

การออกแบบและสร้างเครื่องส่องเส้นเลือดดำโดยแสงอินฟราเรดคลื่นใกล้

The design and construction of vein illuminator using near infrared ray

สมชาติ แตรตุลาการ^{1*} หิรัญญา ศรีธาต² ประสงค์ ฐธรานนท์³ ธนชาวรรณ ภูดิน^{3*}¹ ห้องปฏิบัติการอุปกรณ์ชีวการแพทย์ คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์² ภาควิชาเทคนิคการแพทย์ คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์³ ภาควิชาฟิสิกส์อุตสาหกรรมและอุปกรณ์การแพทย์ คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

*ผู้รับผิดชอบบทความ: somchatt@hotmail.com, tanachawan.p@gmail.com

Somchat Taertulakarn^{1*} Hiranya Sritart² Prasong Tosranon³ Tanachawan Phudin^{3*}¹ Biomedical Instrumentation laboratory, Faculty of Allied Health Sciences

Thammasat University

² Department of Medical Technology, Faculty of Allied Health Sciences

Thammasat University

³ Department of Industrial Physics and Medical Instrumentation

Faculty of Applied Sciences, King Mongkut's University of Technology North Bangkok

*Corresponding author: somchatt@hotmail.com, tanachawan.p@gmail.com

บทคัดย่อ

การเจาะเลือดจากเส้นเลือดดำเพื่อเก็บตัวอย่างเลือดไปทำการวิเคราะห์ วินิจฉัย ทางห้องปฏิบัติการทางการแพทย์ เพื่อดูคุณสมบัติต่างๆของเลือด ความผิดปกติของเลือด หรือสารเคมีภายในร่างกาย การทำหัตถการต่างๆ รวมทั้งการเก็บเลือดเพื่อวัตถุประสงค์อื่นๆ จำเป็นต้องกระทำโดยแพทย์ นักเทคนิคการแพทย์ หรือบุคลากรทางการแพทย์ที่มีความชำนาญในการเจาะเลือด ในผู้ป่วยหลายราย การระบุตำแหน่งของเส้นเลือดดำมีความยุ่งยากอย่างมาก งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์สร้างเครื่องส่องเส้นเลือดดำสำหรับส่องหาตำแหน่งและรูปแบบของเส้นเลือดดำบริเวณท้องแขน สามารถเก็บข้อมูลตำแหน่งและรูปแบบของเส้นเลือดแต่ละบุคคลได้ เครื่องส่องเส้นเลือด มีแหล่งกำเนิดแสงช่วงอินฟราเรด ที่ 850 นาโนเมตร ควบคุมการทำงานด้วยวงจร raspberry Pi 3 model B+ และ กล้อง Pi NoIR โครงสร้างของเครื่องใช้แผ่นอะคริลิกสีดำด้าน ใช้โปรแกรม MATLAB version 2020b

Received: 22 Sep 2022

Revised: 22 Dec 2022

Accepted: 28 Dec 2022

Online publication date: 18 Jan 2023

สำหรับการปรับปรุงภาพเส้นเลือดดำให้มีคุณภาพชัดเจนขึ้น เครื่องส่องเส้นเลือดดำทดสอบกับอาสาสมัคร จำนวน 20 คน ที่มีสุขภาพแข็งแรง ช่วงอายุระหว่าง 20 ถึง 57 ปี ข้อมูลภาพที่ได้ ระบุตำแหน่งเส้นเลือดดำได้อย่างชัดเจน ไม่มีข้อมูลอื่นๆ บดบัง ภาพเส้นเลือดที่ได้สามารถเก็บไว้สำหรับเป็นข้อมูลของบุคคลได้

คำสำคัญ: การเจาะเลือดจากเส้นเลือดดำ, แสงใกล้อินฟราเรด, เครื่องส่องเส้นเลือดดำ

Abstract

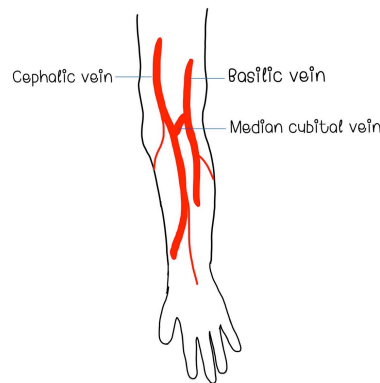
The intravenous blood drawing for the blood sample collection, the most essential of medical laboratory procedures for diagnosis of blood diseases or analysis of body chemicals, medical operations as well as the blood collection for other purposes, is normally required to be performed by medical technologists, nurses, or healthcare professionals who are intensively trained and have professional venous blood drawing skill. Identifying the veins' location in several patients is tremendously complicated and challenging. Therefore, this research aims to develop the vein illuminator system for identifying and locating the veins in the forearm, storing the location information, and analyzing the pattern of individual veins. This vein illuminator system consists of 850 nm infrared range light source, operated with a raspberry Pi 3 model B+ circuit and a Pi NoIR camera. The structure of the designed device was made by a matte black acrylic sheet to reduce reflection of light, and uses MATLAB version 2020b to improve the vein image quality. The system was tested by 20 healthy volunteers aged between 20 and 57 years old. The obtained image data clearly identified the location of veins without obscurity. The images of veins that have been photographed can be kept for personal information.

