

การศึกษานำร่องรูปแบบเส้นเลือดดำบริเวณหลังมือในเครื่องญาติเพื่อใช้ในการนิติวิทยาศาสตร์

A Pilot Study of Dorsal Hand Vein Patterns Relative for Forensic Science

ศิรินันท์ วรเดช (Sirinun Woradach)* ดร.รัชดาภรณ์ เบนจาววัฒนานนท์ (Dr.Rachadaporn Benchawattananon)**

บทคัดย่อ

ในเหตุระเบิดพลีชีพ สิ่งที่หลงเหลือเป็นหลักฐานให้สืบหาก็มีเพียงแค่เศษชิ้นส่วนบางส่วนของที่หลงเหลือจากแรงระเบิดเท่านั้น ดังนั้นจึงได้มีการคิดค้นวิธีใหม่ๆขึ้นมา นั่นคือ Vascular technology ซึ่งเป็นวิธีทาง Biometric ใน การศึกษานี้ได้จำเพาะเจาะจงไปที่การศึกษารูปแบบเส้นเลือดดำบริเวณหลังมือของมนุษย์จากบุคคลที่อยู่ในเครือญาติ เดียวกัน เพื่อจะทราบว่าบุคคลในเครือญาติเดียวกันจะมีรูปแบบเส้นเลือดดำบริเวณหลังมือที่เหมือนหรือแตกต่างกัน อย่างไร ผลการศึกษาที่ได้คือสามารถแยกรูปแบบเส้นเลือดดำโดยอาศัยการแตกแขนงของเส้นเลือดดำ Cephalic vein และ Basilic vein เป็นหลักออกเป็น 8 รูปแบบ แบบตาข่าย แบบสะบัด แบบตาข่ายผสมแบบสะบัด แบบตัวเอส แบบ เส้นตรง และแบบตัวทีแนวนอน และพบว่ารูปแบบที่พบได้มากที่สุดคือแบบที่ตาข่าย คือ 38% บุคคลในครอบครัว เดียวกันมักจะมีรูปแบบของเส้นเลือดดำหลักที่เหมือนกัน สามารถสรุปได้ว่า รูปแบบของเส้นเลือดดำบริเวณหลังมือ สามารถช่วยในการระบุเอกลักษณ์บุคคลได้

ABSTRACT

In case of suicide bombings only thing remains of evidence is some piece of the body of victims from the explosion. So there are have the new way to innovate is vascular technology this is a biometrics method was studies about vascular pattern of the human body and in this study specifically about dorsal hand vein of human hands from individuals are relatives in the same family to know of the same relatives have similar or different of veins pattern. The result of the study was we can separated the patters of dorsal hand vein by Basilic Vein and Cephalic Vein totally 8 types are 1.Net, 2.Flick, 3.Flick+Net, 4.Flick+Straight, 5.S-line, 6.Straight, 7.T-line and 8.Crocodile type. And we found that the most common patterns all of subjects was the Net type or type 1 totally found 38% and the member in the same family usually had the same vein pattern and this study can conclude that the pattern of individuals.

