแสดงที่ตัวแสดงผล ซึ่งแสดงผลออกมาในรูปแบบ สี คือ สีส้ม หรือ สีฟ้า เป็นต้น⁽¹⁶⁾ IR เป็นการตรวจประเมินแบบ non-invasive เนื่องจากเป็นการตรวจอุณหภูมิที่พบว่ามี ความสัมพันธ์กับการตรวจการไหลเวียนเลือดที่วัดด้วย เครื่อง thermistor probe⁽¹⁷⁾ ในปัจจุบันใช้เครื่องมือนี้ประเมินหา มะเร็งเต้านม ตรวจวินิจฉัยโรคข้อเข่าเสื่อม และใช้ในการ ประเมินอาการเจ็บปวด⁽¹⁸⁾ IR เป็นเครื่องมือที่ราคาไม่แพง มีความสะดวกรวดเร็ว ไม่สัมผัสกับตัวผู้ป่วย ปลอดภัยสูง พกพาได้สะดวก ซึ่งเหมาะกับการนำไปใช้วิจัยนอกสถานที่หรือ ในชุมชนหรือในโรงพยาบาลขนาดเล็ก ดังนั้นเพื่อลดค่าใช้จ่าย และเคลื่อนย้ายได้ง่าย และเหมาะแก่การใช้ในชุมชน อีกทั้ง จากการศึกษาในอดีตมีการศึกษาหาความเที่ยงของเครื่อง IR ในการวิเคราะห์อุณหภูมิในผู้ที่มีจุดกดเจ็บบนกล้ามเนื้อบางส่วน บน และในผู้ป่วย arthralgia ในเพศหญิงที่มีภาวะ temporo-mandibular disorder พบว่ามีความเที่ยงอยู่ในระดับสูง แต่ ยังไม่พบการศึกษาที่ศึกษาความเที่ยงของ IR ในผู้ป่วยเบาหวาน ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้ จึงมีวัตถุประสงค์ในการทดสอบความ เที่ยง (reliability) ของเครื่องมือนี้ในอาสาสมัครที่เป็นผู้ป่วย เบาหวาน ชนิดที่ 2 โดยคาดว่าจะประโยชน์ในการนำ เครื่องมือดังกล่าวเป็นทางเลือกหนึ่งในการนำไปใช้เพื่อ ติดตามผลการรักษาทางกายภาพบำบัด และอาจเป็นการตรวจ ประเมินที่ใช้ในงานวิจัยอีกตัวเลือกหนึ่ง

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อศึกษาหาความเที่ยงของเครื่องถ่ายภาพความร้อน ด้วยรังสีอินฟราเรดในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2

วิธีการศึกษา

อาสาสมัคร

ในการศึกษานี้จะใช้อาสาสมัครที่ได้รับการวินิจฉัย ว่าเป็นผู้ป่วยเบาหวาน ชนิดที่ 2 จำนวน 30 ราย ที่มารับบริการ จากโรงพยาบาลศรีสะเกษ อำเภอเมือง จังหวัดศรีสะเกษ ทั้ง เพศชายและเพศหญิง มีอายุระหว่าง 45-75 ปี และจะไม่ สามารถเข้าร่วมการศึกษาได้หากมีลักษณะดังนี้ มีแผลที่เท้า และหรือเคยถูกตัดขา เท้าหรือนิ้วเท้า อยู่ในระยะอักเสบ เช่น ข้อเท้าแพลง ผู้ที่ได้รับการผ่าตัดเส้นเลือด เป็นโรคหลอดเลือด อุดตัน (deep vein thrombosis) มีความดันโลหิตสูงที่ไม่ สามารถควบคุมได้ มีโรคทางระบบประสาทร่วมด้วย เช่น อ่อนแรง และได้รับการวินิจฉัยว่ามีอาการปวดบริเวณหลัง ส่วนล่างแบบเฉพาะเจาะจง เช่น ภาวะการตีบแคบของกระดูก สันหลัง (lumbar spinal stenosis) เป็นต้น

อนึ่งในวันที่ทำการทดสอบ อาสาสมัครต้องไม่มีไข้ (วัดอุณหภูมิร่างกาย ได้สูงกว่า 37.5 องศาเซลเซียส) ต้อง หลีกเลี่ยงการอาบน้ำร้อนหรือสาร์ปรู่งแต่งจากการผลิตกัณฑ์ การอาบน้ำ เช่น ครีมน้ำ แช่ โลชั่น ที่บริเวณเท้า การ ออกกำลังกายหนัก ดื่มแอลกอฮอล์ ชา หรือกาแฟที่มีส่วน ผสมของคาเฟอีน ก่อนการเข้าร่วมวิจัย 2 ชั่วโมง

