

การศึกษารูปแบบหลอดเลือดดำบริเวณท้องแขนในประชากรไทย
โดยใช้เครื่องถ่ายภาพภายใต้แสงอินฟราเรดชนิดคลื่นสั้น ด้วยเทคนิคประมวลผลภาพ
A study of vein patterns in the forearm of Thai population
using short-wave infrared light through image processing techniques

ประสงค์ ฐุสรานนท์^{1*}, ชิชณัฐศน์ บรรลือโชคชัย¹, ธนชวรรณ ภูดิน¹, หิรัญญา ศรีธาต²,
สมชาติ แตรตุลาการ^{3*}

¹ ภาควิชาฟิสิกส์อุตสาหกรรมและอุปกรณ์การแพทย์

คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ

² ภาควิชาเทคนิคการแพทย์ คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

³ ห้องปฏิบัติการอุปกรณ์ชีวการแพทย์ คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

*ผู้รับผิดชอบบทความ: somchatt@hotmail.com, prasong.t@sci.kmutnb.ac.th

Prasong Tosranon^{1*}, Chissanuthat Bunluechokchai¹,
Tanachawan Phudin¹, Hiranya Sritart², Somchat Taertulakarn^{3*}

¹ Department of Industrial Physics and Medical Instrumentation

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

² Department of Medical Technology, Faculty of Allied Health Sciences Thammasat
University

³ Biomedical Instrumentation laboratory, Faculty of Allied Health Sciences
Thammasat University

*Corresponding author: somchatt@hotmail.com, prasong.t@sci.kmutnb.ac.th

บทคัดย่อ

รูปแบบของหลอดเลือดดำบริเวณท้องแขนมีความแปรปรวนในแต่ละบุคคล ที่พบได้บ่อยเมื่อมีการวินิจฉัยหรือตรวจด้วยตาเปล่าคือการขาดหายไปของหลอดเลือดดำ median cubital vein ซึ่งเป็นหลอดเลือดเส้นที่นิยมใช้ในการทำหัตถการทางการแพทย์ กรณีที่บุคลากรทางการแพทย์ขาดประสบการณ์หรือขาดความเข้าใจรูปแบบของหลอดเลือดดำบริเวณนี้ อาจจะทำให้ผู้ป่วยมีความเสี่ยงและเกิดอันตรายขึ้นได้ ในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์นำเสนอวิธีการจำแนก

Received : 11 May 2023

Revised : 30 June 2023

Accepted : 29 June 2023

Online publication date : 30 June 2023

รูปแบบของหลอดเลือดดำ โดยใช้เครื่องถ่ายภาพหลอดเลือดดำภายใต้แสงอินฟราเรดชนิดคลื่นสั้น ด้วยเทคนิคประมวลผลภาพ ข้อมูลภาพเส้นเลือดที่ได้ แบ่งพื้นที่เป็น 6 ส่วน และคำนวณหาผลต่างพื้นที่ที่มีข้อมูลหลอดเลือดดำรวม เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการจำแนกรูปแบบของหลอดเลือดดำ จากอาสาสมัครชาวไทยจำนวน 150 คน ที่มีสุขภาพแข็งแรงและไม่มีความผิดปกติที่แขนทั้งสองข้าง ทำการถ่ายภาพของหลอดเลือดที่ท้องแขน จำแนกแบ่งเป็นแขนข้างขวา 138 แขน และแขนข้างซ้าย 112 แขน ผลของงานวิจัยนี้พบว่าสามารถจำแนกรูปแบบของหลอดเลือดดำของอาสาสมัครได้ 4 รูปแบบ โดยรูปแบบหลอดเลือดดำที่พบในอาสาสมัครชาวไทยมากที่สุด คือ รูปแบบที่ 3 (83 แขน 33.2 %) ในระหว่างแขนขวาและแขนซ้าย รูปแบบที่พบได้บ่อยมีความแตกต่างกัน โดยที่แขนซ้ายจะพบรูปแบบที่ 1 ได้มากกว่าในแขนขวา มีอาสาสมัครเพียง 37 คน ที่พบว่ามียรูปแบบของหลอดเลือดดำในแขนทั้งสองข้างเป็นรูปแบบเดียวกัน จากผลการทดลองจำแนกรูปแบบของเส้นเลือดดำจากระบบที่พัฒนาขึ้นมาเปรียบเทียบกับวิธีการจำแนกรูปแบบของเส้นเลือดดำโดยผู้เชี่ยวชาญพบว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ 1.4% ซึ่งเป็นค่าที่สามารถยอมรับได้ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าวิธีการที่ได้นำเสนอขึ้นมานั้นสามารถจำแนกรูปแบบของเส้นเลือดดำได้อย่างเหมาะสม

