

การศึกษาเบื้องต้นเพื่อออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ถ่ายภาพหลอดเลือดดำแบบเรียลไทม์ต้นทุนต่ำด้วยคลื่นอินฟราเรดช่วงใกล้

Preliminary study on designing and developing a low-cost, real-time vein visualization device utilizing near-infrared technology

กรุณา จันทุม¹, สามารท สินทร² และณัฐจิรา เมืองมูล³

Karuna Chuntum¹, Samart Sinton² and Nuttanicha Muangmool³

Received: 3 April 2025 ; Revised: 14 July 2025 ; Accepted: 14 August 2025

บทคัดย่อ

ผู้ป่วยที่อยู่ในภาวะวิกฤตและไม่สามารถช่วยเหลือตนเองได้มักต้องได้รับยาและสารอาหารผ่านทางหลอดเลือดดำเพื่อการรักษา และการมีชีวิตรอด การเจาะเลือดจากหลอดเลือดดำเป็นหัตถการทางการแพทย์ที่ใช้บ่อยในการตรวจสุขภาพหรือการบริจาคเลือด ปัจจุบัน อุปกรณ์ถ่ายภาพหลอดเลือดดำซึ่งช่วยระบุตำแหน่งในการแทงเข็มที่มีการผลิออกมาจำหน่ายเชิงพาณิชย์นั้นมีราคาแพง ในการวิจัยครั้งนี้ จึงมุ่งเน้นไปที่การออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ถ่ายภาพหลอดเลือดดำแบบเรียลไทม์ต้นทุนต่ำโดยใช้คลื่นอินฟราเรดช่วงใกล้

การวิจัยนี้ดำเนินการภายใต้กรอบแนวคิดการพัฒนานวัตกรรมของ วิद्या จิระแพทย์ (2552) โดยประกอบด้วยขั้นตอนต่าง ๆ ได้แก่ 1) วิเคราะห์ปัญหาความไม่เพียงพอของอุปกรณ์สำหรับการจัดการกระบวนการเรียนการสอน 2) ประเมินความต้องการเพื่อหาแนวทางจัดหาสิ่งสนับสนุนสำหรับหลักสูตรสาธารณสุขศาสตร์ กลุ่มวิชาตรวจประเมินและบำบัดโรคเบื้องต้น 3) สร้างความร่วมมือและทีมงานโดยขอความร่วมมือจากคณาจารย์และนักศึกษาในสาขาวิชา 4) กำหนดประเด็นการพัฒนาอุปกรณ์ถ่ายภาพหลอดเลือดดำเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ 5) ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบและสร้างอุปกรณ์ถ่ายภาพหลอดเลือดดำอย่างเป็นระบบ 6) สังเคราะห์ข้อมูลความรู้จากวรรณกรรมที่มีคุณภาพ 7) ออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ 8) วางแผนวิธีการวัดผล 9) กำหนดแนวทางการใช้ 10) ทดลองใช้อุปกรณ์ถ่ายภาพหลอดเลือดดำกับอาสาสมัคร 11) ประเมินผลการใช้งานอุปกรณ์ 12) บันทึกผลการดำเนินงานพร้อมระบุแหล่งอ้างอิงที่เกี่ยวข้องในการออกแบบและสร้างอุปกรณ์ 13) เผยแพร่อุปกรณ์ถ่ายภาพหลอดเลือดดำเพื่อนำไปใช้จริง กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาและบุคลากรชายและหญิง อายุ 19-59 ปี จากมหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ ขนาดตัวอย่างกำหนดด้วยโปรแกรม G*power 3.1.9.7 โดยมีค่าอำนาจการทดสอบ = 0.80 ค่าความเชื่อมั่น = 0.05 และค่าขนาดอิทธิพล = 0.90 ได้ขนาดตัวอย่าง 10 คน สุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง เครื่องมือวิจัยคือ แบบบันทึกข้อมูลและอุปกรณ์ถ่ายภาพหลอดเลือดดำ ตรวจสอบคุณภาพของแบบบันทึกข้อมูลได้ค่า IOC ระหว่าง 0.87-1.00 วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติพรรณนา เช่น จำนวน ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการศึกษาได้พบอุปกรณ์ถ่ายภาพหลอดเลือดดำที่ถ่ายภาพได้ในที่มีแสงปกติและถ่ายภาพหลอดเลือดดำได้ผิวหนังได้ชัดเจน มีคุณลักษณะของอุปกรณ์ดังนี้ 1) พื้นที่ขนาดภาพที่ถ่ายได้ใกล้ที่สุดถึงพื้นที่ขนาดภาพที่ถ่ายได้ไกลที่สุด 6 x 6 เซนติเมตร ถึง 6 x 10 เซนติเมตร 2) ระยะจากผิวหนังถึงกล้องประมาณ 14 เซนติเมตร ถึง 34 เซนติเมตร 3) ภาพที่ได้มีขนาด 800 x 480 pixel

ทั้งนี้การศึกษายังเพิ่มเติมเกี่ยวกับประสิทธิภาพของอุปกรณ์ว่าจะมีความแม่นยำในการฝึกทักษะการเจาะเลือดและให้สารนำทางหลอดเลือดดำแก่นักศึกษาด้านวิทยาศาสตร์สุขภาพและบุคลากรทางการแพทย์

คำสำคัญ: อุปกรณ์ถ่ายภาพหลอดเลือดดำ, คลื่นอินฟราเรดช่วงใกล้, การประมวลผล, นวัตกรรม, การเจาะเลือด

¹ ผู้ช่วยศาสตราจารย์, สาขาสาธารณสุขศาสตร์, คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ

² อาจารย์, สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์, คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ

³ นักวิจัยอิสระ, สาขาวิทยาศาสตร์ข้อมูลชีวการแพทย์, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

¹ Assistant Professor, Public Health, Faculty of Arts and Sciences, Chaiyaphum Rajabhat University

² Lecturer, Computer Science, Faculty of Arts and Sciences, Chaiyaphum Rajabhat University

³ Biomedical data science, Faculty of Sciences, Kasetsart University

* Corresponding author: Karuna Chuntum, E-mail: karuna.ch@cpru.ac.th

Abstract

Critically ill patients who are unable to care for themselves often require the intravenous administration of medication and nutrients for treatment and survival. Additionally, blood sampling from veins is a common medical procedure employed for health screening or blood donation. Currently, commercially available vein imaging devices designed to facilitate the identification of needle insertion sites are prohibitively expensive. Therefore, this research focuses on designing and developing a low-cost, real-time vein imaging device utilizing near-infrared (NIR) technology.

This research was conducted under the innovation development framework by Veena Jirapathet (2009), which consists of the following steps: (1) analyzing the inadequacy of equipment for teaching and learning; (2) assessing the needs for supporting materials in the Public Health program (Basic Health Assessment and Treatment course group); (3) establishing collaboration and a working team involving faculty members and students; (4) determining development issues to enhance the device's efficiency; (5) systematically reviewing related literature on designing and building vein imaging devices; (6) synthesizing knowledge from high-quality literature; (7) designing and developing the device; (8) planning evaluation methods; (9) establishing usage guidelines; (10) trialing the device with volunteers; (11) evaluating the device's usability; (12) documenting performance with relevant references used in the design and construction; and (13) disseminating the device for practical application.

The sample consisted of 10 male and female students and personnel aged 19-59 years from Chaiyaphum Rajabhat University. The sample size was determined using the G*Power 3.1.9.7 program, with a statistical power of 0.80, a significance level of 0.05, and an effect size of 0.90. Participants were selected using purposive sampling. The research instruments included a data recording form and the vein imaging device. The content validity of the data recording form yielded an Item-Objective Congruence (IOC) index ranging from 0.87 to 1.00. Data were analyzed using descriptive statistics, including frequency, percentage, mean, and standard deviation.

The study successfully developed a vein imaging device capable of capturing clear images of subcutaneous veins under normal ambient lighting. The device's specifications are as follows: (1) an image capture area ranging from 6 × 6 cm to 6 × 10 cm; (2) an effective operating distance from the skin to the camera of approximately 14-34 cm; and (3) an image resolution of 800 × 480 pixels.