Keywords: venipuncture, near-infrared light, vein illuminator

บทนำ

โดยทั่วไปการเจาะเลือดเพื่อตรวจวิเคราะห์หาปริมาณสารชีวเคมีและคุณสมบัติต่างๆของเลือด เพื่อประเมินภาวะสุขภาพของบุคคล นิยมใช้เลือดที่เจาะจากเส้นเลือดดำบริเวณด้านหน้าของข้อพับแขนบริเวณตำแหน่งของเส้น cephalic หรือ basilic vein หรือ median cubital vein แสดงดังรูปที่ 1 หรือในบางกรณีอาจเจาะเลือดจากบริเวณหลังมือของบุคคล (Woodburne RT, Burkel WE, eds., 1994; Nocross WA and Shhackford SR., 1998; K. Lew., 2012; AlBustami F, Altarawneh I, Rababah E., 2014) ในบุคคลทั่วไปการหาตำแหน่งเส้นเลือดจากบริเวณแขนนั้น แม้ว่าเส้นเลือดที่นิยมเจาะเลือดนั้นจะอยู่ตื้นและเส้นใหญ่ แต่การหาตำแหน่งที่การเจาะเลือดที่เหมาะสมด้วยตาเปล่านั้นอาจทำได้เพียงบางบุคคล จึงจำเป็นต้องใช้สายรัด (tourniquet) ผูกที่ต้นแขนเหนือข้อพับ เพื่อให้เห็นเส้นเลือดได้ชัดเจนขึ้น (Lima-Oliveira G et al., 2017) อย่างไรก็ตาม การระบุตำแหน่งเส้นเลือดด้วย

วิธีการนี้ ก็อาจจะไม่เหมาะสมสำหรับบุคคลที่มีเส้นเลือดในตำแหน่งที่ลึกหรือในเด็กเล็ก รวมทั้งบุคคลที่อาจจะมีสภาวะเส้นเลือดผิดปกติ อาจต้องใช้วิธีการหาเส้นเลือดในบริเวณอื่นหรือโดยใช้วิธีการอื่น (Sally Jane Shaw, 2018; Kanae Mukai et al., 2020)

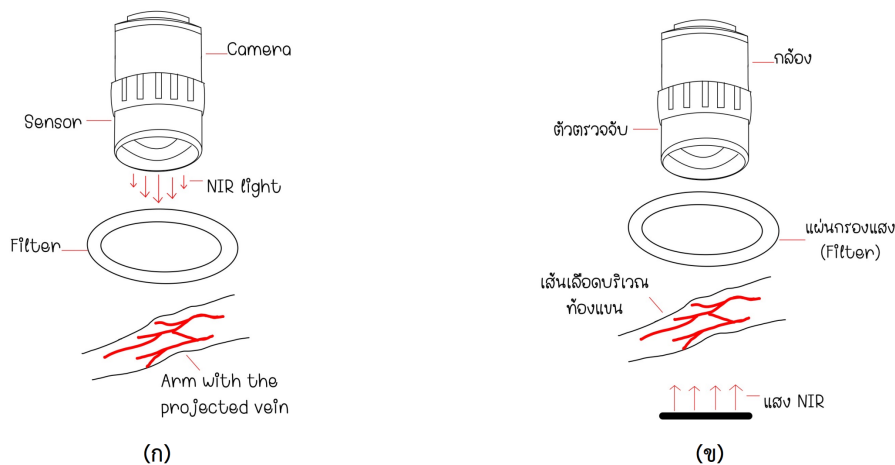


รูปที่ 1 แสดงลักษณะเส้นเลือดดำที่นิยมเจาะเลือดบริเวณท้องแขน

ในปัจจุบันมีการนำเทคโนโลยีต่าง ๆ มาใช้ในการช่วยหาตำแหน่งในการเจาะเลือดเส้นเลือดดำ โดยมีทั้งการทำให้เส้นเลือดที่ต้องการให้สามารถเห็นเด่นชัดจนมากขึ้น (Cheng-Tang Pan et al., 2019; Vivek Sureshkumar et al., 2015; Kanae Mukai et al., 2020) หรือสามารถทำการวิเคราะห์เพื่อระบุตำแหน่งทิศทางของเส้นเลือดในบริเวณต่างๆ ได้ (Chen, L., Huang, D., Chiheb, H., & Amar, C.B., 2011) โดยเทคโนโลยีเหล่านี้มีทั้งที่ใช้คลื่นแสง คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าต่างๆ หรืออาจวัดค่าความดันที่เปลี่ยนแปลงบริเวณกล้ามเนื้อ โดยอาจมีการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการพัฒนาปรับปรุงข้อมูลให้เกิดแนวหรือภาพของเส้นเลือดดำได้ชัดเจนขึ้น หรืออาจใช้โปรแกรมปัญญาประดิษฐ์ (artificial intelligent, AI) ในการที่จะประมวลผลข้อมูลเพื่อให้สามารถบอกตำแหน่งที่ตั้งของเส้นเลือดได้แม่นยำขึ้น

สำหรับการใช้แสงเพื่อส่องหาลักษณะโครงสร้างของเส้นเลือด ช่วงคลื่นแสงอินฟราเรด (infrared) มีคุณสมบัติเฉพาะประการหนึ่ง ที่สามารถถูกเนื้อเยื่อต่างๆ ของร่างกายดูดกลืนได้ที่ปริมาณแตกต่างกัน โดยที่ไม่ทำอันตรายใดๆ ต่อเนื้อเยื่อดังกล่าว (Saeb Fadhil Al-Saadi, Hossein Karimi Moonaghi, Sadeq Al-Fayyadh and Mahmoud Bakhshi, 2022) การศึกษารูปแบบของเส้นเลือดในร่างกายมนุษย์ด้วยการถ่ายภาพโดยที่ไม่ต้องรูก้ำเข้าไปในร่างกายและเป็นวิธีการที่เหมาะสมที่สุดมีอยู่สองวิธี คือการถ่ายภาพด้วยแสงอินฟราเรดคลื่นใกล้ (NIR) และแสงอินฟราเรดคลื่นไกล (FIR) จากการศึกษาของ Walus M และคณะ (Walus M., Bernacki K. and Konopacki J., 2017) พบว่าแสงอินฟราเรดคลื่นใกล้ที่มีช่วงความยาวคลื่น 875 ถึง 890 นาโนเมตร เป็นช่วงความยาวคลื่นที่เหมาะสมที่สุดในการถ่ายภาพเส้นเลือดดำ และแสงอินฟราเรดคลื่นใกล้สามารถถ่ายภาพเส้นเลือดในร่างกายได้อย่างมีคุณภาพ เพราะมีความทนต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิและความชื้นที่ต่าง ๆ กัน (Chen, L., Huang, D., Chiheb, H., & Amar, C.B., 2011) เทคนิคการใช้แสงอินฟราเรดคลื่นใกล้ สำหรับส่องเส้นเลือด จะมีลักษณะอยู่สองรูปแบบ คือ แบบแรก ออกแบบแสงอินฟราเรดคลื่นใกล้อยู่ด้านบนติดบริเวณเลนส์กล้องที่ใช้สำหรับเก็บข้อมูลภาพเส้น