โครงการนี้ได้ผ่านการพิจารณาของคณะกรรมการ จริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่นในวันที่ 11 มีนาคม 2559 หมายเลขโครงการ HE592015

ขั้นตอนการศึกษา

การทดสอบความเที่ยงของเครื่องถ่ายภาพความร้อน ด้วยรังสีอินฟราเรดในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 เพื่อทำการ calibrate หรือทดสอบความ ตรงร่วมสมัย (concurrent validity) ของการวัดอุณหภูมิของ แผ่นประคบร้อน และแผ่นประคบเย็นด้วย IR กับการวัด อุณหภูมิโดยใช้เทอร์โมมิเตอร์แบบปรอท โดยได้มีการควบคุม อุณหภูมิของห้องที่ 25 °C ทำการทดสอบในทุกๆ นาที่ที่ 5 จำนวน 3 ครั้ง ของทั้งแผ่นประคบร้อน และแผ่นประคบเย็น

ขั้นตอนที่ 2 การทดสอบความเที่ยง (test-retest reliability) ของ IR โดยการวัดอุณหภูมิของเท้าทั้ง 2 ข้าง โดยการถ่ายภาพด้วยกล้อง IR ดังรูปที่ 1A และจะทำการ วิเคราะห์ข้อมูลของอุณหภูมิเท้า โดยใช้พื้นที่ของเท้าจำนวน 6 บริเวณ คือ A=นิ้วเท้าของนิ้วโป้ง (hallux), B=นิ้วเท้า 4 นิ้ว (lesser toes), C=อุ้งเท้า (arch), D=ข้างเท้าด้านนอก

(lateral sole), E=บริเวณกลางฝ่าเท้า (forefoot) และ F=ส้นเท้า (heel)⁽¹⁹⁾ ดังรูปที่ 1B โดยการหาโดยหาค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ภายในกลุ่ม (Intra-class Correlation Coefficient: ICC) โมเดล (3, 1) หรือ two way mixed effect และค่า 95 เปอร์เซนต์ ช่วงเชื่อมั่น โดยใช้ค่า single measure เพื่อหาความเที่ยงของเครื่องมือ โดยมีกระบวนการดังนี้

2.1 หลังจากได้อาสาสมัคร ทำการเซ็นใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัยในครั้งนี้เป็นลายลักษณ์อักษรแล้ว อาสาสมัครจะได้รับเข้าร่วมการวิจัยในครั้งนี้ ซึ่งงานวิจัยในครั้งนี้จะใช้เวลาในการทดสอบทั้งหมด 30 นาที

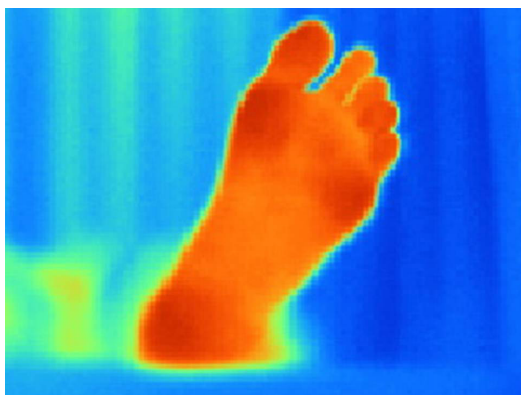
2.2 อาสาสมัครจะได้รับการซักประวัติ ตรวจร่างกาย

ในการคัดกรองคัดกรองตามเกณฑ์คัดเข้า-ออก เป็นเวลา 10 นาที

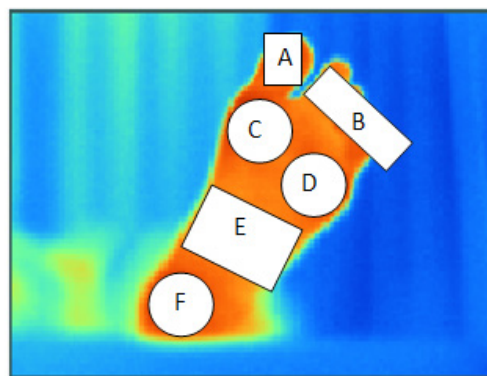
2.3 อาสาสมัครจะต้องถอดรองเท้า ถูเท้าออกจากนั้นอาสาสมัครจะได้รับ การทำความสะอาดด้วยการเช็ดเท้าด้วยผ้าขนหนู และนอนพักผ่อนก่อนได้รับการทดสอบเป็นเวลา 10 นาที