คำสำคัญ: ไบโอมेटริก เส้นเลือดดำบริเวณหลังมือ ระบุเอกลักษณ์บุคคล

Keywords: Biometrics, Dorsal hand vein, Identification

* นักศึกษา หลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บทนำ

ปัญหาที่กำลังเป็นภัยคุกคามร้ายแรงสำหรับทั่วโลกตอนนี้คงหนีไม่พ้นปัญหา การก่ออาชญากรรมข้ามชาติ และการระเบิดพลีชีพเพื่อเผยแพร่ศาสนาหรือลัทธิความเชื่อหรือเพื่อเรียกร้องความสนใจของคนทั่วโลก และการกระทำแบบนี้ไม่มีที่แว่วว่าจะลดน้อยลง แต่กลับกลายเป็นว่ามีจำนวนที่เพิ่มมากขึ้นในแต่ละปี และยังคงเพิ่มความรุนแรงขึ้นอีกเช่นกัน ยกตัวอย่างเช่น การระเบิดพลีชีพ ซึ่งเมื่อเกิดเหตุขึ้นแล้ว การหาตัวผู้กระทำความผิดนั้นค่อนข้างจะเป็นไปได้ยาก เพราะแทบจะไม่มีหลักฐานใดๆหลงเหลือไว้เลย นอกจากชิ้นส่วนบางส่วนของมนุษย์ ที่อาจจะเป็นส่วนส่วนร่างกายของผู้กระทำความผิดเอง เช่น ชิ้นส่วนของมือ และเท้า เป็นต้น หรือเหตุการณ์ที่คนร้ายมีการปกปิดอำพรางใบหน้าไม่ให้มองเห็นได้ ทำให้การระบุเอกลักษณ์ของบุคคลนั้นเป็นไปอย่างยากลำบาก หากไม่มีข้อมูลใดที่จะสามารถเชื่อมโยงไปถึงตัวบุคคลได้ ดังนั้นจึงได้มีการคิดค้นวิธีการใหม่ขึ้นมาเพื่อใช้พิสูจน์เอกลักษณ์บุคคลนั้นคือ Vascular technology ซึ่งเป็นการพิสูจน์เอกลักษณ์บุคคลแบบ Biometric เช่น การพิสูจน์จากเสียง เปรียบเทียบเส้นเลือดนิ้วมือนิ้วเท้า เปรียบเทียบเส้นเลือดฝ่ามือและฝ่าเท้า เป็นต้น แต่การศึกษานี้ยังไม่ได้มีการศึกษาอย่างจริงจังในประเทศไทย ซึ่งก่อให้เกิดช่องโหว่ของกระบวนการทางนิติวิทยาศาสตร์ในการสืบหาตัวผู้กระทำความผิด ที่บางคดีการจะหาตัวคนร้ายได้นั้นมีหลักฐานที่ใช้ได้คือ หลักฐานที่เป็น Biometric เท่านั้น และการศึกษารูปแบบของเส้นเลือดดำในมนุษย์หรือ Vascular technology นั้นยังไม่เคยมีการศึกษาจากบุคคลในครอบครัวเดียวกัน เพื่อความสัมพันธ์กันมาก่อน ดังนั้นจึงได้มีการศึกษารูปแบบของเส้นเลือดดำบริเวณหลังมือจากบุคคลในเครือญาติกัน จากอาสาสมัครที่เป็นคนไทย เพื่อจะทราบว่าบุคคลที่เป็นญาติกันจะมีรูปแบบของเส้นเลือดดำบริเวณหลังมือที่เหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร โดยใช้เครื่องมือที่มีชื่อว่า Transilluminator Vein Finder เพื่อนำไปใช้เป็นฐานข้อมูลให้กับกระบวนการทางนิติวิทยาศาสตร์ต่อไป

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษารูปแบบของเส้นเลือดดำบริเวณใต้ผิวหนังบริเวณหลังมือของบุคคลในครอบครัวเดียวกัน

ขั้นตอนและวิธีการการดำเนินการวิจัย

ประชากร

ครอบครัวที่มีรุ่นพ่อแม่, ลูกและรุ่นหลานทั้งหมด 3 รุ่น จำนวน 5 ครอบครัว ซึ่งลักษณะทางพันธุกรรมหรือลักษณะเฉพาะบางลักษณะนั้น สามารถถ่ายทอดไปยังรุ่นต่อไปได้ โดยที่ลักษณะเหล่านี้จะถูกถ่ายทอดผ่านทางพ่อและแม่โดยกระบวนการสืบพันธุ์ ซึ่งสามารถเปรียบเทียบลักษณะเหล่านี้ระหว่างบุคคลในครอบครัวเดียวกันได้ (เบญจพร บาทบำรุง, 2557) แต่ก็อาจมีบางลักษณะที่รุ่นลูกไม่เหมือนกับพ่อกับแม่ แต่อาจจะเป็นลักษณะที่ถูกถ่ายทอดมาจากรุ่นปู่กับย่าแทน ซึ่งลักษณะของเส้นเลือดนั้นเป็นลักษณะที่ได้รับผ่านทางพันธุกรรมไม่ได้รับอิทธิพลจากแวดล้อมภายนอก เช่นเดียวกับ หมู่เลือด เนื่องจากการศึกษารูปแบบเส้นเลือดดำบนหลังมือมีความคล้ายคลึงกับการศึกษารูปแบบลายพิมพ์นิ้วมือ ซึ่งสามารถแยกความแตกต่างบุคคลในครอบครัว พี่น้อง และฝาแฝดได้ ดังนั้น การวิจัยนี้จึงได้ประยุกต์ใช้การศึกษารูปแบบของลายพิมพ์นิ้วมือมาใช้ในการศึกษารูปแบบของเส้นเลือดดำบนหลังมือเพื่อจะได้ทราบว่าสามารถแยกบุคคลในครอบครัวเดียวกัน พี่น้อง และฝาแฝด ด้วยรูปแบบของเส้นเลือดดำหลังมือ ได้หรือไม่