คำสำคัญ: หลอดเลือดดำบริเวณท้องแขน รูปแบบหลอดเลือดดำ การถ่ายภาพด้วยอินฟราเรด

Abstract

The cubital superficial vein patterns vary among individuals, with the most significant difference being the lack of the median cubital vein, which is frequently used for diagnosis and treatment. Lack of understanding of vein patterns can put patients at risk and cause harm. In the past, vein pattern classification was achieved through observation. This study aims to develop a system using near-infrared imaging and image processing to divide the image into six zones and calculate the total area difference as a classification criterion. The study involved 150 Thai volunteers, and after excluding inappropriate images, the images were classified into 138 right arms and 112 left arms. The results of this research showed that there were four types of vein patterns, and pattern 3 was the most common (83 arms, 33.2%). The patterns of right and left arms were different, with pattern 1 being more common in the left arm than in the right arm. Among 103 subjects who had their vein patterns observed in both arms, 37 had the same pattern. The accuracy of the proposed method was compared to the accuracy of the previously studied method. From the results of the vein pattern classification from the developed system compared to the venous pattern classification by experts, it was found that the error was 1.4%, which was an acceptable value. Hence, it can be concluded that the proposed method can accurately characterize the vein pattern.

Keywords: cubital superficial vein, vein pattern, near infrared imaging

บทนำ

ปัจจุบันหลอดเลือดดำบริเวณท้องแขน เป็นบริเวณที่นิยมนำมาใช้ในการทำหัตถการหลายอย่างทั้งในด้านการรักษาและในด้านการวินิจฉัยโรคต่าง ๆ เช่น การเจาะเลือด (venipuncture) การใส่สายสวนหลอดเลือดดำ (venous catheterization) การล้างไต (hemodialysis) การฉีดสารเข้าหลอดเลือดดำเพื่อการรักษาและวินิจฉัยโรค (intravenous administration of substance for diagnostic and therapeutic purposes) เป็นต้น (Nocross WA, Shhackford SR., 1988; Golmohammadi Mohammad Ghasem et al, 2021) หลอดเลือดดำชั้นตื้นที่นิยมใช้ในการทำหัตถการที่สำคัญมีอยู่ด้วยกัน 3 หลอด ได้แก่ หลอดเลือดดำเซฟาสิก (cephalic vein) หลอดเลือดดำเบซิลิก (basilic vein) หลอดเลือดดำมีเดียน คิวบิทัล (median cubital vein) และหลอดเลือดดำกลางปลายแขน (median antebrachial) (Woodburne RT, Burkel WE, eds, 1994)