เลือด และแบบที่สองใช้ แสงอินฟราเรดคลื่นใกล้ส่องบริเวณใต้ผิวหนังของบริเวณที่ต้องการเก็บข้อมูลภาพของเส้นเลือด ซึ่งแสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แสดงลักษณะการออกแบบระบบการถ่ายภาพเส้นเลือดด้วยแสงอินฟราเรดคลื่นใกล้

(ก) แสงอินฟราเรดคลื่นใกล้อยู่ด้านบนของเส้นเลือดที่ส่อง (ข) แสงอินฟราเรดคลื่นใกล้อยู่ด้านล่างของเส้นเลือดที่ส่อง

การวิจัยในครั้งนี้ได้ออกแบบใช้แสงอินฟราเรดคลื่นใกล้ ในการถ่ายภาพหลอดเลือดดำบริเวณแขน เพราะเป็นช่วงรังสีที่สามารถทะลุผ่านชั้นผิวหนังได้ และไม่เป็นอันตรายกับร่างกายที่สัมผัส ใช้กล้องถ่ายภาพที่สามารถควบคุมด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์ที่ประยุกต์ใช้งานได้สะดวก ซึ่งถ่ายภาพเส้นเลือดภายใต้ระบบปิดที่ออกแบบเพื่อควบคุมสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม โดยข้อมูลภาพที่ได้จะใช้เทคนิคการประมวลผลภาพ (image processing) เพื่อให้ภาพเส้นเลือดมีความชัดเจนและสามารถบันทึกข้อมูลได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อสร้างเครื่องส่องเส้นเลือดดำ โดยใช้แสงอินฟราเรดคลื่นใกล้ ราคาประหยัด
2. สร้างระบบการเก็บข้อมูลเส้นเลือดดำ เพื่อการวิเคราะห์ วินิจฉัย การทำหัตถการต่างๆ

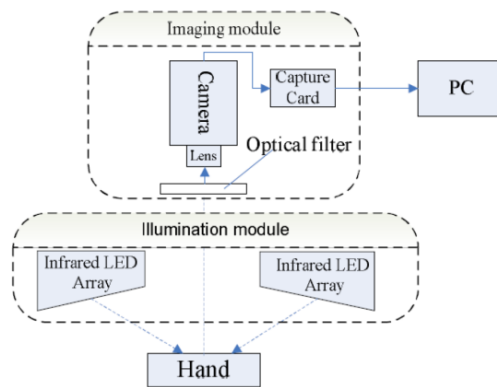
วิธีดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยนี้ แบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก คือ เครื่องมือถ่ายภาพเส้นเลือด และโปรแกรมการปรับปรุงภาพให้เหมาะสม

1. การออกแบบเครื่องมือถ่ายภาพ

การออกแบบเครื่องมือถ่ายภาพแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ

- 1.1 ระบบถ่ายภาพ แบ่งเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนแหล่งกำเนิดแสง (illumination module) และส่วนควบคุมการถ่ายภาพ (imaging module) แสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 แสดงส่วนประกอบของระบบถ่ายภาพ

1.1.1 แหล่งกำเนิดแสง

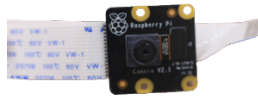
ใช้หลอดอินฟราเรด (infrared source) ซึ่งเป็น LED array infrared ชิพ Misuhiro 45 MIL ขนาด 3 วัตต์ แรงดันไฟฟ้า 2 โวลต์ กระแสไฟฟ้า 1000 มิลลิแอมป์ ความยาวคลื่น 850 นาโนเมตร จำนวน 8 หลอด ออกแบบตำแหน่งของแหล่งกำเนิดแสงกำหนดให้อยู่ทางด้านซ้ายและด้านขวาของกล้อง ด้านละ 4 หลอด เพื่อป้องกันการเกิดเงาตกกระทบที่ด้านใดด้านหนึ่ง การทำให้แสงที่เปล่งออกมามีความสม่ำเสมอ ครอบคลุมบริเวณทั่วทั้งบริเวณที่ต้องการถ่ายภาพ

1.1.2 อุปกรณ์ควบคุมการถ่ายภาพ

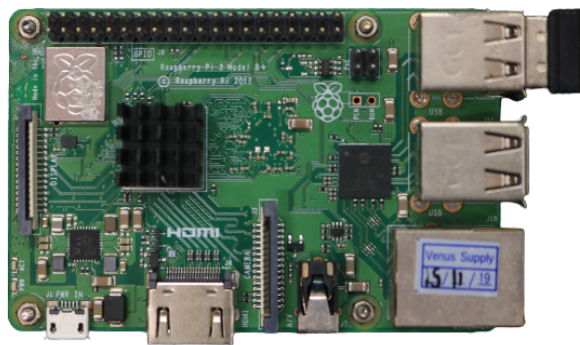
- กล้องถ่ายภาพ Pi NoIR เป็นกล้องชนิดที่ไม่มีตัวกรองอินฟราเรด (infrared filter)
- ชุด raspberry Pi 3 model B+ board เป็นวงจรที่ใช้ควบคุมกล้องถ่ายภาพ