เครื่องมือ

Transillumonator Vein Finder คือ เครื่องมือที่ใช้หาเส้นเลือดโดยการส่งผ่านผิวหนังด้วยแสง LED จำนวน 6 หลอด สามารถชาร์จด้วยสาย USB และสามารถทำให้มองเห็นเส้นเลือดได้แบบ 3 มิติ โดยตัวเครื่องไม่มีอันตรายจากรังสี และไม่มีเลเซอร์ ตัวเครื่องมือผลิตจากทองเหลือง และถูกออกแบบมาให้มีน้ำหนักเบา พกพาง่าย ส่วนใหญ่จะใช้ในงานในโรงพยาบาลเพื่อการวินิจฉัยคนไข้, ห้องตัวเลือด หรือคลินิก และหน่วยงานป้องกันโรค

การเก็บรวบรวมข้อมูล

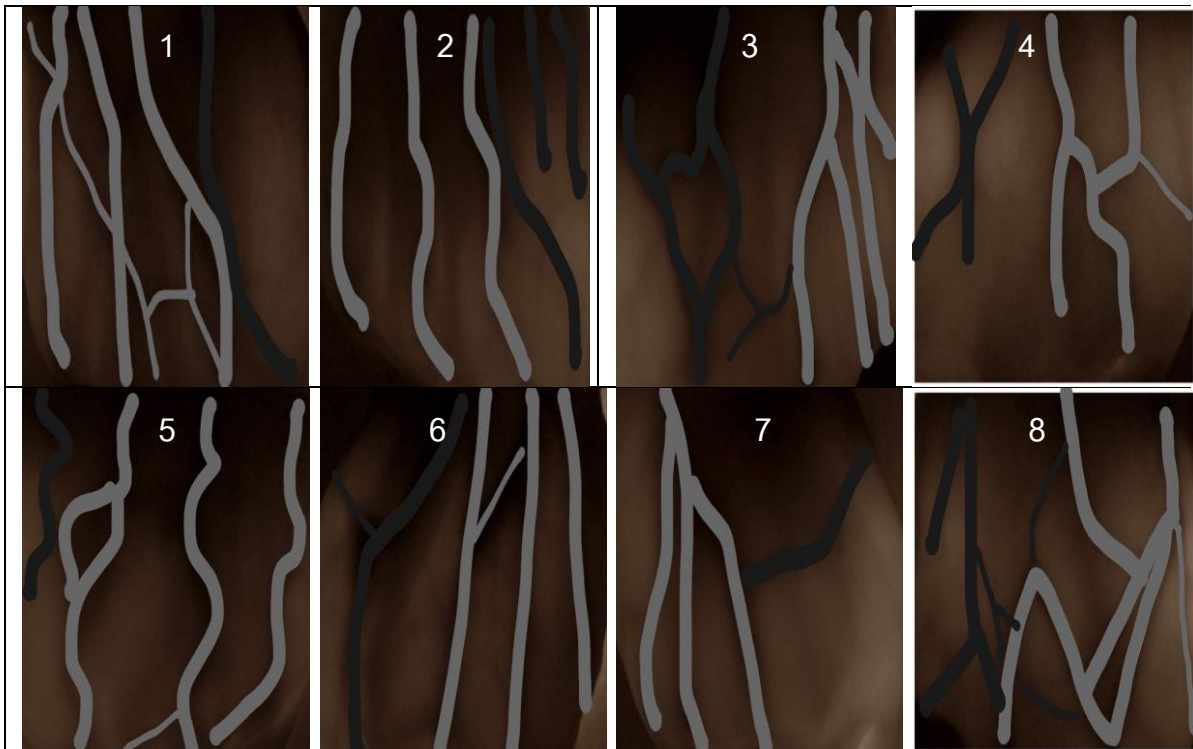
ดำเนินการเก็บตัวอย่างหลังจากได้รับการรับรองโครงการจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ (Ethic committee) โดยให้แต่ละครอบครัวมาทำการถ่ายภาพหลังมือซ้ายขวาจากรุ่นพ่อแม่, รุ่นลูกและรุ่นหลาน ทั้งหมด 5 ครอบครัว โดยไม่จำกัดจำนวนของคนรุ่น และไม่มีการแยกเพศซึ่งจะแบ่งเป็นขั้นตอนหลักๆ ดังต่อไปนี้