การศึกษารูปแบบของหลอดเลือดดำบริเวณท้องแขน มีการแบ่งวิธีการศึกษา ชนิดรูปแบบของเส้นเลือดแตกต่างกันตามการศึกษาของผู้วิจัย ทั้งนี้เทคนิคหรือวิธีการศึกษารูปแบบของเส้นเลือดนั้น อาจแบ่งได้เป็น 2 วิธีการคือ I.การศึกษารูปแบบเส้นเลือดจากภายในร่างกาย (operate) โดยการผ่าตัดเพื่อดูรูปแบบโครงสร้างของเส้นเลือดบริเวณท้องแขนโดยตรง II.การศึกษารูปแบบเส้นเลือดจากภายนอกในร่างกาย (observe) ซึ่งอาจใช้วิธีการดูหรือสังเกตด้วยตาเปล่า ซึ่งวิธีการนี้อาจจะมีการรัดแขนโดยใช้ tourniquet เพื่อให้หลอดเลือดดำเห็นชัดขึ้น (Vasuda T.A, 2013; Lima-Oliveira G et al., 2017) แต่อย่างไรก็ตาม แขนที่จะนำมาเป็นแบบต้องมีเส้นเลือดที่ท้องแขน ที่มีขนาดใหญ่ หรือเห็นที่เห็นชัดเจน อีกกรณีหนึ่งคือใช้เครื่องมือเพื่อส่องหรือฉาย (vein finder) (Septimiu Crisan, Bogdan Tebrean., 2017)หรือใช้เทคนิคอื่นใด เพื่อให้หลอดเลือดดำมีการดูกลืนแสงและเห็นชัดเจนขึ้น (Kanae Mukai et al., 2020) วิธีการนี้จะช่วยให้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการแยกชนิดรูปแบบของเส้นเลือดได้มากขึ้น วิธีการศึกษารูปแบบหลอดเลือดดำจากภายนอกในร่างกายนี้ ทำให้เกิดการศึกษาวิจัยข้อมูลรูปแบบของหลอดเลือดดำอย่างรวดเร็ว โดยผู้วิจัยแต่ละกลุ่มได้มีการศึกษา แยกตามเชื้อชาติ เพศ โดยมีการวิจัยพบว่าลักษณะรูปแบบของหลอดเลือดดำบริเวณท้องแขนจะมีความเป็นอัตลักษณ์สำหรับบุคคลทั่วไปอีกด้วย

การศึกษารูปแบบของหลอดเลือดดำบริเวณท้องแขนในงานวิจัยต่างๆ พบว่ารูปแบบของหลอดเลือดดำที่พบมากที่สุด คือรูปแบบที่มีหลอดเลือดดำ median cubital เป็นหลอดเลือดที่เชื่อมต่อหลอดเลือดดำ cephalic และ basilic เข้าด้วยกันที่บริเวณข้อพับข้อศอก ซึ่งพบในชาวเกาหลี 50% ชาวอังกฤษ 53% ชาวอเมริกา 70% และชาวญี่ปุ่น 84% แต่ในชาวอินเดียพบรูปแบบนี้เพียง 16 % เท่านั้น รูปแบบที่พบบ้างถัดมาคือรูปแบบที่พบหลอดเลือดดำ median antebrachial เชื่อมต่อกับหลอดเลือดดำ median cubital หรืออาจจะแยกเป็นสองแขนง คือ median cephalic และ median basilica ซึ่งทั้งสองแขนงนี้จะเชื่อมกับหลอดเลือดดำ cephalic และ หลอดเลือดดำ basilica ตามลำดับ อีกรูปแบบหนึ่งคือรูปแบบที่ไม่พบหลอดเลือดดำ cephalic พบแต่หลอดเลือดดำ basilic และยังมีการพบรูปแบบของหลอดเลือดดำที่พบน้อย แต่มีความสำคัญทางคลินิก คือ ไม่พบหลอดเลือดดำเชื่อมต่อระหว่างหลอดเลือดดำ cephalic และ basilica รูปแบบถัดไปคือหลอดเลือด median cubital ที่มีลักษณะโค้ง รวมทั้งมีหลอดเลือดดำ median cubital 2 หลอด และรูปแบบที่ไม่พบหลอดเลือดดำ cephalic (Dharap AS, Shaharuddin MY., 1994; Ukoha UU et al, 2013; AlBustami F, Altarawneh I, Rababah E., 2014; Hyunsu Lee et al, 2015) จะเห็นได้ว่าหลอดเลือดดำมีความแปรปรวนมากโดยเฉพาะตรงบริเวณข้อศอก แม้ว่าการทำหัตถการตรงบริเวณนี้เป็นหนึ่งในบริเวณที่ดีที่สุด แต่อย่างไรก็ตามการทำหัตถการมีการการรุกรานเข้าไปภายในร่างกายซึ่งสร้างความเจ็บปวดให้แก่