Future research should further investigate the device's efficacy and accuracy in training venipuncture and intravenous administration skills for health science students and medical professionals.

Keywords: Vein imaging device, near-infrared, image processing, innovation, venipuncture

บทนำ

ผู้ป่วยที่อยู่ในภาวะวิกฤตที่ไม่สามารถช่วยเหลือตนเองได้เป็นจำนวนมากอีกทั้งยังมีความจำเป็นที่ต้องรับยาหรือสารอาหารผ่านทางหลอดเลือดดำเพื่อการรักษาและเพื่อการมีชีวิตรอด การเจาะเลือดจากหลอดเลือดดำเป็นหัตถการทางการแพทย์ที่ใช้บ่อยในการตรวจสุขภาพหรือการบริจาคเลือด (Giavarina & Lippi, 2017; Meng *et al.*, 2015) แม้ว่าแผลที่เกิดขึ้นจะมีขนาดเล็ก แต่การเจาะเลือดก็ยังเป็นขั้นตอนที่อาจทำให้ผู้ป่วยเจ็บปวดและไม่สบายตัว และอาจเกิดข้อผิดพลาดทางการแพทย์ที่แก้ไขไม่ได้ซึ่งคุกคามชีวิตของผู้ป่วยได้ (Hotta, 2016; Nettar & Maas, 2012; Park & Barmettler, 2021; Qian *et al.*, 2021) ส่งผลให้เกิดการบาดเจ็บทั้งทางตรงและทางอ้อม

ในบางกรณีอาจมีความรุนแรงถึงชีวิตได้ (Jacobson & Winslow, 2005; Nafiu *et al.*, 2010; Kaddoum *et al.*, 2012) การเลือกตำแหน่งเจาะเลือดจะพิจารณาจากประสบการณ์ของแพทย์เป็นหลัก ผู้ป่วยบางรายที่มีหลอดเลือดบางหรือมองเห็นได้ยาก เช่น เด็ก คนอ้วน และผู้ป่วยที่มีผิวคล้ำ อาจพบปัญหา ระหว่างขั้นตอนการเจาะเลือดและทำให้เกิดอาการเจ็บปวดเพิ่มขึ้น (Pan *et al.*, 2019; Ialongo & Bernardini, 2016; Shahzad *et al.*, 2014) ความผิดพลาดระหว่างการทำหัตถการก่อให้เกิดความเจ็บปวดและภาวะแทรกซ้อนหลายประการ เช่น หลอดเลือดทะลุ จุดห้อเลือด หลอดเลือดดำอักเสบ การมีเลือดออกและซึมเข้าใต้ผิวหนังบริเวณที่แทงเข็มรวมถึงการมีสารน้ำซึมออกนอกหลอดเลือด (Buowari, 2013) ดังนั้นหาก

มีวิธีที่ช่วยให้มองเห็นโครงสร้างหลอดเลือดดำที่หลังมือหรือแขนได้ชัดเจนขึ้น มีประโยชน์ในการหาตำแหน่งที่เหมาะสมของหลอดเลือดสำหรับการแทงเข็ม จะช่วยลดผลข้างเคียงและความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นจากข้อผิดพลาดในการเจาะเลือด รวมถึงลดเวลาและความผิดพลาดที่ใช้ในการเจาะเลือดลดลง

ในปัจจุบันมีอุปกรณ์ต่างๆ มากมายที่ช่วยให้บุคลากรทางการแพทย์ระบุตำแหน่งหลอดเลือดได้ และการสร้างภาพเป็นหนึ่งในวิธีการที่ตรงไปตรงมาและมีประสิทธิภาพที่สุด มีการใช้งานอย่างกว้างขวางสำหรับการถ่ายภาพหลอดเลือดด้วยข้อดีที่มีขนาดกะทัดรัดและพกพาได้ง่าย (Juric *et al.*, 2014) มีการศึกษาอย่างแพร่หลายเกี่ยวกับการถ่ายภาพหลอดเลือดด้วยอุปกรณ์ถ่ายภาพหลอดเลือดดำ อุปกรณ์เหล่านี้มีแหล่งกำเนิดแสงเป็นคลื่นอินฟราเรดช่วงใกล้ (Near infrared; NIR) เป็นแสงที่นิยมนำไปถ่ายภาพหลอดเลือดดำใต้ผิวหนังเนื่องจากสามารถทะลุผ่านชั้นผิวหนังได้ลึก 1-5 มิลลิเมตร (Sharp *et al.*, 2007; Jung *et al.*, 2015) เพราะแสง NIR เป็นแสงที่สามารถทะลุผ่านผิวหนังและเนื้อเยื่อได้ดีกว่าแสง visible light นอกจากนี้ฮีโมโกลบินที่เป็นส่วนประกอบเม็ดเลือดมีค่าการดูดกลืนแสงในช่วง NIR แตกต่างจากเนื้อเยื่อโดยรอบมากกว่าแสงในช่วงความยาวคลื่นที่ตามองเห็น ทำให้แสงอินฟราเรดช่วงใกล้สามารถถ่ายภาพหลอดเลือดใต้ผิวหนังได้ดีและลึกกว่าแสงที่ตามองเห็น (Haff *et al.*, 2013; Wang *et al.*, 2011) นอกจากนี้ยังพบการนำเทคโนโลยีมาช่วยค้นหาตำแหน่งของหลอดเลือดที่ชัดเจนเพื่อการเจาะหลอดเลือดดำโดยการทำให้หลอดเลือดมองเห็นได้เด่นชัดขึ้น (Pan *et al.*, 2019; Mukai *et al.*, 2020) อีกทั้งยังสามารถระบุตำแหน่งรวมถึงทิศทางของหลอดเลือดในร่างกายได้ (Chen *et al.*, 2011) ด้วยความก้าวหน้าของเทคโนโลยีที่กล่าวไปแล้วข้างต้น หลักการทำงานของอุปกรณ์เพื่อทำให้มองเห็นหลอดเลือดชัดเจนมีทั้งการใช้คลื่นแสง คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า การเปลี่ยนแปลงค่าความดันบริเวณกล้ามเนื้อ ซึ่งมีการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อปรับปรุงข้อมูลภาพถ่ายของหลอดเลือดให้มีความชัดเจนเพื่อให้บอกตำแหน่งของหลอดเลือดได้แม่นยำขึ้น

การใช้คลื่นแสงอินฟราเรดเป็นแหล่งกำเนิดแสงสำหรับอุปกรณ์ถ่ายภาพหลอดเลือดใต้ผิวหนัง เพื่อส่องหาโครงสร้างของหลอดเลือด ด้วยคุณลักษณะของคลื่นแสงอินฟราเรดที่ถูกเนื้อเยื่อของร่างกายดูดซับได้แตกต่างกัน โดยที่ไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อเนื้อเยื่อ (Al-Saadi *et al.*, 2021) รังสีอินฟราเรดมีความยาวคลื่น 750-1,000 นาโนเมตร แบ่งช่วงความยาวคลื่นเป็น 3 ช่วง คือ รังสีอินฟราเรดคลื่นใกล้ (Near Infrared; NIR) ความยาวคลื่น 750 ถึง 1,500 นาโนเมตร ใช้ในการถ่ายภาพความร้อนและเป็นช่วงรังสีที่ทะลุผ่าน