เนื่องจากแสงอินฟราเรดชนิดคลื่นใกล้ (near infrared) เป็นแสงที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการถ่ายภาพ ต้องเป็นกล้องที่ไม่มีตัวกรองแสงอินฟราเรด (infrared cut Filter) จึงจะสามารถถ่ายภาพภายใต้แสงใกล้อินฟราเรดได้ ซึ่งกล้อง Pi NoIR เป็นกล้องที่ไม่มี infrared cut filter เหมือนกับกล้องทั่วไป มีความละเอียดของภาพที่ 5 ล้านพิกเซล สามารถปรับความยาวโฟกัส ควบคุมความเร็วชัตเตอร์ (shutter speed) และ ความไวแสง (ISO) ผ่านชุดวงจร raspberry Pi board ได้ ลักษณะของกล้อง Pi NoIR แสดงดังรูปที่ 4 ชุดวงจร raspberry Pi board แสดงดังรูปที่ 5

ซึ่งการทำงานร่วมกันระหว่าง Pi NoIR กับ ชุดวงจร raspberry Pi board นั้น ทำให้ได้ภาพหลอดเลือดดำต้นฉบับ ก่อนที่จะนำไปผ่านกระบวนการการประมวลผลภาพอื่น ๆ ต่อไป



รูปที่ 4 แสดงลักษณะของกล้อง Pi NoIR

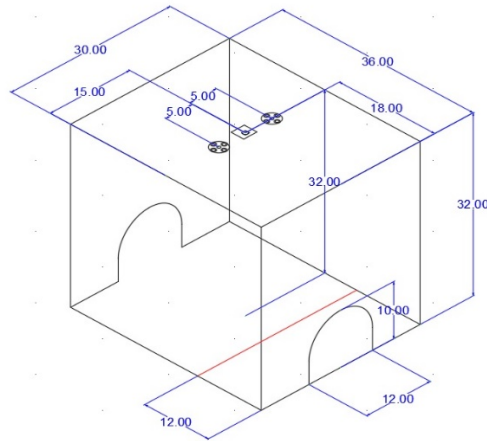


รูปที่ 5 แสดงชุดวงจร raspberry Pi 3 model B+ board

การใช้ตัวกรองแสง (filter) เป็นอินฟราเรด ฟิลเตอร์ ความยาวคลื่น 850 นาโนเมตร มีหน้าที่กรองแสงคือยอมให้แสงที่อยู่ในช่วงความยาวคลื่น 850 นาโนเมตร ผ่านเข้ามายังตัวกล้องได้เท่านั้น ทำให้แสงที่ผ่านเข้ามามีความจำเพาะมากขึ้นเพื่อช่วยเพิ่มคุณภาพของภาพ

1.2 โครงสร้างเครื่อง

โครงสร้างเครื่องมือถ่ายภาพออกแบบโดยใช้วัสดุจากแผ่นอะคริลิก (acrylic sheet) สีดำด้าน ไม่สะท้อนแสง ออกแบบให้มีลักษณะเป็นกล่องสี่เหลี่ยม มีขนาด กว้าง 30 เซนติเมตร ยาว 36 เซนติเมตร และสูง 32 เซนติเมตร เจาะรูทั้งด้านหน้าและด้านหลัง กว้าง 12 เซนติเมตร และสูง 10 เซนติเมตร เพื่อใช้เป็นบริเวณที่สอดแขนสำหรับถ่ายภาพ แสดงดังรูปที่ 6 โดยที่ภายในโครงสร้างกล่องบุด้วยผ้าสีดำ เพื่อช่วยลดการสะท้อนของแสงอีกชั้นหนึ่ง รวมทั้งเพื่อให้ได้ขอบเขตของภาพที่เราต้องการและภาพไม่สว่างเกินไป จึงติดตั้งกล้องถ่ายภาพไว้ด้านบนของกล่องโดยให้เลนส์ของกล้องอยู่บริเวณตรงกลางพร้อมกับติดตั้งแหล่งกำเนิดแสงหลอดอินฟราเรดไว้ด้านข้างของกล่องทั้งด้านซ้ายและด้านขวา ด้านละ 4 หลอดต่อกันแบบเรียงเตี๋ยวนุกรมมีลักษณะเป็นวงกลม ห่างจากตัวกล้องข้างละ 5 เซนติเมตร ตัวกล้องและแหล่งกำเนิดแสงสูงจากด้านล่างกล่อง 32 เซนติเมตร ที่พื้นกล่องทำสัญลักษณ์เป็นเส้นสีขาวใช้กำหนดตำแหน่งการวางแขนเพื่อให้แขนอยู่ในตำแหน่งเดียวกันซึ่งอยู่ห่างจากด้านหน้ากล่องเข้าไป 12 เซนติเมตร ควบคุมกล้องผ่านบอร์ด raspberry Pi 3 model B+ ที่เชื่อมต่อกัน ซึ่งติดตั้งไว้ด้านบนนอกกล่อง และแสดงผลภาพผ่านทางหน้าจอแสดงผล แสดงลักษณะการเชื่อมต่อของระบบ ดังรูปที่ 7



รูปที่ 6 แสดงโครงสร้างเครื่องมือถ่ายภาพ



รูปที่ 7 แสดงการเชื่อมต่อของระบบเครื่องมือที่ใช้ถ่ายภาพตลอดเลียดำโดยใช้แสงใกล้อินฟราเรด