ผู้ป่วย ดังนั้นผู้ที่เกี่ยวข้องจึงจำเป็นต้องมีความรู้ความเข้าใจที่ดีเกี่ยวกับโครงสร้างและรูปแบบของหลอดเลือด การขาดความรู้นี้อาจนำไปสู่การเพิ่มความเสี่ยงให้ตัวผู้ป่วยจากการทำงานที่ผิดพลาด เนื่องจากการมองเห็นหลอดเลือดได้ไม่ชัดเจน สามารถทำให้เกิดปัญหาแทรกซ้อนขึ้นมาได้ เช่น เกิดภาวะหลอดเลือดอักเสบ (phlebitis) ภาวะเลือดออก (hemorrhage) หรือการไปสะกดโดนหลอดเลือดแดงจนนำไปสู่ความเสียหายของเส้นประสาท (Agthong S, Wiwanitkit V., 1998; Fukuroku K et al, 2016)

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะพัฒนาระบบการจำแนกรูปแบบของหลอดเลือดดำจากอุปกรณ์การถ่ายภาพหลอดเลือดดำ ด้วยแสงอินฟราเรดชนิดคลื่นสั้นและทำการประมวลผลภาพแบบอัตโนมัติ เพื่อทำการวิเคราะห์ชนิดรูปแบบของหลอดเลือด จากอาสาสมัครชาวไทย เพื่อใช้เป็นแนวทางในการรักษาและวินิจฉัยหลอดเลือดดำต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

อุปกรณ์ถ่ายภาพ ประกอบด้วย 2 ส่วน แสดงดังรูปที่ 1

1. ส่วนประกอบของอุปกรณ์ถ่ายภาพ

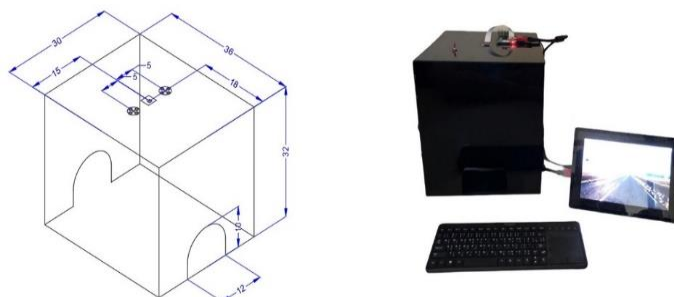
อุปกรณ์ถ่ายภาพ มีส่วนประกอบที่สำคัญได้แก่

- หลอดอินฟราเรด (Infrared Source) ซึ่งเป็น led array infrared แรงดันไฟฟ้า 1.8 – 2 โวลต์ กระแส 1000 มิลลิแอมป์ ความยาวคลื่น 850 นาโนเมตร จำนวน 8 หลอด
- กล้องถ่ายภาพ Pi NoIR เป็นกล้องที่ไม่มีตัวกรองอินฟราเรด (Infrared filter)
- บอร์ด Raspberry Pi 3 Model B+ เป็นบอร์ดที่ใช้ควบคุมกล้องถ่ายภาพ

2. การออกแบบอุปกรณ์ถ่ายภาพ

ระบบแสงที่ใช้ถ่าย แสงที่เปล่งออกมาต้องมีความสม่ำเสมอเพื่อป้องกันการเกิดเงาตกกระทบที่ด้านใดด้านหนึ่ง และไม่ทำให้เกิดจุดสว่าง (hotspots)

ตำแหน่งของการถ่ายภาพ เพื่อให้ได้ภาพและตำแหน่งที่ถูกต้องของหลอดเลือด จำเป็นต้องมีการบังคับแขนของอาสาสมัครให้อยู่กับที่ ไม่ให้เกิดการขยับหรือหมุน ดังนั้นจึงมีการกำหนดตำแหน่งสำหรับการวางแขน โดยให้วางข้อศอกตรงบริเวณที่กำหนด



รูปที่ 1 อุปกรณ์ถ่ายภาพ

การถ่ายหลุดเลือดดำบริเวณท้องแขน

งานวิจัยครั้งนี้ บันทึกภาพหลุดเลือดดำจากกลุ่มอาสาสมัคร นักศึกษาและบุคลากรในมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ มีอายุอยู่ในช่วง 19 - 65 ปี ไม่มีปัญหาด้านสุขภาพ จำนวน 150 คน ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