การถ่ายภาพเส้นเลือดดำบนหลังมือ

ให้อาสาสมัครกำเครื่องมือ Transillumonator Vein Finder และทำการเปิดเครื่องเพื่อให้แสงจากเครื่องมือส่องผ่านมือจากนั้นให้อาสาสมัครยื่นมือเข้าไปในกล่องดำที่เตรียมไว้จากนั้นจะปรากฏรูปแบบของเส้นเลือดดำอย่างชัดเจน ให้อาสาสมัครกำเครื่องมือไว้เป็นเวลา 10 วินาที และทำการถ่ายภาพรูปแบบเส้นเลือดดำด้านหลังมือด้วยกล้องดิจิทัล โดยถ่ายภาพทั้งหลังมือด้านซ้ายและขวา จากนั้นนำภาพที่ได้มาจำแนกรูปแบบของเส้นเลือดว่าเป็นแบบใด พร้อมนับจำนวนรูปแบบที่พบจากนั้นทำการเปรียบเทียบกันระหว่างบุคคลในครอบครัวว่าทั้งสามรุ่นมีลักษณะเส้นเลือดเป็นแบบใดเหมือนหรือต่างกันอย่างไร, ทำการเปรียบเทียบของรูปแบบเส้นเลือดจากชายและหญิงว่ามีความแตกต่างหรือเหมือนกันอย่างไรจากนั้นนำข้อมูลที่ได้อิงวิเคราะห์หาค่าความสัมพันธ์กันด้วย SPSS

ผลการวิจัย

และเมื่อนำข้อมูลรูปแบบของเส้นเลือดดำบริเวณหลังมือของแต่ละคนมาศึกษา พบว่าอาสาสมัครทั้ง 25 คน นั้น สามารถแยกรูปแบบของเส้นเลือดดำบริเวณหลังมือ โดยอาศัยรูปแบบของการเชื่อมโยงกันอย่างเป็นโครงข่ายของ Dorsal venous network เป็นหลัก สามารถแยกได้ทั้งหมด 8 ภาพ ดังในภาพต่อไปนี้



ภาพที่ 1 รูปแบบเส้นเลือดดำบริเวณหลังมือที่พบในอาสาสมัคร

1= แบบตาข่าย (Net)

เส้นเลือดดำ Basilic vein และ Cephalic vein จะแตกแขนงออกเป็นเส้นตรง และถูกเชื่อมด้วยเส้นเลือดเล็ก Dorsal venous network ในลักษณะคล้ายกับตาข่าย

2= แบบสะบัด (Flick)

เส้นเลือดดำ Basilic vein และ Cephalic vein จะแตกแขนงออกในลักษณะสะบัดไปมา

3= แบบสะบัด+ตาข่าย (Flick+Net)

เส้นเลือดดำ Basilic vein และ Cephalic vein จะแตกแขนงออกในลักษณะสะบัดไปมาอย่างไรทิศทาง และมีการเชื่อมกันด้วยเส้นเลือดเล็ก Dorsal venous network คล้ายกับตาข่าย

4= แบบสะบัด+เส้นตรง (Flick+Straight)