2.4 ทำการสุมการวัดเท้าข้างใดก่อน-หลัง

2.5 อาสาสมัครทำการทดสอบโดยใช้ IR โดยผู้วิจัยที่บริเวณเท้า ติดต่อกันจำนวน 3 ครั้ง ทั้งชายและหญิง ตามการสุม โดยมีระยะห่างจากเท้าเป็นระยะ 80 เซนติเมตร ที่อุณหภูมิห้อง 25 °C เป็นเวลา 5 นาที ดังรูปที่ 2 โดยมีขั้นตอนการวิจัยสามารถดูได้จากรูปที่ 3



รูปที่ 1A



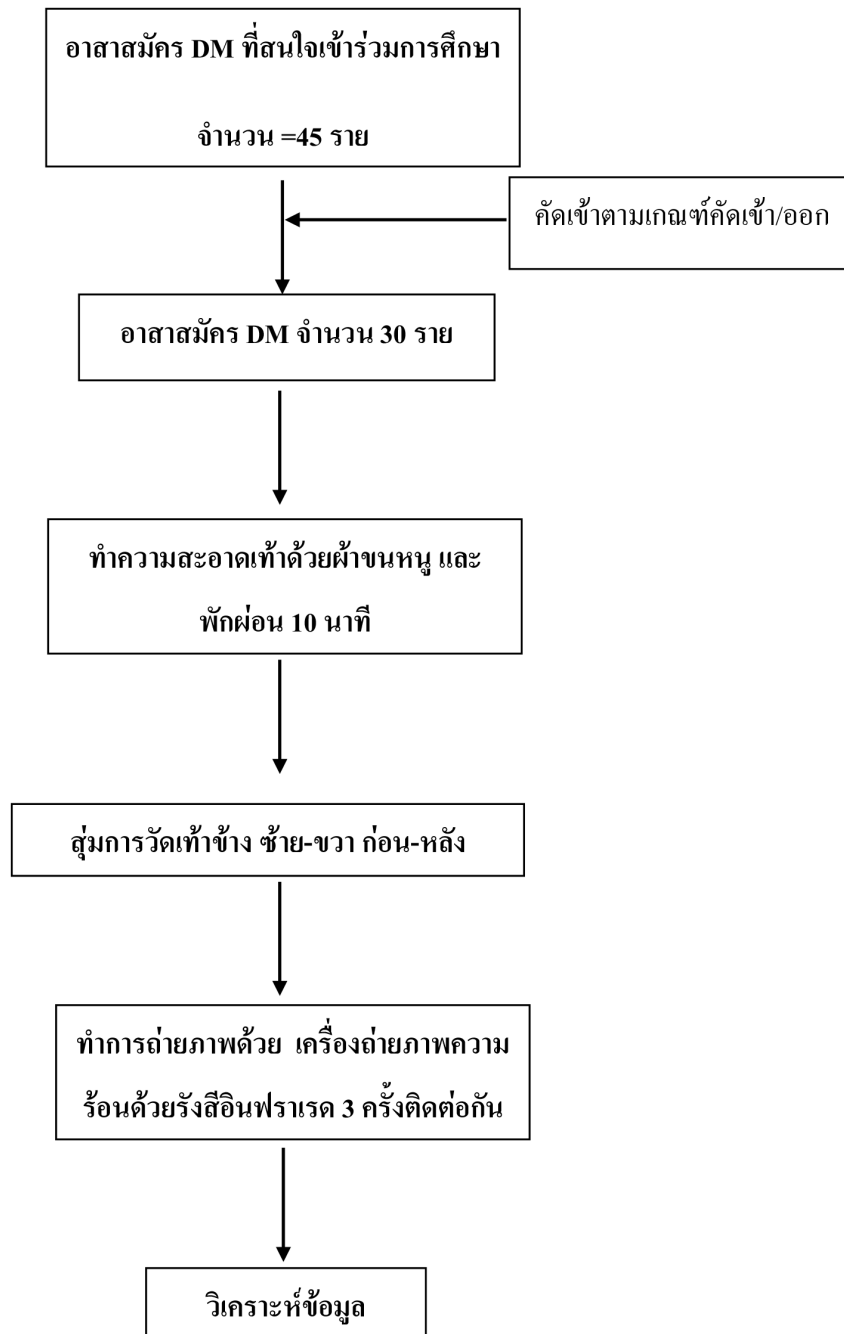
รูปที่ 1B

รูปที่ 1 1A ภาพถ่ายเท้าด้วยกล้อง IR

รูปที่ 1B พื้นที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลของอุณหภูมิเท้า: A=นิ้วเท้าของนิ้วโป้ง, B=นิ้วเท้า 4 นิ้ว, C=อุ้งเท้า, D=ข้างเท้าด้านนอก, E=บริเวณกลางฝ่าเท้า, และ F=ส้นเท้า