2.3.1 สอดแขนเข้าไปในกล่องให้บริเวณข้อศอกตรงกับเส้นที่กำหนดตำแหน่งในลักษณะหงายมือ

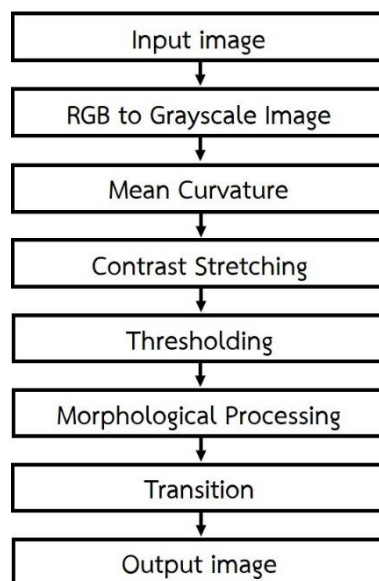
2.3.2 ถ่ายภาพหลุดเลือดดำบริเวณท้องแขนของแขนทั้งสองข้าง

2.3.3 บันทึกภาพของหลุดเลือดดำบริเวณท้องแขน

2.3.4 ส่งต่อภาพที่บันทึกไปยังโปรแกรมที่ใช้ในการเพิ่มคุณภาพของภาพ

ขั้นตอนการประมวลผลภาพ

ขั้นตอนการเตรียมข้อมูลภาพเส้นเลือดเพื่อใช้สำหรับเป็นข้อมูลในงานวิจัยนี้ โดยมีขั้นตอนตามรูปที่ 2



รูปที่ 2 ขั้นตอนการประมวลผลภาพ

1. Input image ข้อมูลภาพที่ได้จากการถ่ายภาพท้องแขน ด้วยกล้อง Pi NoIR เป็นภาพสี (RGB images) ขนาด 1280 x 800 pixel จากนั้นเลือกข้อมูลภาพบริเวณกึ่งกลางของท้องแขน ซึ่งเป็นแขนช่วงบริเวณรอบๆ ข้อพับของข้อศอกโดยเหนือข้อศอกขึ้นไป 1 นิ้ว และต่ำจากข้อศอกลงมา 2.5 นิ้ว ภาพใหม่ที่ได้มีขนาด 500 x 500 pixel (Region of Interest, ROI)

2. RGB to Grayscale image กระบวนการแปลงภาพสีมาเป็นภาพระดับสีเทา ซึ่งสีของภาพระดับเทานี้แสดงถึงความเข้มของสี (Intensity) ในระดับต่างๆ จำนวนระดับของสีขึ้นอยู่กับจำนวนบิต โดยสีดำเป็นส่วนที่มีความเข้มของสีน้อยและสีขาวจะมีความเข้มของสีมาก

3. Mean curvature เป็นกระบวนการที่ใช้ปรับปรุงคุณภาพของภาพ เพื่อประโยชน์ในการเพิ่มความละเอียดและเน้นความชัดเจนให้กับภาพ โดยพิจารณาจากพื้นผิวของภาพ

สำหรับพื้นผิวของรูปร่างสามมิติ ความโค้งเฉลี่ยจะสัมพันธ์กับเวกเตอร์ตั้งฉากกับพื้นผิว

$$2H = -\nabla \cdot \hat{n} \quad (1)$$

โดยเวกเตอร์ตั้งฉากจะมีผลต่อความโค้ง ซึ่งความโค้งของพื้นผิวจะเป็นบวกเมื่อมีทิศทางไปทางเดียวกับเวกเตอร์ ไม่แปรผันกับรูปร่างสามมิติ นอกจากนี้ยังคำนวณค่าความโค้งเฉลี่ยได้จากสูตร

$$2H = \text{Trace}((II)(I^{-1})) \quad (2)$$

โดย I และ II แสดงถึงเมทริกซ์รูปแบบกำลังหนึ่งและสองตามลำดับ

ถ้า $S(x, y)$ เป็นพารามิเตอร์ของพื้นผิวและ u, v เป็นกำลังสองของความเป็นอิสระเชิงเส้นในพารามิเตอร์แล้ว โค้งเฉลี่ยสามารถเขียนได้ในแง่ของ first และ second fundamental form ได้ดังนี้ (Gray A., 1997)

$$H = \frac{IG - 2mF + nE}{2(EG - F^2)} \quad (3)$$

เมื่อ $E = I(u, u)$, $F = I(u, v)$, $G = I(v, v)$, $l = II(u, u)$, $m = II(u, v)$, $n = II(v, v)$