เส้นเลือดดำ Basilic vein จะแตกแขนงออกในลักษณะที่สะบัดไปสะบัดมา ส่วนเส้นเลือดดำ Cephalic vein จะแตกแขนงเป็นเส้นตรง

5= แบบโค้งตัวเอส (S-line)

เส้นเลือดดำ Basilic vein และ Cephalic vein จะแตกแขนงในลักษณะที่คล้ายกับตัว S

6= แบบเส้นตรง (Straight)

เส้นเลือดดำ Basilic vein และ Cephalic vein จะแตกแขนงในลักษณะที่เป็นเส้นตรงและมี Dorsal venous network เชื่อมระหว่างเส้นเลือดสองเส้นไม่เกิน 3 ตำแหน่ง

7= แบบตัวทีแนวนอน (T-line)

เส้นเลือดดำ Basilic vein และ Cephalic vein จะแตกแขนงออกในลักษณะเป็นเส้นตรงเอียงเข้าหากันและกัน และถูกเชื่อมด้วย Dorsal venous network คล้ายตัว T แนวนอน

8= แบบฟันปลา (Crocodile Type)

เส้นเลือดดำ Cephalic vein จะแตกแขนงออกในลักษณะหยักขึ้นลงคล้ายกับฟันปลา ส่วนเส้น

เลือดดำ Basilic vein จะแตกแขนงออกในลักษณะเส้นตรงเชื่อมกันเป็นตาข่ายขนาดเล็ก

9= แบบอื่นๆ นอกเหนือจาก 8 ลักษณะที่กล่าวมาข้างต้น

ตารางที่ 1 แสดงจำนวนร้อยละของรูปแบบเส้นเลือดดำบริเวณหลังมือที่พบของอาสาสมัครทั้งหมด

Pattern	Left	Right	Total	100%
แบบตาข่าย (Net)	10	9	19	38%
แบบสะบัด (Flick)	3	1	4	8%
แบบสะบัด+ตาข่าย(Flick+Net)	4	4	8	16%
แบบสะบัด+เส้นตรง(Flick+Straight)	0	0	0	0%
แบบโค้งตัวเอส (S-line)	1	1	2	4%
แบบเส้นตรง (Straight)	6	8	14	28%
แบบตัวทีแนวนอน (T-line)	1	2	3	6%
แบบฟันปลา (Crocodile Type)	0	0	0	0%

วิจารณ์ และสรุปผลการวิจัย

1. วิจารณ์ผลการทดลอง

การศึกษารูปแบบของเส้นเลือดดำบริเวณหลังมือ เป็นวิธีที่ถูกคิดค้นขึ้นมาใหม่ เพื่อใช้พิสูจน์เอกลักษณ์บุคคล เรียกว่า Vascular technology ซึ่งเป็นการพิสูจน์เอกลักษณ์บุคคลแบบ Biometrics เช่นเดียวกับกับการพิสูจน์เอกลักษณ์บุคคลจากเสียง, เปรียบเทียบลายพิมพ์นิ้วมือนิ้วเท้า และการพิสูจน์จากลายม่านตา เป็นต้น

การศึกษานี้ศึกษารูปแบบของเส้นเลือดดำที่มือ คือศึกษารูปแบบการเชื่อมกันเป็นโครงข่ายของเส้นเลือด หรือที่เรียกว่า Dorsal venous network ซึ่งโครงสร้างเหล่านี้ถูกสร้างมาจากหลอดเลือดดำเล็กบริเวณนิ้วมือ ที่เรียกว่า Dorsal digital veins จากนั้นเส้นเลือดดำเล็กเหล่านี้จะสร้างโครงข่ายขึ้นมา หรือเมื่อรวมตัวกันแล้วจะทำให้เกิดเป็นเส้นเลือดที่มีขนาดใหญ่ขึ้น เส้นเลือดดำเล็กจากนิ้วหัวแม่มือจะสร้างเส้นเลือดดำที่มีชื่อว่า Cephalic vein ส่วนนิ้วมืออีกสี่นิ้วที่เหลือจะรวมตัวกันแล้วสร้างเส้นเลือดดำที่มีชื่อว่า Basilic vein ซึ่งในแต่ละคนนั้นจะมีรูปแบบการเชื่อมโยงกันของเส้นเลือดเหล่านั้นไม่เหมือนกัน จึงทำให้เกิดความแตกต่างของแต่ละบุคคลขึ้น ทั้งนี้การมองเห็นหรือความชัดเจนของเส้นเลือดมีผลมาจากปัจจัยหลายๆอย่างเช่น อายุของอาสาสมัคร, อาชีพและพฤติกรรมกรรมการดำเนินชีวิตของแต่ละคน ซึ่งในคนที่อายุน้อยและไม่ได้ทำงานหนัก จะสามารถมองเห็นเส้นเลือดดำได้ชัดเจนมากกว่าบุคคลที่มีอายุมากและทำงานหนัก และยังมีผลจากความหนาของชั้นผิวหนังบริเวณมือที่ส่งผลต่อการศึกษารูปแบบการมองเห็นของเส้นเลือดดำ