รูปที่ 2 การถ่ายภาพความร้อนด้วยรังสีอินฟราเรดด้วยระยะห่าง 80 เซนติเมตร



รูปที่ 3 การเข้าร่วมของอาสาสมัครและขั้นตอนการวิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูล

ใช้สถิติพรรณนาเพื่ออธิบายลักษณะของอาสาสมัคร จากนั้นทำการทดสอบความเที่ยงของการวัดค่าอุณหภูมิ ที่วัดด้วย IR โดยการหาค่า สัมประสิทธิ์ความสัมพันธภายในกลุ่ม (ICC) โมเดล (3, 1) หรือ Two way mixed effect และค่า 95 เปอร์เซ็นต์ ช่วงเชื่อมั่นโดยใช้ค่า single measure ทำการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม SPSS version 17

ผลการศึกษา

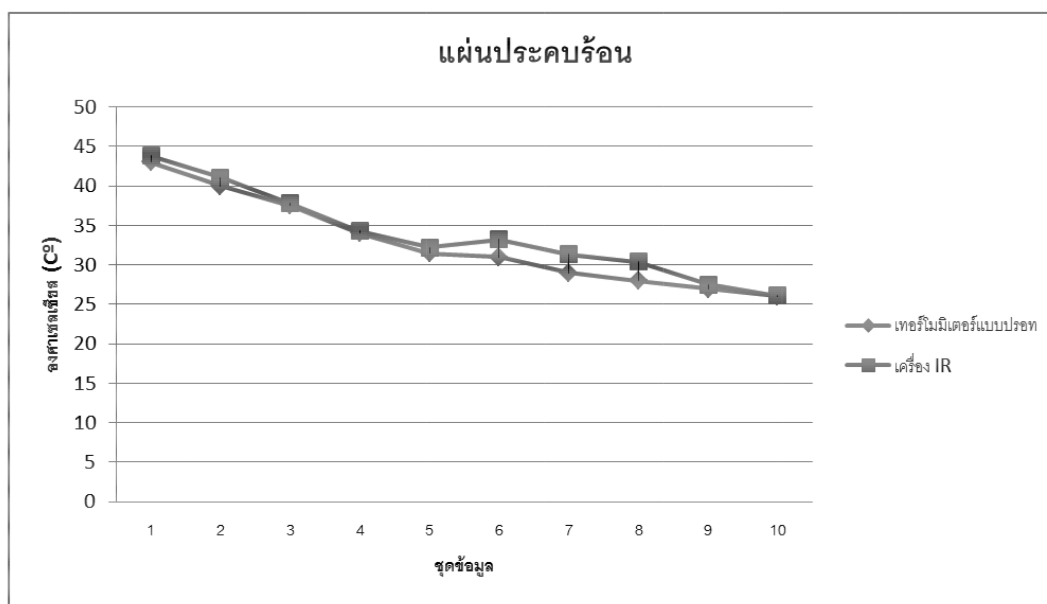
1. ข้อมูลส่วนบุคคลของกลุ่มตัวอย่าง

การศึกษานี้ทำการศึกษาในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 จำนวน 30 คน พบว่าเป็นเพศหญิง จำนวน 17 คน (ร้อยละ 56.67) อายุเฉลี่ย 59.23 ± 9.04 ปี สำหรับข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ป่วยอื่นๆ เช่น อายุ เพศ ค่าดัชนีมวลกาย อาชีพ สถานภาพ ระดับการศึกษา ประวัติการสูบบุหรี่ เป็นต้น แสดงรายละเอียดในตารางที่ 1