ระบบแสงที่ใช้ถ่ายภาพ

ตำแหน่งของแหล่งกำเนิดแสงกำหนดให้อยู่ทางด้านซ้ายและด้านขวาของกล่อง ด้านละ 4 หลอด เพื่อป้องกันการเกิดเงาตกกระทบบที่ด้านใดด้านหนึ่ง การทำให้แสงที่เปล่งออกมามีความสม่ำเสมอ ครอบคลุมบริเวณท้องแขนทั้งหมด และไม่ทำให้เกิดจุดสว่าง (hotspots) ระยะห่างระหว่างแหล่งกำเนิดแสงกับท้องแขนของอาสาสมัครกำหนดให้อยู่ห่างกันประมาณ 30 เซนติเมตร

สภาพแวดล้อมในการถ่ายภาพ

เพื่อไม่ให้เกิดสัญญาณรบกวนขึ้นกับภาพถ่าย บริเวณที่ถ่ายภาพต้องเป็นบริเวณที่ไม่มีแสงที่ตามองเห็น (visible light) เข้ามารบกวน อุปกรณ์ถ่ายภาพจึงออกแบบให้มีลักษณะเป็นกล่องเพื่อป้องกันแสงจากภายนอกส่องเข้ามา ด้านในกล่องบุด้วยผ้าที่มีคุณสมบัติดูดกลืนแสง เพื่อช่วยลดการสะท้อนของแสงออกจากด้านข้างและด้านล่างของกล่องเข้ายังตัวกล้อง

2. การปรับปรุงภาพให้เหมาะสม

โดยการใช้โปรแกรม MATLAB version 2020b (License no.40897863) ในการออกแบบการประมวลผลภาพ โดยมีขั้นตอน ดังนี้

- RGB to grayscale image คือกระบวนการการแปลงภาพสีมาเป็นภาพระดับสีเทา จากนั้นนำภาพระดับสีเทาที่ได้มา remove background คือการลบพื้นหลังออก
- mean curvature เพื่อทำการปรับปรุงคุณภาพของภาพให้ดีขึ้น
- contrast Stretching การปรับความเข้มของภาพ โดยใช้แบบเส้นตรง (linear contrast stretch)
- thresholding เป็นกระบวนการทำ image segmentation คือการนำวัตถุที่สนใจออกจากพื้นหลังของภาพ
- morphological คือการประมวลผลของภาพด้านโครงสร้าง

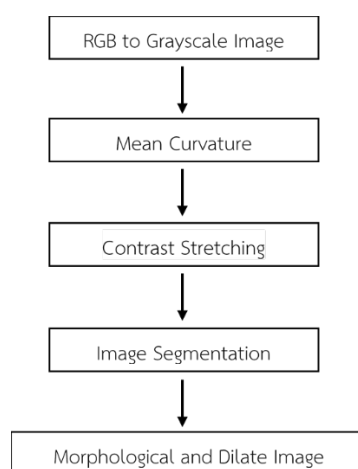
ในการทดสอบเครื่องส่องเส้นเลือดดำ ทำการถ่ายภาพหลอดเลือดดำบริเวณท้องแขนในอาสาสมัครจำนวน 20 คน ช่วงอายุระหว่าง 20 ถึง 57 ปี โดยเป็นเพศชาย 5 คน และเพศหญิง 15 คน ตามโครงการวิจัยจริยธรรม มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ รหัส 026/2560

ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

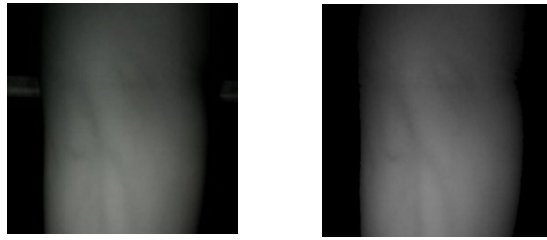
- สอดแขนเข้าไปในกล่องให้บริเวณข้อศอกตรงกับเส้นที่กำหนดตำแหน่งไว้ ในลักษณะหงายมือ
- ถ่ายภาพหลอดเลือดดำบริเวณท้องแขนของแขนด้านขวา
- บันทึกภาพของหลอดเลือดดำบริเวณท้องแขน

ผลการวิจัย

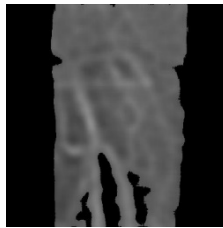
เครื่องส่องเส้นเลือดดำโดยแสงอินฟราเรดคลื่นใกล้ ที่ผู้วิจัยออกแบบสร้างขึ้น ได้ทำการทดสอบกับอาสาสมัครจำนวน 20 คน โดยข้อมูลภาพถ่ายได้มีการใช้โปรแกรมที่ออกแบบไว้ปรับปรุงให้มีคุณภาพภาพเหมาะสม มีความชัดเจนและลบข้อมูลอื่นๆ ที่ไม่ต้องการออก โดยมีขั้นตอนการปรับปรุงภาพ ตามรูปที่ 8 และได้ผลการปรับปรุงแต่ละขั้นตอนตามรูปที่ 9, 10, 11, 12 และ 13 ตามลำดับ



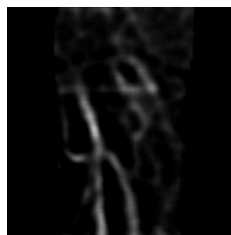
รูปที่ 8 แสดงขั้นตอนการประมวลผลภาพ



รูปที่ 9 แสดงข้อมูลภาพที่ได้จากเครื่องถ่ายภาพ เป็นภาพชนิด RGB image
แสดงข้อมูลภาพที่ผ่าน กระบวนการเป็นภาพ grayscale image and remove background



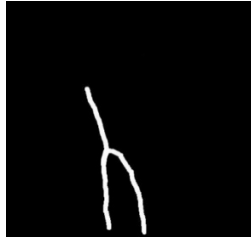
รูปที่ 10 แสดงผลลัพธ์การปรับปรุงคุณภาพของภาพโดยใช้เทคนิค mean curvature