ชั้นผิวหนังลึกที่สุด รังสีอินฟราเรดคลื่นกลาง (Medium Infrared; MIR) ความยาวคลื่น 1,500 ถึง 5,600 นาโนเมตร ประยุกต์ใช้กับระบบนำวิถีของจรวด และรังสีอินฟราเรดคลื่นไกล (Far Infrared; FIR) ความยาวคลื่น 5,600 นาโนเมตรขึ้นไป มีพลังงานความร้อนไม่มากนักนิยมใช้ในการบำบัดผู้ป่วยด้านกายภาพบำบัดเพื่อช่วยลดอาการปวดเรื้อรัง การศึกษาวิจัยที่ผ่านมาเกี่ยวกับการสร้างอุปกรณ์ถ่ายภาพหลอดเลือดดำ นักวิจัยใช้วิธีที่ไม่ต้องรุกราน (invasive) เข้าไปในร่างกายมนุษย์ 2 วิธี คือการถ่ายภาพด้วยรังสีอินฟราเรดคลื่นใกล้ และรังสีอินฟราเรดคลื่นไกล (Wang & Leedham, 2006) จากผลการศึกษาของ Walus (2017) พบว่ารังสีอินฟราเรดคลื่นใกล้ที่มีช่วงความยาวคลื่น 875-890 นาโนเมตร (Walus *et al.*, 2017) เป็นช่วงความยาวคลื่นที่เหมาะสมที่สุดในการถ่ายภาพหลอดเลือดดำในร่างกายมนุษย์ได้อย่างมีคุณภาพ เพราะทนต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและความชื้น (Chen *et al.*, 2011)

อุปกรณ์สำหรับถ่ายภาพหลอดเลือดใต้ผิวหนังด้วยคลื่นแสงอินฟราเรด มีวางจำหน่ายอยู่แล้ว อุปกรณ์ออกแบบมาเพื่อช่วยแพทย์ พยาบาล รวมถึงบุคลากรทางการแพทย์ระบุตำแหน่งการฉีดยา เจาะเลือดหรือให้น้ำเกลือ เช่น เครื่อง Vein Viewer ของบริษัท Christie Medical ใช้แหล่งกำเนิดแสง NIR ระบุตำแหน่งหลอดเลือดดำใต้ผิวหนังได้ลึกประมาณ 10-15 มิลลิเมตร จัดแสงแบบสะท้อน แสดงผลผ่านจอรับภาพแบบเรียลไทม์ ขนาดพกพา ราคาประมาณ 700,000 บาท ส่วนเครื่อง ACCuVein ของบริษัท Avant Medical ใช้ NIR จัดแสงแบบสะท้อน แสดงผลภาพบริเวณผิวหนังของผู้ป่วย อุปกรณ์ขนาดเล็กพกพาง่าย ราคาประมาณ 60,000 บาท เครื่อง Vasculuminator บริษัท De Koningh Medical (www.dkmp.nl) ใช้แหล่งกำเนิดแสงช่วง NIR แต่จัดแสงแบบทะลุผ่านผ่านแสดงผลออกหน้าจอคอมพิวเตอร์ ราคาประมาณ 300,000 บาท และเครื่อง Veinsite บริษัท VueTek Scientific ใช้ NIR ระบุตำแหน่งหลอดเลือดดำใต้ผิวหนัง จัดแสงแบบทะลุผ่านผ่านแสดงผลออกหน้าจอ VGA ราคาประมาณ 150,000 บาท เมื่อพิจารณาประเด็นเรื่องราคาอุปกรณ์ถ่ายภาพหลอดเลือดดำที่วางจำหน่ายในปัจจุบันราคาประมาณ 60,000-700,000 บาท อุปกรณ์ดังกล่าวมีหลักการทำงานโดยใช้ NIR ระบุตำแหน่งของหลอดเลือดดำใต้ผิวหนัง ใช้การจัดแสงทั้งการจัดแสงแบบสะท้อน การจัดแสงแบบทะลุผ่าน โดยมีการแสดงผลภาพผ่านจอรับภาพแบบ real time

อุปกรณ์ถ่ายภาพหลอดเลือดดำ สำหรับช่วยระบุตำแหน่งในการแทงเข็มที่มีการผลิตออกมาจำหน่ายเชิงพาณิชย์มีราคาแพง งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะพัฒนาอุปกรณ์ถ่ายภาพหลอดเลือดดำแบบเรียลไทม์ต้นทุนต่ำขึ้นมาเอง โดย

ใช้กล้อง Raspberry Pi Camera Module 2 NoIR เป็นอุปกรณ์รับภาพ สามารถนำไปใช้สนับสนุนกระบวนการจัดการเรียนการสอนของสาขาสาธารณสุขศาสตร์ กลุ่มวิชาตรวจประเมินและบำบัดโรคเบื้องต้น เนื่องจากหลอดเลือดดำอยู่ไม่ลึกมาก อีกทั้งสามารถพัฒนาให้มีขนาดกะทัดรัดใช้งานได้ง่ายขึ้นในอนาคต

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ถ่ายภาพหลอดเลือดดำแบบเรียลไทม์ต้นทุนต่ำด้วยคลื่นอินฟราเรดช่วงใกล้

วิธีการศึกษา

รูปแบบการวิจัย

การวิจัยนี้ เป็นการวิจัยและพัฒนานวัตกรรม (Innovative research and development) เพื่อสนับสนุนกระบวนการจัดการเรียนการสอนของสาขาสาธารณสุขศาสตร์ กลุ่มวิชาตรวจประเมินและบำบัดโรคเบื้องต้น ดูแลช่วยเหลือฟื้นฟูสภาพและการส่งต่อผู้ป่วย ได้รับการรับรองจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ เลขที่ HE 66-1-022 ลงวันที่ 4 ตุลาคม 2566 ดำเนินการวิจัยตามกรอบแนวคิดการพัฒนาวัตกรรมการ วิเคราะห์ (2552) ดังนี้ 1) การมองเห็นปัญหาความไม่เพียงพอของอุปกรณ์จัดการกระบวนการจัดการเรียนการสอน 2) การประเมินความต้องการเพื่อแสวงหาวิธีการได้มาซึ่งสิ่งสนับสนุนกระบวนการจัดการเรียนการสอนของสาขาสาธารณสุขศาสตร์ กลุ่มวิชาตรวจประเมินและบำบัดโรคเบื้องต้น 3) สร้างแนวร่วมและทีมงานโดยขอความร่วมมือจากคณาจารย์ในสาขาวิชาและนักศึกษา 4) กำหนดประเด็นการพัฒนาอุปกรณ์ถ่ายภาพหลอดเลือดดำให้มีประสิทธิภาพ 5) ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบและสร้างอุปกรณ์ถ่ายภาพหลอดเลือดดำอย่างเป็นระบบ 6) สังเคราะห์ความรู้จากการทบทวนวรรณกรรมที่มีคุณภาพ 7) ออกแบบและสร้างอุปกรณ์ 8) กำหนดวิธีการวัดผล 9) กำหนดวิธีการใช้ 10) ทดลองใช้อุปกรณ์ถ่ายภาพหลอดเลือดดำในอาสาสมัคร 11) ประเมินผลอุปกรณ์ถ่ายภาพหลอดเลือดดำ 12) บันทึกผลพร้อมแหล่งอ้างอิงที่ใช้ในการออกแบบและสร้างอุปกรณ์ 13) การเผยแพร่อุปกรณ์ถ่ายภาพหลอดเลือดดำให้สามารถนำไปใช้จริงรายละเอียดดังนี้

ผู้วิจัยดัดแปลงให้เหมาะสมกับการวิจัยครั้งนี้ แบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน (วิภา จิระแพทย์, 2552) ได้แก่ 1. การศึกษาหลักการทำงานของอุปกรณ์ 2. การออกแบบและสร้างอุปกรณ์ 3. การทดสอบคุณลักษณะอุปกรณ์ และ 4. การทดลองใช้อุปกรณ์กับอาสาสมัคร

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง เนื่องจากอุปกรณ์ต้นแบบยังไม่เคยใช้กับผู้ป่วย การศึกษาครั้งนี้จึงทดลองใช้กับผู้ที่มีสุขภาพดีภายในสถาบัน

ประชากร คือนักศึกษาและบุคลากรในมหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ ทั้งชายและหญิง

กลุ่มตัวอย่าง นักศึกษาและบุคลากรมหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ ชายและหญิง อายุ 19-59 ปี

กำหนดขนาดตัวอย่าง ด้วยโปรแกรม G*power 3.1.9.7 กำหนดค่าอำนาจการทดสอบ = 0.80 ค่าความเชื่อมั่น = 0.05 และค่าขนาดอิทธิพล = 0.90 ได้ขนาดตัวอย่าง 10 คน

สุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง เพื่อใช้ทดสอบอุปกรณ์ที่ออกแบบและพัฒนา โดยมีเกณฑ์คัดเข้า คือผู้ไม่มีปัญหาด้านสุขภาพ ไม่มีความพิการหรือพยาธิสภาพบริเวณแขนและมือทั้งด้านซ้ายและขวา และเกณฑ์คัดออก คือไม่สามารถเข้าร่วมการเก็บข้อมูล ได้แก่ ใช้แบบสัมภาษณ์และร่วมทดสอบอุปกรณ์ฯ ครอบคลุมระยะเวลาที่กำหนด (15-30 นาที)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. **เครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูล** ได้แก่ แบบสอบถาม ประกอบด้วย 2 ส่วน คือส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของอาสาสมัคร จำนวน 6 ข้อ ส่วนที่ 2 ข้อมูลผลการทดสอบอุปกรณ์ จำนวน 2 ข้อ

2. **เครื่องมือในการทดลอง** ได้แก่ อุปกรณ์ถ่ายภาพหลอดเลือดดำแบบเรียลไทม์ต้นทุนต่ำ ใช้กรอบแนวคิดการพัฒนาวัตกรรมการ วิเคราะห์ (2552) ดัดแปลงให้เหมาะสมกับการวิจัยนี้ 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาหลักการทำงานของอุปกรณ์ อุปกรณ์มีหลักการทำงานโดยการฉายแสงอินฟราเรดความยาวคลื่น 850 นาโนเมตร ลงบนผิวหนัง Hemoglobin ในหลอดเลือดดำจะดูดกลืนแสงแล้วสะท้อนแสงเข้ามาที่กล้องรับภาพ จากนั้นกล้องรับภาพจะส่งข้อมูลภาพไปยังบอร์ด Raspberry Pi 4 เพื่อประมวลผลภาพ และแสดงภาพที่จอแสดงผลแบบ Real-time ทำให้มองเห็นหลอดเลือดได้อย่างชัดเจน (Figure 1)

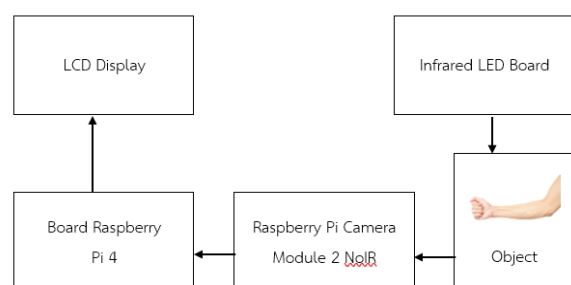


Figure 1 Diagram illustrating the operation of the device

ขั้นตอนที่ 2 การออกแบบและสร้างอุปกรณ์ ผู้วิจัยสร้างอุปกรณ์โดยเลือกวัสดุในการออกแบบ 7 รายการ ได้แก่ Board Raspberry Pi 4, Raspberry Pi Camera Module 2 NoIR, Infrared LED Board, LCD Display, Raspberry Pi Camera Cable, Adapter 12 V 1A และโคมไฟ (Figure 2) นำอุปกรณ์แต่ละรายการประกอบเข้าด้วยกัน (Figure 3) ได้อุปกรณ์ถ่ายภาพหลอดเลือดดำ ดัง Figure 3E (Figure 4)

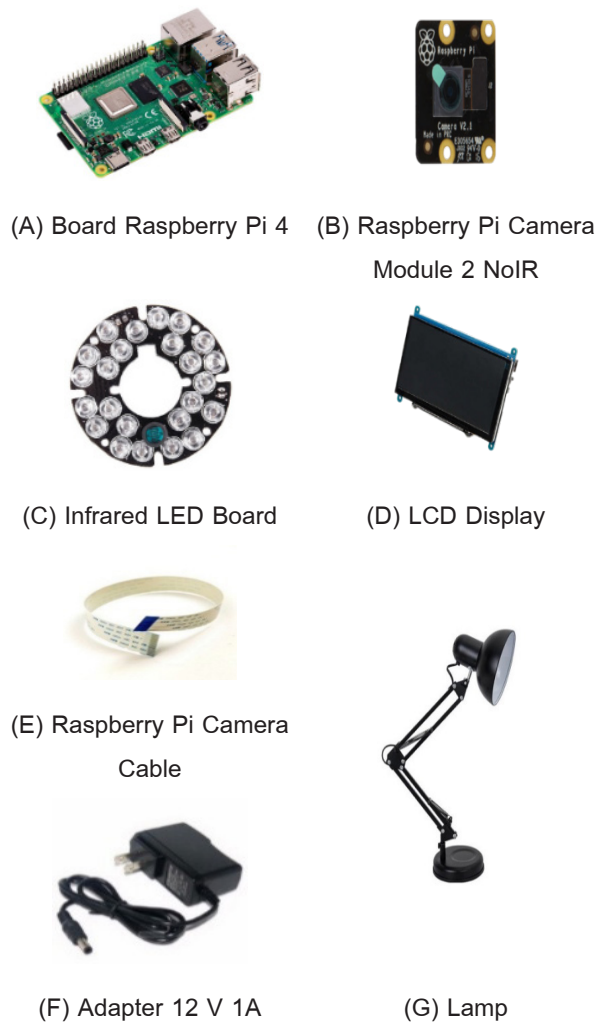


Figure 2 Materials Utilized in Equipment Design

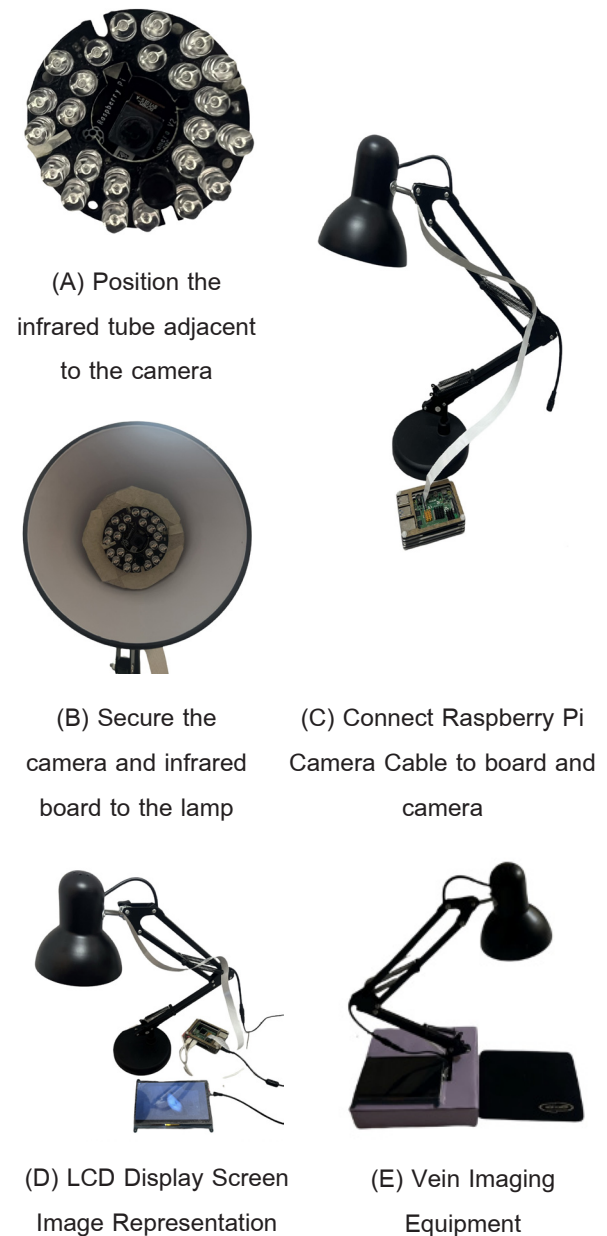


Figure 3 Assembly of Equipment.