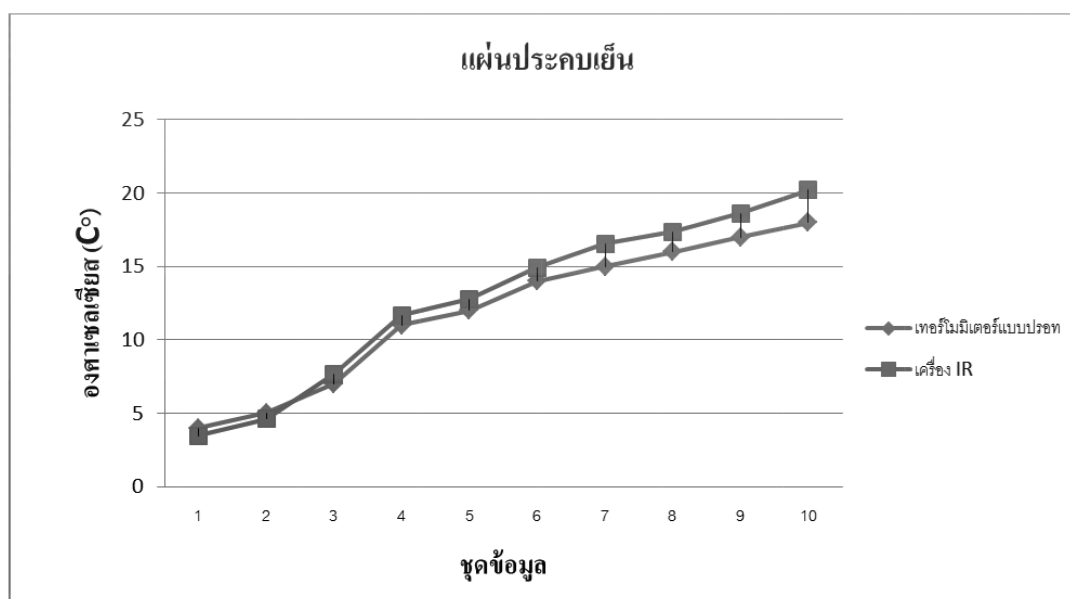
2. เพื่อทำการ calibrate หรือทดสอบความตรง
ร่วมสมัยของการวัดอุณหภูมิด้วย IR

โดยหาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่วัดโดยใช้ IR
เทียบกับเทอร์โมมิเตอร์แบบปรอท ของแผ่นประคบร้อนและ
แผ่นประคบเย็น ผลการศึกษาพบว่าอุณหภูมิที่วัดด้วย IR มี
ความสัมพันธ์กับอุณหภูมิที่วัดด้วยเทอร์โมมิเตอร์แบบปรอท

ซึ่งในส่วนของการวัดอุณหภูมิของแผ่นประคบร้อนโดยใช้
เครื่อง IR และเทอร์โมมิเตอร์แบบปรอท พบว่ามีอุณหภูมิต่ำ
ลงเช่นกัน และแผ่นประคบเย็น พบว่าอุณหภูมิที่วัดด้วย IR
และวัดด้วยเทอร์โมมิเตอร์แบบปรอทอุณหภูมิสูงขึ้นเช่นกัน
ดังแสดงในรูปที่ 4-5



รูปที่ 4 ค่าอุณหภูมิของแผ่นประคบร้อนระหว่างเทอร์โมมิเตอร์แบบปรอทและเครื่องถ่ายภาพความร้อนด้วยรังสีอินฟราเรด (IR)



รูปที่ 5 ค่าอุณหภูมิของแผ่นประคบเย็นระหว่างเทอร์โมมิเตอร์แบบปรอทและเครื่องถ่ายภาพความร้อนด้วยรังสีอินฟราเรด (IR)

3. การทดสอบความคงที่ของการวัด

จากการหาค่าความคงที่ของการวัดโดยใช้เครื่อง IR ทำการวัดซ้ำ 3 ครั้ง ในแต่ละพื้นที่ของเท้าของผู้ป่วยเบาหวาน ของข้างขวาและซ้าย ประกอบไปด้วย A=นิ้วเท้าของนิ้วโป้ง (hallux), B=นิ้วเท้า 4 นิ้ว, C=อุ้งเท้า, D=ข้างเท้าด้านนอก,

E=บริเวณกลางฝ่าเท้า และ F=ส้นเท้า พบว่าค่าความสัมพันธ์ ICC ทั้ง 6 พื้นที่ของเท้าทั้งสองข้าง อยู่ระหว่าง 0.98-0.99 มีค่าระดับนัยสำคัญทางสถิติ (p-value) < 0.001 ซึ่งค่าความเที่ยงของการวัดอยู่ในเกณฑ์สูงมาก รายละเอียดดังแสดงใน **ตารางที่ 2**