รูปที่ 11 แสดงผลลัพธ์การปรับปรุงความเข้มของภาพโดยใช้เทคนิค contrast stretching

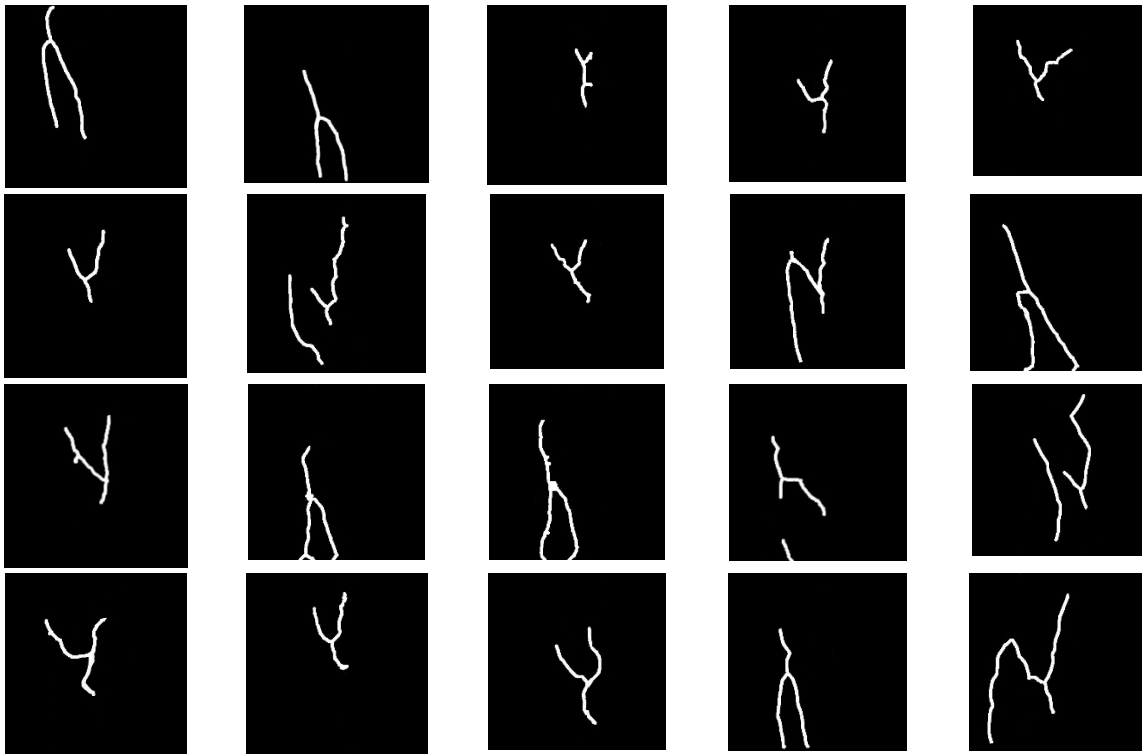


รูปที่ 12 แสดงผลลัพธ์การปรับปรุงภาพด้วยเทคนิค thresholding



รูปที่ 13 แสดงผลลัพธ์การปรับปรุงภาพ

สำหรับข้อมูลภาพถ่ายจากเครื่องส่องเส้นเลือดดำจากอาสาสมัครทั้ง 20 คน ที่ผ่านโปรแกรมการปรับปรุงคุณภาพ ได้ผลแสดงดังรูปที่ 14



รูปที่ 14 แสดงภาพข้อมูลเส้นเลือดดำของอาสาสมัครทั้ง 20 คน

อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างเครื่องส่องเส้นเลือดดำ โดยใช้แสงอินฟราเรดคลื่นใกล้ ราคาประหยัด ที่สามารถช่วยเก็บข้อมูลได้จำนวนมาก เพื่อเป็นประวัติของแต่ละบุคคลหรือของผู้ป่วยสำหรับการเจาะเลือด ช่วยให้หาเส้นเลือดในผู้ป่วยที่มีเส้นเลือดขนาดเล็ก หรือเส้นเลือดที่อยู่ลึกเข้าไปในชั้นผิวหนัง รวมทั้งในบุคคลที่ไม่สามารถเห็นเส้นเลือดได้อย่างง่ายด้วยตาเปล่า หรือเด็กที่การระบุตำแหน่งของเส้นเลือดดำกระทำได้ลำบาก เครื่องส่องเส้นเลือดดำที่สร้างขึ้นมีค่าใช้จ่ายรวมประมาณ 5,000 บาท ซึ่งเมื่อเทียบกับเครื่องส่องเส้นเลือดดำที่นำเข้าจากต่างประเทศและใช้ตามโรงพยาบาล มีทั้งชนิดที่แสดงข้อมูลภาพเส้นเลือดดำบนจอภาพ และชนิดที่แสดงข้อมูลภาพบนผิวหนังที่ท้องแขน