ซึ่งการศึกษานี้เป็นการศึกษานำร่องเพื่อศึกษารูปแบบของเส้นเลือดดำบริเวณหลังมือจากบุคคลภายในเครือข่าย ซึ่งศึกษาจากอาสาสมัครจำนวน 25 คน, 5 ครอบครัว ครอบครัวละ 5 คน ที่ยังมีชีวิตอยู่ทั้งรุ่นพ่อแม่, รุ่นลูกและรุ่นหลาน ซึ่งทั้งหมดเป็นเพศชาย 13 คน และเพศหญิง 12 คน จากการทดลอง สามารถแยกรูปแบบของเส้นเลือดดำบริเวณหลังมือได้เป็น 8 รูปแบบ โดยอาศัยการเชื่อมกันของเส้นเลือด Dorsal venous network ซึ่งมีชื่อรูปแบบดังต่อไปนี้ 1) แบบตาข่าย 2) แบบสะบัด 3) แบบสะบัดผสมแบบตาข่าย 4) แบบสะบัดผสมกับเส้นตรง 5) แบบโค้งตัวเอส

6) แบบเส้นตรง 7) แบบตัวที่แวนอน และ 8) ฟันปลา และพบว่าในจำนวนอาสาสมัครทั้ง 25 หลังจากศึกษารูปแบบของเส้นเลือดดำบริเวณหลังมือทั้งมือซ้ายและมือขวา รวม 50 อย่าง พบว่า รูปแบบที่ 1 หรือแบบตาข่าย พบได้มากที่สุดคือ 38% รองลงมาคือ แบบที่ 6 พบ 28%, แบบที่ 3 พบ 16% , แบบที่ 2 พบ 8%, แบบที่ 7 พบ 6% และพบน้อยที่สุดคือแบบที่ 5 คือ 5% จะเห็นว่าบุคคลในครอบครัวเดียวกันนั้นมีแนวโน้มที่รูปแบบของเส้นเลือดของแต่ละครอบครัวจะถูกถ่ายทอดผ่านพันธุกรรมของเพศชาย

2. สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษารูปแบบเส้นเลือดดำบริเวณหลังมือจากบุคคลในเครือญาติเดียวกัน ทั้งหมด 5 ครอบครัว (25 คน) ด้วยเครื่องมือ Transilluminator vein finder สามารถสรุปได้ว่า รูปแบบของเส้นเลือดดำบริเวณหลังมือนั้นสามารถช่วยในการระบุเอกลักษณ์บุคคลได้ เนื่องจากพบว่ารูปแบบของเส้นเลือดดำบริเวณหลังมือของแต่ละคนนั้นมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจนโดยสังเกตจากการเชื่อมกันของ Dorsal venous network และไม่ซ้ำกันแม้แต่กับคนในเครือญาติเดียวกัน แต่จะมีความคล้ายคลึงกันในรูปแบบของเส้นเลือด Cephalic vein และ Basilic vein ที่เกิดการแตกแขนงออกมาในลักษณะคล้ายกันมากกว่า แต่รูปแบบการแตกแขนงในส่วนย่อย (Dorsal venous network) นั้นไม่มีการซ้ำกัน ทั้งนี้ยังต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงรูปแบบการแตกแขนงในส่วนของเส้นเลือดดำเล็กกว่ามีการแตกแขนงในรูปแบบใด เช่น การระบุจำนวนเส้นเลือด Cephalic vein และ Basilic vein ว่ามีการแตกแขนงจากจุดเริ่มต้นที่จุด, จุดที่มีการเชื่อมกันที่จุด (Bifurcation point) และจุดสิ้นสุดของเส้นเลือดที่มีการแตกแขนงออกนั้นมีกี่จุด (Ending points) และใช้โปรแกรม Matching algorithm ในการเทียบจุดต่าง เช่นเดียวกับการระบุเอกลักษณ์บุคคลจากลายพิมพ์นิ้วมือ ถึงจะสามารถบอกได้ว่ารูปแบบของเส้นเลือดดำบริเวณมือของแต่ละคนนั้นมีจุดที่แตกต่างกันที่จุดและแตกต่างกันอย่างไรถึงจะสามารถนำไปใช้ในการระบุเอกลักษณ์บุคคลได้ และต้องใช้อาสาสมัครในจำนวนที่มากขึ้นและเพิ่มจำนวนรุ่นที่ใช้ศึกษาเพื่อดูความสัมพันธ์กันให้ชัดเจนมากขึ้นและ เพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือของงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

บ้งอร ชมเดช. ศรีรวิทยาของระบบไหลเวียนเลือด. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย 2534

Circulatory, http://www.ipecp.ac.th/ipecp/cgi-bin/Circulatory/program/unit1/p3_1.html

Ahmed M. Badawi, "Hand Vein Biometric Verification Prototype: A Testing Performance and Patterns Similarity",

Biomedical Engineering Department University of Tennessee, Knoxville, TN, USA

Deepak Prasanna R, Neelamegam P, Sriram S, Nagarajan Raju. "Enhancement of vein patterns in hand image for biometric and biomedical application using various image enhancement techniques" *Procedia Engineering*

38, 1174 – 1185 Kangarlu, A., and Robitaille, P. (2000). Biological effects and health implications in

Magnetic resonance imaging. *Concepts in magnetic resonance*. 12, 321-359. 2012.

Ding Y, Zhuang D, Wang K. "A Study of Hand Vein Recognition Method", *The IEEE International Conference on Mechatronics & Automation Niagara Falls, Canada: 2005.*

Gupta P, Gupta P. "Extraction of true palm-dorsa veins for human authentication, in: *Indian Conference on Computer Vision, Graphics & Image*": 2014.

- Gupta P, Gupta P. “An accurate finger vein based verification system, Digit. Signal Process.” Puneet Gupta and Phalguni Gupta. “Multi-modal fusion of palm-dorsa vein pattern for accurate personal authentication”, Knowledge-Based Systems, Volume 81, , Pages 117–130:2015.
- Lingyu Wang, Graham Leedham, David Siu-Yeung Cho.“Minutiae feature analysisfor infrared hand vein pattern biometrics” Pattern Recognition, Volume 41, Issue 3, Pages 920-929 : 2008.
- Masaki Watanabe, Toshio Endoh, Morito Shiohara, and Shigeru Sasaki., “Palm vein authentication technology and its applications”, The Biometric Consortium Conference, September, USA, 19-21, 2005, pp. 1-2. : 2005
- Shahin M, Badawi A, Kamel M. “Biometric Authentication Using Fast Correlation of Near Infrared Hand Vein Patterns”, International Journal of Biological and Medical Sciences, vol 2, No.1, winter, pp. 141-148:2007.
- Wang L, Leedham CG.“A thermal vein pattern verification system, in:S. Sameer, S. Maneesha, A. Chid, P. Petra (Eds.)” Pattern Recognition and Image Analysis, Lecture Notes in Computer Science, vol. 3687, Springer, pp. 58–65 : 2005.
- Mallat S, Zhong S. “Characterization of signals from multiscale edges, IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell”. 14 (7) 710–732.:1992.
- Zhao S, Wang Y, Wang Y. “Extracting Hand Vein Patterns from Low-Quality Images: A New Biometric Technique Using Low-Cost Devices”, Fourth International Conference on Image and Graphics : 2007.