ตารางที่ 1 ข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 ทั้งหมด 30 คน

ข้อมูล	จำนวน (ร้อยละ)
1. เพศหญิง	17 (56.67)
2. อายุ ปี (ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)	59.23±9.04
3. BMI (ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)	24.18±3.29
4. อาชีพ	
4.1 ไม่ได้ประกอบอาชีพ	6 (20)
4.2 เกษตรกรรม	10 (33.33)
4.3 รับจ้าง	2 (6.67)
4.4 ค้าขาย ธุรกิจส่วนตัว	7 (23.33)
4.5 รับราชการ รัฐวิสาหกิจ	2 (6.67)
4.6 อื่นๆ	3 (10)
5. สถานภาพ	
5.1 โสด	6 (20)
5.2 คู่	21 (70)
5.3 หม้าย	3 (10)
6. การศึกษา	
6.1 ประถมศึกษา หรือไม่ได้รับการศึกษา	23 (76.67)
6.2 มัธยมศึกษา	3 (10)
6.3 ประกาศนียบัตร และปริญญาตรี	4 (13.33)
7. ไม่สูบบุหรี่	30 (100)
8. ระยะเวลาการเป็นเบาหวาน ปี (ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)	11.57±5.78
9. โรคประจำตัวนอกจากโรคเบาหวาน	
9.1 ไม่มีโรคประจำตัว	9 (30)
9.2 โรคความดันโลหิตสูง	21 (70)
10. ระดับน้ำตาลในเลือด: mg/dl (ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)	163.6±45.67

ตารางที่ 1 ข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 ทั้งหมด 30 คน (ต่อ)

ข้อมูล	จำนวน (ร้อยละ)
11. ระดับน้ำตาลสะสม: mg/dl (ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)	7.51±1.64
12. ระดับไขมันในเส้นเลือด: mg/dl (ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)	219.53±74.64
13. ประวัติการเกิดแผลเบาหวาน	
13.1 ไม่เคยเป็นมาก่อน	28 (93.33)
13.2 เคยเป็นเมื่อ 6 เดือนก่อน	1 (3.33)
13.3 เคยเป็นเมื่อ 12 เดือนก่อน	1 (3.33)

ตารางที่ 2 ค่าความเที่ยงของเครื่อง Infrared thermography โดยค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ภายในกลุ่ม Intra-class Correlation Coefficient (ICC)

ข้าง	พื้นที่	ICC	95% ช่วงเชื่อมั่น
ขวา	นิ้วเท้าของนิ้วโป้ง	0.995	0.992 ถึง 0.998
	นิ้วเท้า 4 นิ้ว	0.993	0.988 ถึง 0.997
	อุ้งเท้า	0.996	0.992 ถึง 0.998
	ข้างเท้าด้านนอก	0.997	0.994 ถึง 0.998
	บริเวณกลางฝ่าเท้า	0.996	0.993 ถึง 0.998
	สันเท้า	0.989	0.981 ถึง 0.995
ซ้าย	นิ้วเท้าของนิ้วโป้ง	0.997	0.994 ถึง 0.998
	นิ้วเท้า 4 นิ้ว	0.996	0.993 ถึง 0.998
	อุ้งเท้า	0.995	0.991 ถึง 0.997
	ข้างเท้าด้านนอก	0.996	0.993 ถึง 0.998
	บริเวณกลางฝ่าเท้า	0.990	0.981 ถึง 0.995
	สันเท้า	0.996	0.992 ถึง 0.998

หมายเหตุ: ทุกพื้นที่และทั้งสองข้าง มีค่าระดับนัยสำคัญทางสถิติ (p -value) < 0.001

วิจารณ์และสรุปผลการศึกษา

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบความเที่ยงของเครื่องถ่ายภาพความร้อนด้วยรังสีอินฟราเรดในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 จำนวน 30 คน อาสาสมัครมีอายุเฉลี่ย 60 ปี มีสัดส่วนของเพศชาย-หญิง ใกล้เคียงกัน มีอาชีพส่วนใหญ่เป็นเกษตรกร จากการศึกษาความเที่ยงของเครื่องถ่ายภาพความร้อนด้วยรังสีอินฟราเรดในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 จำนวน 3 ครั้งของขาทั้งซ้ายและขวาพบว่าอยู่ในเกณฑ์สูงมาก

โดยมีค่า ICC มากกว่า 0.98 ของทั้งเท้าข้างซ้ายและขวา

จากผลการศึกษาพบว่าเครื่องถ่ายภาพความร้อนด้วยรังสีอินฟราเรดมีความเที่ยงอยู่ในเกณฑ์ที่สูงมาก (ICC มากกว่า 0.90) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการวัดอุณหภูมิทำติดต่อกัน 3 ครั้งโดยไม่มีการพักจึงส่งผลให้ได้ค่าที่ใกล้เคียงกันมาก เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเกิดขึ้นรวดเร็ว ซึ่งเป็นเหตุผลที่ทำให้การวัดติดต่อกัน อย่างไรก็ตามผลการศึกษาที่มีความสอดคล้องกับการศึกษาในอดีตที่ทำในกลุ่มอาสาสมัคร