โดยชนิดที่แสดงบนท้องแขน มีราคาตั้งแต่ 150,000 บาทขึ้นไป นอกจากนั้นเครื่องที่ผู้วิจัยได้ออกแบบสร้างขึ้นมีจุดเด่นหลายประการ ได้แก่ สามารถเก็บข้อมูลเส้นเลือดได้จำนวนไม่จำกัดโดยขึ้นกับหน่วยความจำสำรองของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มาเชื่อมต่อกับเครื่องส่องเส้นเลือดดำ ข้อมูลภาพที่ได้ไม่มีรายละเอียดอื่นรบกวนข้อมูลเส้นเลือดดำ เช่น แสงเงา ข้อมูลเส้นขนบริเวณแขน หรือชั้นไขมันที่รบกวน ซึ่งแตกต่างกับเครื่องส่องเส้นเลือดที่มีใช้กันอยู่ทั่วไป การออกแบบสร้างนี้เลือกใช้แสงในช่วงความยาวคลื่นเดียวเพื่อให้ง่ายและสะดวกต่อการใช้งาน โดยที่มีความแตกต่างกับงานวิจัยของ Franky Chandra และคณะ (Franky Chandra, Aries Wahyudianto and M Yasin, 2017) ที่ใช้แหล่งกำเนิดแสงที่สามารถปรับช่วงความยาวคลื่นได้ เพื่อให้สามารถเปลี่ยนความชัดเจนของเส้นเลือดดำ ตามแต่ละบุคคลหรือตามสิ่งแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไป โดยที่งานวิจัยนี้ใช้เทคนิคของการปรับปรุงภาพถ่ายที่ออกแบบเป็นมาตรฐานและทำงานแบบอัตโนมัติเพื่อปรับปรุงข้อมูลภาพเส้นเลือดดำให้มีความชัดเจนในทุกๆสิ่งแวดล้อมได้ นอกจากนี้ เครื่องส่องเส้นเลือดที่ทีมผู้วิจัยออกแบบ สามารถส่งข้อมูลภาพผ่านระบบไร้สายผ่านวงจร raspberry Pi 3 model B+ board เพื่อแสดงผลบนจออื่นๆ หรือเก็บข้อมูลบนหน่วยความจำ ทั้งแบบสายหรือไร้สายได้

การออกแบบโดยใช้แสงอินฟราเรดคลื่นใกล้ที่ 850 nm. มีจุดที่ดีกว่าช่วงแสงอินฟราเรดในช่วงระหว่าง 900-920 nm คือ สามารถส่องเห็นเส้นเลือดดำที่มีขนาดเล็กได้ชัดเจนกว่า อีกทั้งภาพจากช่วงคลื่นแสงดังกล่าวจะมีสีของเส้นเลือดและผิวหนังที่แตกต่างกันชัดเจน (high contrast) (Wang L, Leedham G, Choa DSY., 2008) อย่างไรก็ตาม แม้ว่าแสงอินฟราเรดคลื่นใกล้ จะมีพลังงานต่ำแต่ยังมีความร้อน ถ้าอยู่ใกล้แหล่งกำเนิดแสงเป็นเวลานาน อาจทำให้เกิดผลไม่พึงประสงค์บางประการ เช่น ทำให้ผิวหนังหมองคล้ำไม่สม่ำเสมอ การสร้างเม็ดสีของผิวหนังผิดปกติ ดังนั้นการใช้เครื่องส่องเส้นเลือดดำแต่ละครั้ง ไม่ควรใช้เวลาเกิน 3 นาที

การเก็บข้อมูลเส้นเลือดดำมีประโยชน์หลายประการ เช่น เพื่อศึกษาความผันแปรในรูปของเส้นเลือดดำของประชากรในประเทศต่างๆ ในหลายประเทศ เช่น มาเลเซีย เกาหลีใต้ หรือเอธิโอเปีย เป็นต้น มีการศึกษาจัดเก็บข้อมูลและจัดกลุ่มรูปแบบของเส้นเลือดกลุ่มประชากร โดยใช้วิธีการผ่าตัดเปิด การสังเกตด้วยตาเปล่า หรือการใช้อุปกรณ์ต่างๆ ในการเก็บข้อมูล โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อป้องกันการเจาะเส้นเลือดดำผิด อาจไปโดนกล้ามเนื้อ เจาะเส้นเลือดทะเล หรืออาจจะไปโดน median nerve ซึ่งอาจจะทำให้เกิดสภาวะแทรกซ้อน เช่น การอักเสบ ห้อ ลิ่มเลือด การติดเชื้อ รอยฟกช้ำและการเปลี่ยนแปลงทางประสาทสัมผัส เป็นต้น (Dharap AS, Shaharuddin MY., 1994; Stevens RJ, Mahadevan V, Moss AL, 2012; Lee, H., Lee, S. H., Kim, S. J., Choi, W. I., Lee, J. H., & Choi, I. J., 2015; Golmohammadi Mohammad Ghasem et al, 2021; Melaku, T., Wondmagegn, H., Gebremickael, A., Tadesse, A., 2022) นอกจากนี้ ยังจะใช้เป็นแนวทางในการทำหัตถการสำหรับในผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังที่ต้องการฟอกเลือด การให้สารอาหารทางหลอดเลือดในกรณีการรักษาอาการป่วย หรือกรณีที่ผู้ป่วยไม่สามารถรับประทานอาหารทางปากได้ (ดร.ณัฏฐ์ วโรตมวิจิตร, 2562) อีกทั้งยังมีการศึกษาการนำรูปแบบเส้นเลือดแต่ละบุคคล ใช้สำหรับการประเมินพิษจันเอกลักษณะบุคคล. (นคมน นิมนวล, 2561)

ปัจจัยสำหรับการเก็บข้อมูลภาพเส้นเลือดดำจากเครื่องส่องเส้นเลือดดำที่พัฒนาขึ้นนี้ พบว่ามีข้อจำกัดบางประการ ได้แก่ ระยะความห่างของเครื่องมือถ่ายภาพและแขนต้องมีระยะห่างและมุมที่คงที่ เพื่อที่จะระบุตำแหน่งของเส้นเลือดที่ท้องแขนได้อย่างถูกต้อง ภาพเส้นเลือดดำบางบุคคลไม่สามารถเก็บภาพได้ครบถ้วนโดยเฉพาะในตำแหน่งที่สำคัญต่อการเจาะเลือดหรือการทำหัตถการใดๆ การเพิ่มความเข้มแสงของแหล่งกำเนิดแสงอินฟราเรดคลื่นใกล้ จะช่วยเพิ่มคุณภาพของข้อมูลให้มีความชัดเจนมากขึ้น ซึ่งอาจจะทำให้ป้องกันแสงรบกวนจากภายนอกได้ แต่ยังคงคำนึงถึง