4. Contrast Stretching เป็นกระบวนการการปรับแต่งความคมชัดของข้อมูล โดยปรับปรุง contrast ของข้อมูลด้วยการยืดภาพที่มีค่าระดับสีเทาอยู่ในช่วงแคบๆ ให้กว้างออกเท่ากับค่าระดับสีเทาในช่วงที่เราต้องการ คำนวณได้จากสมการต่อไปนี้ (Gray A., 1997)

$$J(r, c) = (M_J - m_J) \frac{I(r, c) - m_I}{M_I - m_I} + m_J \quad (4)$$

เมื่อ m_I = ค่าต่ำที่สุดของภาพต้นฉบับ, M_I = ค่ามากที่สุดของภาพต้นฉบับ, m_J = ค่าต่ำที่สุดของภาพใหม่ และ M_J = ค่ามากที่สุดของภาพใหม่

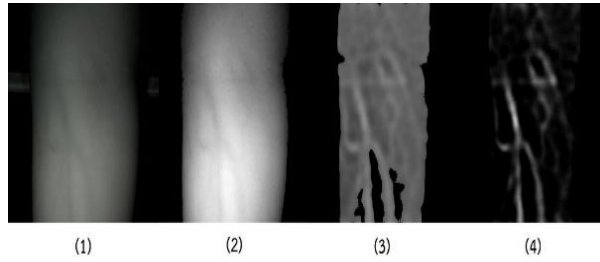
5. Thresholding เป็นกระบวนการทำ Image Segmentation เพื่อแยกส่วนของวัตถุที่เราสนใจออกมาวิเคราะห์ ซึ่งคือบริเวณที่เป็นหลอดเลือด โดยใช้ threshold Value เป็นเกณฑ์ ซึ่งเขียนสมการทั่วไปของกระบวนการ Thresholding ได้ดังนี้ (Gray A., 1997)

$$g(x, y) = \begin{cases} 1, & \text{if } f(x, y) \geq T \\ 0, & \text{if } f(x, y) < T \end{cases} \quad (5)$$

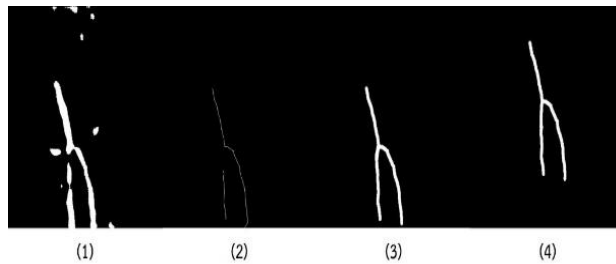
6. Morphological Processing เป็นการประมวลผลภาพโดยเน้นด้านรูปแบบและโครงสร้าง ซึ่งเกี่ยวข้องกับ การแยกส่วนประกอบของภาพเพื่อใช้ในการแสดงรูปร่าง ประกอบไปด้วยสองขั้นตอนดังนี้ Erosion การย่อภาพ เป็นการลบข้อมูลภาพบริเวณขอบภาพ ดังนั้นขนาดและความหนาของวัตถุจะลดลง เป็นประโยชน์ในด้านการลบ Noise ออก และ Dilation เป็นการขยายภาพให้ใหญ่ขึ้นโดยการเพิ่มข้อมูลภาพตามลำดับตลอดทั้งภาพ ทำให้วัตถุหนาขึ้นเป็นประโยชน์ในด้านการเพิ่มรายละเอียดที่ขาดหายไป

7. Transition เป็นการทำให้ภาพต้นแบบเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งใหม่ โดยจุดทุกจุดของภาพต้องเคลื่อนไปในทิศทางเดียวกันและระยะเท่ากัน ซึ่งใช้เวกเตอร์เป็นตัวกำหนด และเมื่อย้ายภาพหลอดเลือดให้อยู่ตรงตำแหน่งกึ่งกลางของภาพ