ขั้นตอนที่ 3 การทดสอบคุณลักษณะของอุปกรณ์ถ่ายภาพหลอดเลือดดำ ขั้นตอนนี้เป็นการจัดทำทางและการโฟกัสภาพเพื่อการใช้งานอุปกรณ์ โดยการจัดตำแหน่งของอุปกรณ์ถ่ายภาพหลอดเลือดดำให้ตั้งฉากกับวัตถุหรือบริเวณที่จะถ่ายภาพ (ทำมุม 90 องศา) และหาระยะทางที่โฟกัสภาพสำหรับอุปกรณ์ถ่ายภาพหลอดเลือดดำจากตำแหน่งที่เป็นเป้าหมาย เพื่อให้ได้ตำแหน่งและระยะทางที่เหมาะสมสำหรับการถ่ายภาพ (Figure 4) เมื่อสิ้นสุดกระบวนการจะได้อุปกรณ์ถ่ายภาพหลอดเลือดดำที่สามารถถ่ายภาพหลอดเลือดดำได้ผิวหนังได้ชัดเจน (Figure 5)



(A) Accurately measure the image area within nearest range



(B) Measure the image area at the maximum range



(C) Determining the distance from the camera to both the nearest and farthest points of the skin



(D) Evaluation of device features through photography under standard lighting conditions



Figure 4 Testing for characterization of vein imaging devices



Figure 5 Diagram illustrating the operational principle of the device

ขั้นตอนที่ 4 ทดลองใช้อุปกรณ์กับอาสาสมัคร โดยเก็บข้อมูลทั่วไปด้วยแบบสัมภาษณ์และทดลองใช้อุปกรณ์ถ่ายภาพหลอดเลือดดำถ่ายภาพกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 10 คน รายละเอียดดังนี้

1. การเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงปริมาณด้วยแบบสัมภาษณ์ โดยแบบสัมภาษณ์เป็นข้อมูลลักษณะบุคคล ได้แก่ เพศ อายุ อาชีพ น้ำหนัก ส่วนสูง ค่าดัชนีมวลกาย

2. การทดลองถ่ายภาพด้วยอุปกรณ์ถ่ายภาพหลอดเลือดดำที่ออกแบบและสร้างขึ้น กำหนดบริเวณถ่ายภาพ 2 จุด คือบริเวณหลังมือและแขน ภาพถ่ายที่ได้บันทึกเป็นไฟล์ข้อมูลดิจิทัล กำหนดชื่อไฟล์ข้อมูลเป็นหมายเลขที่ไม่ระบุตัวตน ภาพถ่ายเป็นไฟล์ภาพชนิด BMP ซึ่งเป็นไฟล์รูปแบบมาตรฐานที่ใช้ในระบบปฏิบัติการ Window และ DOS ขนาดภาพ 800x480 pixel

การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

ผู้วิจัยตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูลเสนอผู้ทรงคุณวุฒิ 3 คน เป็นอาจารย์พยาบาล 2 คน และอาจารย์วิศวกรรมเครื่องกล 1 คน เพื่อตรวจสอบความตรงตามเนื้อหา (Content validity) ใช้วิธีหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Objective-Item Congruence: IOC) คำถามแต่ละข้อค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.87-1.00

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ผู้วิจัยติดประกาศรับสมัครกลุ่มตัวอย่างผ่านบอร์ดประชาสัมพันธ์ของคณะ และส่งจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ถึงบุคลากรและนักศึกษาร่วมทดลองอุปกรณ์ถ่ายภาพหลอดเลือดดำ กระบวนการประชาสัมพันธ์ได้ขออนุญาตผู้บริหารสถาบัน เมื่อได้กลุ่มตัวอย่างครบตามจำนวนผู้วิจัยพบกลุ่มตัวอย่างก่อนการศึกษาร่วมเพื่อชี้แจงวัตถุประสงค์ อธิบายลักษณะงานวิจัย ขั้นตอนวิธีการเข้าร่วมวิจัย กิจกรรม เปิดโอกาสให้ซักถามจนเข้าใจและให้ความยินยอม

2. เก็บรวบรวมข้อมูลทั่วไปด้วยแบบสัมภาษณ์และทดลองใช้อุปกรณ์ ก่อนเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยอธิบายและแสดงการทำงานของอุปกรณ์ที่สร้างขึ้น โดยการทดลองกำหนดบริเวณถ่ายภาพ 2 จุด คือบริเวณหลังมือและแขนกับกลุ่มตัวอย่าง 10 คน ภาพถ่ายจะบันทึกเป็นไฟล์ข้อมูลดิจิทัล กำหนดชื่อไฟล์เป็นหมายเลขที่ไม่ระบุตัวตน

การวิเคราะห์ข้อมูล ข้อมูลลักษณะส่วนบุคคล เช่น เพศ อายุ ส่วนสูง น้ำหนัก ด้วยสถิติพรรณนา ได้แก่ จำนวน ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการศึกษา

1. ผลการออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ถ่ายภาพหลอดเลือดดำแบบเรียลไทม์ต้นทุนต่ำ

ผลการออกแบบและพัฒนาได้อุปกรณ์ถ่ายภาพหลอดเลือดดำแบบเรียลไทม์ต้นทุนต่ำ ที่ถ่ายภาพหลอดเลือดดำใต้ผิวหนังได้ชัดเจนมีรายละเอียดดังนี้ ภาพที่ได้จากการศึกษาวิจัยนี้มีขนาด 800 x 480 pixel พื้นที่ขนาดภาพที่ถ่ายได้ใกล้ที่สุดถึงพื้นที่ขนาดภาพที่ถ่ายได้ไกลที่สุด 6 x 6 เซนติเมตร ถึง 6 x 10 เซนติเมตร ระยะจากผิวหนังถึงกล้องประมาณ 14-34 เซนติเมตร คุณลักษณะดังกล่าวทำให้อุปกรณ์ถ่ายภาพได้ในที่มีแสงปกติ

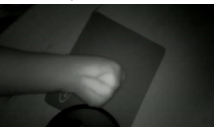
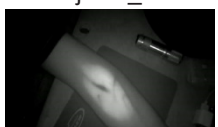
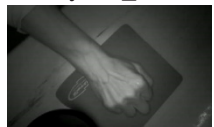
2. ผลการทดลองใช้อุปกรณ์ถ่ายภาพหลอดเลือดดำแบบเรียลไทม์ต้นทุนต่ำ

เก็บข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง (Table 1) จากนั้นใช้อุปกรณ์ถ่ายภาพหลอดเลือดดำแบบเรียลไทม์ต้นทุนต่ำทดลองถ่ายภาพจากกลุ่มตัวอย่างทั้ง 10 คน บริเวณหลังมือและแขน (Table 2)

Table 1 Characteristics of the participants (n=10)

ID	Gender	Age (years)	BMI	Interpretation
1	Female	23	18.28	Underweight
2	Male	28	17.35	Underweight
3	Female	32	18.35	Underweight
4	Male	42	23.88	Normal
5	Female	45	30.85	Obese
6	Male	46	30.07	Obese
7	Female	47	19.48	Normal
8	Female	54	24.76	Overweight
9	Male	56	20.01	Normal
10	Female	58	24.24	Overweight

Table 2 Photographs of the participants (n=10)

Subject ID / Figure	
Subject1_Palm	Subject1_Arm
	
Subject2_Palm	Subject2_Arm
	
Subject3_Palm	Subject3_Arm
	
Subject4_Palm	Subject4_Arm
	
Subject5_Palm	Subject 5_Arm
	
Subject6_Palm	Subject6_Arm
	
Subject7_Palm	Subject7_Arm
	
Subject8_Palm	Subject8_Arm
	
Subject9_Palm	Subject9_Arm
	
Subject10_Palm	Subject10_Arm
	

ผู้วิจัยปรับขนาดภาพให้มีขนาดเท่ากับหน้าจอ LCD โดยกำหนดให้ภาพมีขนาด 800x480 pixel กำหนด frame rate ที่ 60 กำหนดค่า brightness ให้พอดีกับการถ่ายภาพหลอดเลือดดำ ถ้ากำหนดค่า brightness มากเกินไปภาพจะสว่างจนไม่เห็นหลอดเลือดดำ ถ้ากำหนดค่า brightness น้อยเกินไป ภาพถ่ายหลอดเลือดดำจะมีมืด ดังนั้นจึงกำหนดให้ค่า brightness = 39 ซึ่งมีค่าความสว่างเหมาะสมกับการถ่ายภาพ ทำการปรับค่า contrast = 42 เป็นค่าที่ทำให้เห็นหลอดเลือดดำได้ผิวหนังชัดเจนที่สุดในการวิจัยครั้งนี้