พลังงานที่จะต้องใช้ในการระบบเครื่องเพิ่มขึ้นด้วย ด้วยปัจจัยเหล่านี้ในการพัฒนาเครื่องส่องเส้นเลือดดำในอนาคตอาจจะต้องปรับปรุงระบบการประมวลผลภาพ ให้สามารถเก็บข้อมูลภาพได้แบบต่อเนื่อง และนำไปประมวลผลเพื่อให้ได้ภาพเส้นเลือดดำที่สมบูรณ์ครบถ้วน รวมทั้งปรับปรุงรูปแบบและขนาดของเครื่องให้มีการใช้งานที่เหมาะสมขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณอาสาสมัครทุกท่าน สำหรับทำการเก็บข้อมูลเพื่อใช้ในการงานวิจัยครั้งนี้ งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจาก ทุนอุดหนุนการทำกิจกรรมส่งเสริมและสนับสนุนการพัฒนาวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม (ววน.) ประจำปีงบประมาณ 2564 เลขที่สัญญา TUFF09/2564

บรรณานุกรม

ดร.ณิวัลย์ วโรตมวิจิตร และคณะ (2562). คำแนะนำการดูแลการให้อาหารทางหลอดเลือดดำในผู้ป่วยผู้ใหญ่ที่นอนโรงพยาบาล พ.ศ. 2562. **วารสารโภชนบำบัด**. ปีที่ 29 ฉบับที่ 2 หน้า 1-70.

นัคมน์ นิ่มนวล (2561). **การประเมินรูปแบบของเส้นเลือดดำบริเวณแขนเพื่อใช้ในการพิสูจน์เอกลักษณ์บุคคล**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขานิติวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

AlBustami F, Altarawneh I, Rababah E. (2014). Pattern of superficial venous arrangement in the cubital fossa of adult Jordanians. **Jordan Med. J**; 48: p.269-274.

Cheng-Tang Pan, et al. (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 (Basel)**. 19(16): 3573.

Chen, L., Huang, D., Chiheb, H., & Amar, C.B. (2011). Increasing the distinctiveness of hand vein images by Oriented Gradient Maps. In: **International Conference of the Special Interest Group on Biometrics and Electronic Signatures**.

Dharap AS, Shaharuddin MY. (1994). Patterns of superficial veins of the cubital fossa in Malays. **Med J Malaysia**. Sep;49(3):239-41. PMID: 7845272.

Franky Chandra, Aries Wahyudianto and M Yasin. (2017). Design of vein finder with multi tuning wavelength using RGB LED. International Conference on Physical Instrumentation and Advanced Materials IOP Publishing IOP Conf. Series: **Journal of Physics: Conf. Series** 853 (2017) 012019 doi:10.1088/1742-6596/853/1/012019.

Golmohammadi Mohammad Ghasem et al. (2021). Variation of superficial veins of cubital fossa among students of ardabil University of Medical Sciences. **Translational Research in Anatomy**, V.25, 100136.

- Kanae Mukai et al. (2020). Safety of Venipuncture Sites at the Cubital Fossa as Assessed by Ultrasonography. **J Patient Saf.** ; 16(1): 98–105.
- K. Lew. (2012). Extraction Techniques and Applications: Biological/Medical and Environmental/Forensics. In **Comprehensive Sampling and Sample Preparation**, V.3, p. 95–121.
- Lee, H., Lee, S. H., Kim, S. J., C hoi, W. I., Lee, J. H., & Choi, I. J. (2015). Variations of the cubital superficial vein investigated by using the intravenous illuminator. **Anatomy & cell biology**, 48(1), 62–65. <https://doi.org/10.5115/acb.2015.48.1.62>.
- Lima-Oliveira G, et al. (2017). Patient posture for blood collection by venipuncture: recall for standardization after 28 years. **Rev Bras Hematol Hemoter.** 39(2): p.127-132.
- Melaku, T., Wondmagegn, H., Gebremickael, A., Tadesse, A. (2022). Patterns of superficial veins in the cubital fossa and its clinical implications among southern Ethiopian population. **Anatomy & cell biology**, 55(2), 148–154. <https://doi.org/10.5115/acb.21.217>.
- Nocross WA and Shhackford SR. (1998). Arteriovenous fistula: apotential complication of Venipuncture. **Arch Intern Med**; 148: p.1815-6.
- Saeb Fadhil Al-Saadi, Hossein Karimi Moonaghi, Sadeq Al-Fayyadh and Mahmoud Bakhshi. (2022). Vein Visualization Using Near Infrared (NIR) Vein Finder Technology in Nursing Care: A Review of the Benefits and Shortcomings. **Med Edu Bull.** Vol.3, N.1, Serial No.7: p.393-400
- Sally Jane Shaw (2018) How to undertake venepuncture to obtain venous blood samples. **Nursing Standard.** 32, 29, 41-47. doi: 10.7748/ns.2018.e10531.
- Stevens RJ, Mahadevan V, Moss AL. (2012). Injury to the lateral cutaneous nerve of forearm after venous cannulation: a case report and literature review. **Clin Anat.** V.25 p.659–62. doi: 10.1002/ca.21285.
- Vivek Sureshkumar, Sheba Elizabeth Kurien, Smilu Sunny, Stephy James and Lakshmy .S. (2015). Electronic Vein Finder. **Int. j. adv. res. comput. commun. eng.** Vol. 4, Issue 10, doi: 10.17148/IJARCCE.2015.41083 384.
- Waluś M., Bernacki K. and Konopacki J. (2017), Impact of NIR wavelength lighting in image acquisition on finger vein biometric system effectiveness, **Opto-Electronics Review.** 25: p.263-268.
- Wang L, Leedham G, Choa DSY. (2008). Minutiae feature analysis for infrared hand vein pattern biometrics. **Pattern Recognition**; 41(3): p.920-929.
- Woodburne RT, Burkel WE, eds. (1994). **Essentials of Human Anatomy.** 9th ed. New York: Oxford University Press.