อื่นๆ ที่หลากหลายเช่น อาสาสมัครในกลุ่มอาการปวดต่างๆ จากการศึกษาในอดีตของ Dibai-Filho และคณะ (2015) เป็นการศึกษาหาความเที่ยงของเครื่องมือถ่ายภาพความร้อนด้วยรังสีอินฟราเรดในการวิเคราะห์อุณหภูมิในผู้ที่มีจุดกดเจ็บบนกล้ามเนื้อขาส่วนบนซึ่งมีค่า ICC ระหว่าง 0.591 ถึง 0.993 ซึ่งการทดสอบความเที่ยงจัดอยู่ในเกณฑ์สูงถึงสูงมาก⁽²⁰⁾ อีกทั้งการศึกษาของ Rodrigues-Bigaton และคณะ ในปี 2010 ทำการศึกษาความเที่ยงของเครื่องมือถ่ายภาพความร้อนด้วยรังสีอินฟราเรดในผู้ป่วย arthralgia ในเพศหญิงที่มีภาวะ temporomandibular disorder ร่วมด้วย จำนวน 30 คน พบว่ามีค่า ICC อยู่ระหว่าง 0.841 ถึง 0.874⁽²¹⁾

ข้อจำกัดของการศึกษาในครั้งนี้คือ ไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิห้องที่ทำการทดลองได้ให้ใกล้เคียงกับอุณหภูมิของเท้าได้ และการศึกษานี้มีอาสาสมัครที่มีระดับความรุนแรงของโรคที่ไม่หลากหลาย ซึ่งไม่ได้รวมเอาอาสาสมัครที่มีแผลเข้าร่วมการศึกษาเนื่องจากเป็นเหตุผลทางจริยธรรมการวิจัย

ข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาครั้งต่อไป อาจจะต้องมีการควบคุมอุณหภูมิห้องให้อยู่ระหว่าง 29.8–34.5°C⁽²²⁾ เพิ่มเกณฑ์คัดเข้าให้มีระดับความรุนแรงที่หลากหลาย

สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาความเที่ยงของเครื่องมือถ่ายภาพความร้อนด้วยรังสีอินฟราเรดในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 พบว่ามีความเที่ยงอยู่ในเกณฑ์สูงมาก สามารถวัดอุณหภูมิเท้าได้อยู่ในระดับสูงในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 ดังนั้น เครื่องมือถ่ายภาพความร้อนด้วยรังสีอินฟราเรด มีความเที่ยงภายในตัวเองในเกณฑ์สูงมาก ที่สามารถนำไปเป็นเครื่องมือที่เป็นทางเลือกหนึ่งในการนำไปใช้ เพื่อติดตามผลการรักษาทางกายภาพบำบัด และอาจเป็นตัวแปรที่ใช้ในงานวิจัยอีกตัวเลือกหนึ่ง ซึ่งเป็นการวัดทางอ้อมของการไหลเวียนโลหิตที่ต้องการพิสูจน์ในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยในครั้งนี้ขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ขอขอบคุณศูนย์วิจัยปวดหลัง ปวดคอ ปวดข้ออื่นๆ และสมรรถนะของมนุษย์ คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น และทุนอุดหนุนส่งเสริมการทำ

วิทยานิพนธ์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น สำหรับนักศึกษา ระดับบัณฑิตศึกษาที่สนับสนุนทุนวิจัยในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบพระคุณคลินิกพิเศษ (เบาหวาน) โรงพยาบาลศรีสะเกษ อำเภอเมือง จังหวัดศรีสะเกษ ที่ได้ให้ความเอื้อเฟื้อในการให้ข้อมูล สถานที่ และอนุญาตให้บุคลากรเข้าร่วมวิจัย ตลอดจนอาสาสมัครทุกรายที่ได้ให้ความร่วมมือและสละเวลาในการเข้าร่วมการศึกษาในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

1. Vilcahuaman L, Harba R, Canals R, Zequera M, Wilches C, Arista MT, et.al. Detection of diabetic foot hyperthermia by infrared imaging. Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc. 2014; 2014: 4831-4.
2. Wild S, Roglic G, Green A, Sicree R, King H. Global prevalence of diabetes: estimates for the year 2000 and projections for 2030. Diabetes Care. 2004; 27: 1047-53.
3. World Health Organization. World Health Statistics. [Online] 2014. [cited 2015 Aug 01]. Available from: http://www.who.int/gho/publications/world_health_statistics/2014/en/
4. Bureau of Epidemiology, Department of Disease Control, Ministry of Public Health. Chronic Diseases Surveillance Report. [Online] 2012. [cited 2015 Aug 01]. Available from: http://www.boe.moph.go.th/files/report/20140109_40197220.pdf. (In Thai)
5. Alberti KG, Zimmet PZ. Definition, diagnosis and classification of diabetes mellitus and its complications. Part 1: diagnosis and classification of diabetes mellitus provisional report of a WHO consultation. Diabet Med. 1998; 15: 539-53.
6. American Diabetes Association. Diagnosis and Classification of Diabetes Mellitus. Diabetes Care. 2010; 33: 62-69.
7. Guirro EC, Guirro RR, Dibai-Filho AV, Pascote SC, Rodrigues-Bigaton D. Immediate effects of electrical stimulation, Diathermy, and physical