อภิปรายผล

ผลการศึกษาวิจัยพบว่าอุปกรณ์ต้นแบบมีราคาประมาณ 6,000-7,000 บาท พัฒนาจากอุปกรณ์ 7 รายการ ได้แก่ Board Raspberry Pi 4, Raspberry Pi Camera Module 2 NoIR, Infrared LED Board, LCD Display, Raspberry Pi Camera Cable, Adapter 12 V 1A และโคมไฟ แหล่งกำเนิดแสงเป็นรังสีอินฟราเรดคลื่นใกล้ความยาวคลื่น 850 นาโนเมตร โดยใช้การจัดแสงแบบสะท้อน

การวิจัยครั้งนี้ใช้การจัดแสงแบบสะท้อน เป็นการวางกล้องรับภาพกับแหล่งกำเนิดแสงในตำแหน่งที่ใกล้กันและอยู่ด้านบนของวัตถุที่ต้องการถ่ายภาพ ภาพหลอดเลือดดำที่ผิวหนังที่บันทึกได้คือส่วนของแสงที่สะท้อนจากผิวหนังโดยตรง (Specular reflection) และอีกส่วนหนึ่งเป็นแสง NIR ที่ทะลุผ่านผิวหนังแล้วกระเจิงแสง (Backscattered light) ได้ภาพหลอดเลือดดำที่ผิวหนัง สอดคล้องกับการศึกษาวิจัยหลายเรื่อง ที่เสนอวิธีการจัดแสงที่เหมาะสมกับการถ่ายภาพหลอดเลือดดำได้ผิวหนังแต่ละบริเวณ เช่น บริเวณมือ (Kumar & Prathyusha, 2009; Wang *et al.*, 2014; Jung *et al.*, 2015; Crisan *et al.*, 2010) บริเวณส่วนปลายแขน (Wang *et al.*, 2013; Zharov *et al.*, 2004) บริเวณขา (Rao *et al.*, 2017) ภาพหลอดเลือดดำที่ผิวหนังที่บันทึกได้ประกอบด้วยแสง 2 ส่วน ส่วนแรกคือส่วนของแสงสะท้อนจากผิวหนังโดยตรง (Specular reflection) และอีกส่วนหนึ่งเป็นแสง NIR ที่ทะลุเข้าไปในผิวหนังแล้วกระเจิงแสงกลับออกมา (Backscattered light) แสงที่ทำให้ได้ภาพหลอดเลือดดำที่ผิวหนังได้ คือ Backscattered light การจัดแสงแบบสะท้อนมีการจัดอุปกรณ์ที่ง่ายปลอดภัยและสะดวกในการถ่ายภาพ แต่ภาพหลอดเลือดดำที่ผิวหนังที่บันทึกได้มีขนาดเล็ก 3-5 มิลลิเมตร (Zharov *et al.*, 2004) ขึ้นอยู่กับขนาดของหลอดเลือด เนื่องจากแสง Specular reflection เข้ามารบกวนภาพหลอดเลือด เช่น เมื่อความเข้มแสง NIR สูงขึ้นแสงที่ทะลุผ่านผิวหนังจะทะลุลงไปใต้ลึกขึ้นจึงสามารถถ่ายภาพหลอดเลือดที่อยู่ลึกขึ้นได้ ถึงแม้ว่าการจัด

แสงแบบสะท้อนถ่ายภาพเส้นเลือดใต้ผิวหนังได้ไม่ลึกมาก แต่ภาพหลอดเลือดใต้ผิวหนังที่ได้ก็เพียงพอต่อการนำไปใช้ประโยชน์ เช่น ระบุตัวบุคคลด้วยหลอดเลือดที่หลังมือ (Wang *et al.*, 2014) การทำหัตถการทางการแพทย์ เช่น การแทงเข็มเจาะเลือด การแทงเข็มเพื่อให้น้ำเกลือในเด็ก (Kaddoum *et al.*, 2012) การใช้เลเซอร์เพื่อรักษาหลอดเลือด (Miyake *et al.*, 2006) การวินิจฉัยโรคเส้นเลือดดำโป่งท้อ (Rao *et al.*, 2017) อุปกรณ์ถ่ายภาพหลอดเลือดดำที่มีการพัฒนาขึ้นด้วยวิธีการใช้รังสีอินฟราเรดคลื่นใกล้ มีการวางจำหน่ายอยู่แล้วในท้องตลาด แต่พบว่าราคาค่อนข้างแพง การใช้งานมีความยุ่งยาก ไม่สะดวกในการเคลื่อนย้ายอุปกรณ์ การออกแบบและแผนผังการทำงานใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยส่งผลต่อราคาของอุปกรณ์ (Ahmed *et al.*, 2017) เมื่อเปรียบเทียบจุดเด่น-จุดด้อยกับอุปกรณ์ถ่ายภาพหลอดเลือดดำที่ออกแบบและพัฒนาในการศึกษานี้ ราคาไม่แพงเมื่อเทียบกับอุปกรณ์ที่วางขายในท้องตลาด ส่วนความชัดเจนของภาพต้องมีการพัฒนาต่อไปในส่วนของการใช้เขียนคำสั่ง และประเด็นของการใช้งานต้องมีการจัดวางอุปกรณ์ในพื้นที่เหมาะสมเป็นสัดส่วน เพราะหากมีการเคลื่อนย้ายอุปกรณ์ ผู้ใช้งานต้องมีการกำหนดพื้นที่ถ่ายภาพให้เหมาะสมตามผลการทดสอบคุณลักษณะอุปกรณ์ถ่ายภาพหลอดเลือดดำ ที่ได้กำหนดไว้จากการศึกษาวิจัยครั้งนี้ คือ 1) พื้นที่ขนาดภาพที่ถ่ายได้ใกล้ที่สุดถึงพื้นที่ขนาดภาพที่ถ่ายได้ไกลที่สุด 6 x 6 เซนติเมตร ถึง 6 x 10 เซนติเมตร 2) ระยะจากผิวหนังถึงกล้องประมาณ 14 เซนติเมตร ถึง 34 เซนติเมตร 3) ภาพที่ได้มีขนาด 800 x 480 pixel

เมื่อผู้วิจัยนำอุปกรณ์มาทดสอบถ่ายภาพกับกลุ่มตัวอย่าง เพื่อให้ได้ภาพที่ชัดเจนมองเห็นหลอดเลือดดำชัดเจน ต้องมีการปรับค่าการสะท้อนแสงของเลือดกับเนื้อเยื่อ และปรับขนาดภาพให้มีขนาดเท่ากับหน้าจอ LCD กำหนด frame rate ที่ 60 กำหนดค่า brightness ให้พอดีกับการถ่ายภาพหลอดเลือดดำ ถ้ากำหนดค่า brightness มากเกินไปภาพจะสว่างจนไม่เห็นหลอดเลือดดำ ถ้ากำหนดค่า brightness น้อยเกินไป ภาพถ่ายหลอดเลือดดำจะมีมืด ดังนั้นจึงกำหนดให้ค่า brightness = 39 ซึ่งมีค่าความสว่างเหมาะสมกับการถ่ายภาพ เป็นค่าที่ทำให้เห็นหลอดเลือดดำที่ผิวหนังชัดเจน อย่างไรก็ตามความชัดเจนของภาพถ่ายขึ้นอยู่กับปัจจัยด้านอื่นด้วย อาทิเช่น คุณสมบัติของโครงสร้างชั้นผิวหนังที่มีความแตกต่างของสีผิวและความลึกของหลอดเลือดใต้ผิวหนัง (Kimori *et al.*, 2015) แต่ในทางปฏิบัติพบว่าสีผิวของคนไข้และความหนาของชั้นไขมันใต้ผิวหนังเป็นอุปสรรคต่อการมองเห็นโครงสร้างหลอดเลือดดำที่ผิวหนัง (Jacobson & Winslow, 2005; Nafiu *et al.*, 2010; Kaddoum *et al.*, 2012) เมื่อพิจารณาโครงสร้าง