- exercise on lower limb arterial blood flow in diabetic women with peripheral arterial disease: a randomized crossover trial. *J Manipulative Physiol Ther.* 2015; 14: 272-82.
8. Paneni F, Beckman JA, Creager MA, Cosentino F. Diabetes and vascular disease: pathophysiology, clinical consequences, and medical therapy: part I. *Eur Heart J.* 2013; 34: 2436-43
 9. Gutterman DD. Vascular dysfunction in hyperglycemia: is protein kinase C the culprit?. *Circ Res.* 2002; 90: 5-7.
 10. American Diabetes Association. Peripheral arterial disease in people with diabetes. *Diabetes Care.* 2003; 26: 3333-41.
 11. Boulton AJ, Vileikyte L, Ragnarson-Tennvall G, Apelqvist J. The global burden of diabetic foot disease. *Lancet.* 2005; 366: 1719-24.
 12. van Netten JJ, van Baal JG, Liu C, van der Heijden F, Bus SA. Infrared thermal imaging for automated detection of diabetic foot complications. *J Diabetes Sci Technol.* 2013; 7: 1122-9.
 13. Bakker K, Apelqvist J, Schaper NC. International Working Group on Diabetic Foot Editorial Board. Practical guidelines on the management and prevention of the diabetic foot 2011. *Diabetes Metab Res Rev.* 2012; 1: 225-31.
 14. Chand G, Mishra AK, Kumar S, Agarwal A. Diabetic foot. *Clinical Queries.* 2012; 102: 144-150.
 15. Dachun Xu, Jue Li, Liling Zou, Yawei Xu, Dayi Hu, Pagoto SL et.al. Sensitivity and specificity of the ankle brachial index to diagnose peripheral artery disease: a structured review. *Vasc Med.* 2010; 15: 361-9.
 16. Nunak N, Suesut T. Measurement and Instrumentation. [Online] 2012 [cited 2016 Aug 30]. Available from: http://www.researchsystem.siam.edu/images/coop/ THE_PHOTOGRAPHY_HEAT_OF_ELECTRICAL_EQUIPMENTS_BY_THERMO_SCAN_/%E0%B8%9A%E0%B8%97%E0%B8%97_2.pdf. (In Thai)
 17. Nilsson AL. Blood flow, temperature, and heat loss of skin exposed to local radiative and convective cooling. *J Invest Dermatol.* 1987; 88: 586-93.
 18. Huang CL, Wu YW, Hwang CL, Jong YS, Chao CL, Chen WJ, et al. The application of infrared thermography in evaluation of patients at high risk for lower extremity peripheral arterial disease. *J Vasc Surg.* 2011; 54: 1074-80.
 19. Bagavathiappan S, Philip J, Jayakumar T, Raj B, Rao PN, Varalakshmi M, Mohan V. Correlation between plantar foot temperature and diabetic neuropathy: a case study by using an infrared thermal imaging technique. *J Diabetes Sci Technol.* 2010; 4: 1386-92.
 20. Dibai-Filho AV, Guirro EC, Ferreira VT, Brandino HE, Vaz MM, Guirro RR. Reliability of different methodologies of infrared image analysis of myofascial trigger points in the upper trapezius muscle. *Braz J Phys Ther.* 2015; 19: 122-8.
 21. Rodrigues-Bigaton D, Dibai Filho AV, Costa AC, Packer AC, de Castro EM. Accuracy and reliability of infrared thermography in the diagnosis of arthralgia in women with temporomandibular disorder. *J Manipulative Physiol Ther.* 2013; 36:253-8.
 22. Castro-Sánchez AM, Moreno-Lorenzo C, Matarán-Peñarrocha GA, Feriche-Fernández-Castanys B, Granados-Gámez G, Quesada-Rubio JM. Connective tissue reflex massage for type 2 diabetic patients with peripheral arterial disease: randomized controlled trial. *Evid Based Complement Alternat Med.* 2011; 2011: 804321.