ผิวหนังมนุษย์ หนาประมาณ 3 มิลลิเมตร ชั้นนี้จะมีเส้นเลือดเส้นประสาท และหลอดน้ำเหลือง ส่วนประกอบของเนื้อเยื่อมีผลต่อการเกิดภาพ คือเมลานิน ฮีโมโกลบิน ไชมันและน้ำ (Bashkatov *et al.*, 2005) งานวิจัยที่ผ่านมาศึกษาและวัดค่าการดูดกลืนแสงของเนื้อเยื่อ พบว่าเมลานินและฮีโมโกลบินมีค่าการดูดกลืนแสงลดลงเมื่อความยาวคลื่นสูงขึ้น ดังนั้นแสงที่มีความยาวคลื่นสูงมีโอกาสดูทะลุผ่านชั้นหนังแท้ได้ แต่แสงความยาวคลื่นที่สูงขึ้นมีค่าการดูดกลืนแสงของน้ำเพิ่มขึ้น (Denstedt *et al.*, 2014) จากคุณสมบัติทางแสงของเนื้อเยื่อจะเห็นว่าแสงความยาวคลื่น NIR สามารถทะลุผ่านผิวหนังและเนื้อเยื่อได้ดีกว่าแสง Visible light (380-780 นาโนเมตร) เพราะเมลานิน และฮีโมโกลบินมีการดูดกลืนแสงช่วง NIR ต่ำกว่า นอกจากนี้ยังมีค่าความแตกต่างของการดูดกลืนแสงระหว่างเลือดกับเนื้อเยื่อโดยรอบสูงกว่า Visible light ส่งผลให้ค่า Contrast ของแสงในช่วง NIR สูงกว่า ทำให้ช่วงความยาวคลื่นที่เหมาะสมในการถ่ายภาพ อยู่ในช่วง 700-1000 นาโนเมตร นอกจากนี้ภาพที่ได้จากแสงช่วง NIR ขึ้นกับสีผิวของบุคคล น้อยกว่าความยาวคลื่นแสงช่วง Visible light ข้อมูลคุณสมบัติทางแสงระหว่างเส้นเลือดกับเนื้อเยื่อโดยรอบที่มีระดับสีผิวต่างกันแสดงให้เห็นว่าภาพที่ถ่ายได้ของคนผิวขาวให้ภาพเส้นเลือดที่ชัดกว่าคนผิวสีเข้ม (Cuper *et al.*, 2013)

ข้อจำกัดในการใช้งานของอุปกรณ์ถ่ายภาพหลอดเลือดดำที่พัฒนาจากงานวิจัยนี้ คือ ไม่เหมาะสำหรับการแสดงภาพเพื่อวินิจฉัยหรือรักษาทางการแพทย์ และไม่ควรถูกใช้ใกล้เครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่มีการกระจายสนามแม่เหล็ก อุปกรณ์นี้ไม่สามารถใช้ตรวจวินิจฉัยโรคหรือภาวะทางการแพทย์ต่าง ๆ ได้ นอกจากนี้ อุปกรณ์ยังไม่เหมาะสมสำหรับการใช้งานในที่โล่งหรือบริเวณที่มีแสงแดดโดยตรง การใช้งานไฟของอุปกรณ์สามารถเลือกใช้ได้ทั้งแบบไฟฟ้า AC และแบตเตอรี่ โดยสายไฟ AC ที่ใช้ต้องมีคุณสมบัติเหมาะสมกับอุปกรณ์ที่ได้รับการออกแบบและพัฒนา

สรุปผลการทดลอง

การออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ถ่ายภาพหลอดเลือดดำครั้งนี้ เริ่มจากการทบทวนวรรณกรรมและ ศึกษาความเป็นไปได้ในการออกแบบจากอุปกรณ์ที่มีการวางจำหน่ายในท้องตลาด และนำข้อมูลมาออกแบบและพัฒนาด้วยกระบวนการวิจัยและพัฒนาควบคู่กับการใช้กรอบแนวคิดการพัฒนานวัตกรรมของ วิชา จิระแพทย์ (2552) ได้อุปกรณ์ถ่ายภาพหลอดเลือดดำที่สามารถถ่ายภาพได้ในแสงปกติ

แต่ในการวิจัยครั้งนี้ยังไม่ดำเนินการศึกษาประสิทธิภาพของอุปกรณ์ว่าจะมีความแม่นยำในการฝึกทักษะการเจาะเลือด และให้สารนำทางหลอดเลือดดำแก่นักศึกษาด้านวิทยาศาสตร์สุขภาพ และบุคลากรทางการแพทย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพหรือไม่ รวมถึงความเป็นไปได้ของการนำอุปกรณ์ไปใช้งาน ถึงแม้ว่าอุปกรณ์จะมีขนาดที่สามารถติดตั้งได้ง่าย แต่อาจพบข้อจำกัดของการใช้งานสำหรับบุคลากรที่ไม่เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยี หากมีการนำอุปกรณ์ไปใช้งานจริงต้องมีการแนะนำการใช้งานเบื้องต้นแก่ผู้ใช้งานรวมถึงอุปสรรคที่อาจเกิดขึ้นจากการใช้งาน อีกทั้งผลการศึกษารังนี้้นนอกจากจะได้อุปกรณ์ถ่ายภาพหลอดเลือดดำแบบเรียลไทม์ต้นทุนต่ำที่สามารถถ่ายภาพหลอดเลือดดำได้ มีข้อดีในเรื่องของราคาที่ไม่แพงเกินไป อุปกรณ์หาได้ในประเทศ ขั้นตอนการประกอบและทดสอบคุณสมบัติของอุปกรณ์สามารถทำได้ด้วยตนเอง

อย่างไรก็ตาม อาจต้องศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องของโปรแกรมที่ใช้ในการแสดงผลผ่านจอภาพเพื่อประมวลผลภาพให้มีความชัดเจนเพิ่มขึ้น รวมทั้งควรศึกษาเปรียบเทียบกับอุปกรณ์ที่ผลิตจากต่างประเทศและวางจำหน่ายในท้องตลาดในปัจจุบัน ทั้งนี้ผู้สนใจสามารถนำไปประยุกต์ใช้และพัฒนาอุปกรณ์ให้มีความเหมาะสมกับการใช้งานได้

ข้อเสนอแนะ

ผู้วิจัยพบปัญหาและข้อจำกัดในการสร้างอุปกรณ์ถ่ายภาพหลอดเลือดดำคือ อุปกรณ์ที่ออกแบบและพัฒนาสามารถถ่ายภาพหลอดเลือดดำได้ภาพออกมาเป็นสีม่วง สาเหตุเกิดจากอินฟราเรดมองไม่เห็น วิธีการแก้ไขปัญหาคือทำให้ภาพที่ถ่ายได้เป็นสีเทา โดยใส่คำสั่งในโค้ดให้ภาพถ่ายที่ได้เป็น grayscale ประกอบกับแสงสะท้อนเข้ากล้องทำให้ภาพที่ถ่ายได้มีมุมที่แคบ วิธีการแก้ไขทำได้โดยปรับมุมแสงและกล้องให้ได้ภาพถ่ายที่ต้องการ

เอกสารอ้างอิง

- วิชา จิระแพทย์. (2552). *สารสนเทศทางการแพทย์และทางสุขภาพ*. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- Ahmed, K. I., Habaebi, M. H., Islam, M. R., & Zainal, N. A. B. (2017). Enhanced vision-based vein detection system. In *2017 IEEE 4th International Conference on Smart Instrumentation, Measurement and Application (ICSIMA)* (pp. 1–6). IEEE.
- Al-Saadi, S. F., Karimi Moonaghi, H., Al-Fayyadh, S., & Bakhshi, M. (2021). Vein visualization using near infrared (NIR) vein finder technology in nursing care:

- A review of the benefits and shortcomings. *Medical Education Bulletin*, 2(2), 213–220.
- Bashkatov, A. N., Genina, E. A., Kochubey, V. I., & Tuchin, V. V. (2005). Optical properties of human skin, subcutaneous and mucous tissues in the wavelength range from 400 to 2000 nm. *Journal of Physics D: Applied Physics*, 38(15).
- Buwari, O. Y. (2013). Complications of venepuncture. *Advances in Bioscience and Biotechnology*, 4(1), 126–128.
- Chen, L., Huang, D., Chiheb, H., & Amar, C. B. (2011). Increasing the distinctiveness of hand vein images by oriented gradient maps. In *BIOSIG 2011—Proceedings of the Biometrics Special Interest Group* (pp. 227–234). Gesellschaft für Informatik eV.
- Crisan, S., Tarnovan, I. G., & Crisan, T. E. (2010). Radiation optimization and image processing algorithms in the identification of hand vein patterns. *Computer Standards & Interfaces*, 32(3), 130–140.
- Cuper, N. J., Klaessens, J. H., Jaspers, J. E., de Roode, R., Noordmans, H. J., de Graaff, J. C., & Verdaasdonk, R. M. (2013). The use of near-infrared light for safe and effective visualization of subsurface blood vessels to facilitate blood withdrawal in children. *Medical Engineering & Physics*, 35(4), 433–440.
- Denstedt, M., Bjorgan, A., MilaniČ, M., & Randeberg, L. L. (2014). Wavelet based feature extraction and visualization in hyperspectral tissue characterization. *Biomedical Optics Express*, 5(12), 4260–4280.
- Giavarina, D., & Lippi, G. (2017). Blood venous sample collection: Recommendations overview and a checklist to improve quality. *Clinical Biochemistry*, 50(10–11), 568–573.
- Haff, R. P., Saranwong, S., Thanapase, W., Janhira, A., Kasemsumran, S., & Kawano, S. (2013). Automatic image analysis and spot classification for detection of fruit fly infestation in hyperspectral images of mangoes. *Postharvest Biology and Technology*, 86, 23–28.
- Hotta, T. A. (2016). Understanding the anatomy of the upper face when providing aesthetic injection treatments. *Plastic and Aesthetic Nursing*, 36(3), 104–109.
- Ialongo, C., & Bernardini, S. (2016). Phlebotomy, a bridge between laboratory and patient. *Biochemia Medica*, 26(1), 17–33.
- Jacobson, A. F., & Winslow, E. H. (2005). Variables influencing intravenous catheter insertion difficulty and failure: An analysis of 339 intravenous catheter insertions. *Heart & Lung*, 34(5), 345–359.
- Jung, Y. J., Gonzalez, J., & Godavarty, A. (2015). Functional near-infrared imaging reconstruction based on spatiotemporal features: Venous occlusion studies. *Applied Optics*, 54(13), D82–D90.
- Juric, S., Flis, V., Debevc, M., Holzinger, A., & Zalik, B. (2014). Towards a low-cost mobile subcutaneous vein detection solution using near-infrared spectroscopy. *The Scientific World Journal*, 2014(1), 365902.
- Kaddoum, R. N., Anghelescu, D. L., Parish, M. E., Wright, B. B., Trujillo, L., Wu, J., . . . Burgoyne, L. L. (2012). A randomized controlled trial comparing the AccuVein AV300 device to standard insertion technique for intravenous cannulation of anesthetized children. *Pediatric Anesthesia*, 22(9), 884–889.
- Kimori, K., Sugama, J., Nakatani, T., Nakayama, K., Miyati, T., & Sanada, H. (2015). An observational study comparing the prototype device with the existing device for the effective visualization of invisible veins in elderly patients in Japan. *SAGE Open Medicine*, 3, 2050312115615365.
- Kumar, A., & Prathyusha, K. V. (2009). Personal authentication using hand vein triangulation and knuckle shape. *IEEE Transactions on Image Processing*, 18(9), 2127–2136.
- Meng, G. C., Shahzad, A., Saad, N. M., Malik, A. S., & Meriaudeau, F. (2015). Prototype design for wearable veins localization system using near infrared imaging technique. In *2015 IEEE 11th International Colloquium on Signal Processing & Its Applications (CSPA)* (pp. 112–115). IEEE.
- Miyake, R. K., Zeman, H. D., Duarte, F. H., Kikuchi, R., Ramacciotti, E., Lovhoiden, G., & Vrancken, C. (2006). Vein imaging: A new method of near infrared imaging, where a processed image is projected onto the skin for the enhancement of vein treatment.

- Dermatologic Surgery*, 32(8), 1031–1038.
- Mukai, K., Nakajima, Y., Nakano, T., Okuhira, M., Kasashima, A., Hayashi, R., . . . Nakatani, T. (2020). Safety of venipuncture sites at the cubital fossa as assessed by ultrasonography. *Journal of Patient Safety*, 16(1), 98–105.
- Nafiu, O. O., Burke, C., Cowan, A., Tutuo, N., Maclean, S., & Tremper, K. K. (2010). Comparing peripheral venous access between obese and normal weight children. *Pediatric Anesthesia*, 20(2), 172–176.
- Nettar, K., & Maas, C. (2012). Facial filler and neurotoxin complications. *Facial Plastic Surgery*, 28(3), 288–293.
- Pan, C. T., Francisco, M. D., Yen, C. K., Wang, S. Y., & Shiue, Y. L. (2019). Vein pattern locating technology for cannulation: A review of the low-cost vein finder prototypes utilizing near infrared (NIR) light to improve peripheral subcutaneous vein selection for phlebotomy. *Sensors*, 19(16), 3573.
- Park, S. S., & Barnettler, A. (2021). Vision loss secondary to facial and periorbital steroid injection: A systematic review. *Ophthalmic Plastic & Reconstructive Surgery*, 37(6), 511–521.
- Qian, H., Ling, Y., Zhang, M., Lenahan, C., Wang, C., Zheng, Z., . . . Zhang, J. (2021). Massive cerebral infarction following facial injection of autologous fat: A case report and review of the literature. *Frontiers in Human Neuroscience*, 15, 610945.
- Rao, H., Zhang, P., & Sun, C. (2017). Contrast enhancement for the infrared vein image of leg based on the optical angular spectrum theory. *Signal, Image and Video Processing*, 11, 423–429.
- Shahzad, A., Saad, M. N., Walter, N., Malik, A. S., & Meriaudeau, F. (2014). Hyperspectral venous image quality assessment for optimum illumination range selection based on skin tone characteristics. *Biomedical Engineering Online*, 13, 1–13.
- Sharp, R., Adams, J., Machiraju, R., Lee, R., & Crane, R. (2007). Physics-based subsurface visualization of human tissue. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 13(3), 620–629.
- Waluś, M., Bernacki, K., & Konopacki, J. (2017). Impact of NIR wavelength lighting in image acquisition on finger vein biometric system effectiveness. *Opto-Electronics Review*, 25(4), 263–268.
- Wang, F., Behrooz, A., Morris, M., & Adibi, A. (2013). High-contrast subcutaneous vein detection and localization using multispectral imaging. *Journal of Biomedical Optics*, 18(5), 050504.
- Wang, J., Nakano, K., & Ohashi, S. (2011). Nondestructive evaluation of jujube quality by visible and near-infrared spectroscopy. *LWT-Food Science and Technology*, 44(4), 1119–1125.
- Wang, L., & Leedham, G. (2006). Near-and far-infrared imaging for vein pattern biometrics. In *2006 IEEE International Conference on Video and Signal Based Surveillance* (p. 52). IEEE.
- Wang, Y., Zhang, K., & Shark, K. (2014). Personal identification based on multiple keypoint sets of dorsal hand vein images. *IET Biometrics*, 3(4), 234–245.
- Zharov, V. P., Ferguson, S., Eidt, J. F., Howard, P. C., Fink, L. M., & Waner, M. (2004). Infrared imaging of subcutaneous veins. *Lasers in Surgery and Medicine*, 34(1), 56–61.