โดยขั้นตอนทั้งหมดแสดงผลดังรูปที่ 3 และ 4



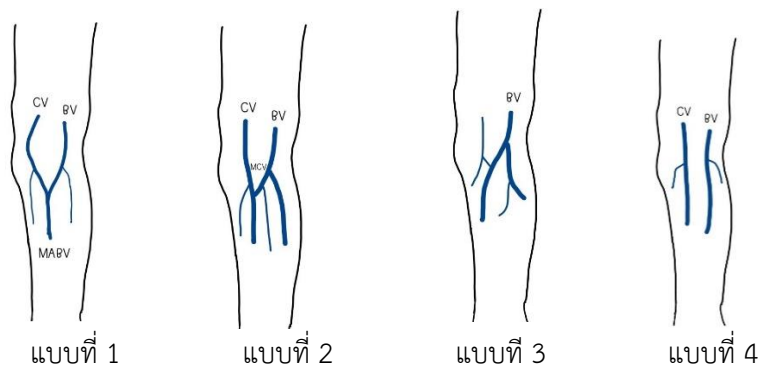
รูปที่ 3 (1) RGB, (2) Grayscale, (3) Mean curvature และ (4) Contrast Stretching



รูปที่ 4 (1) Thresholding, (2) Erosion, (3) Dilation และ (4) Transition

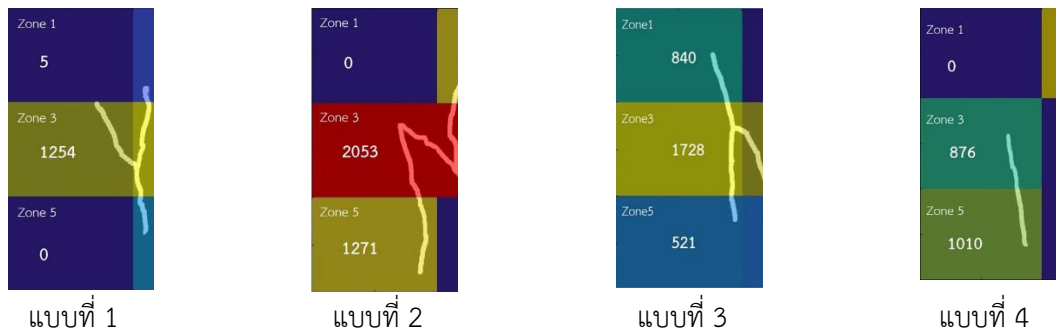
ขั้นตอนการจำแนกรูปแบบของหลอดเลือดดำ

การจำแนกข้อมูลภาพของลักษณะของหลอดเลือดดำ ตามรูปแบบมาตรฐานของ Hyunsu Lee (Hyunsu Lee, 2014) โดยจำแนกด้วยการสังเกตด้วยตาเปล่าจากผู้เชี่ยวชาญ ได้เป็น 4 กลุ่ม ตามรูปที่ 5



รูปที่ 5 รูปแบบของหลอดเลือด

1. จากข้อมูลภาพ แบ่งภาพให้มีขนาด 3x2 ซึ่งจะแบ่งภาพออกเป็นโซนทั้งหมด 6 โซน แล้วหาพื้นที่ในแต่ละโซน



รูปที่ 6 แสดงค่า pixel value พื้นที่ในแต่ละโซน

จากนั้นทำการหาค่าข้อมูลภาพในแต่ละพื้นที่ เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการจำแนกรูปแบบ โดยใช้ค่า pixel value 0 กับ 1 โดยข้อมูลพื้นที่ในแต่ละโซนคือผลรวมของค่า pixel value ในบริเวณนั้นๆ ค่า Pixel value ของภาพหลอดเลือด แต่ละรูปแบบแสดงดังรูปที่ 6

2. การประเมินลักษณะของรูปแบบของหลอดเลือด โดยใช้ค่าผลต่างของพื้นที่ในการประเมินชนิดรูปแบบ โดยภาพ A1 เป็นภาพที่มีรูปแบบของหลอดเลือดเป็นรูปแบบเดียวกันกับภาพ A2 หรือไม่ โดยที่ถ้า รากที่สองของผลต่างค่า pixel value ยกกำลังสอง ของทุกโซนรวมกัน แล้วมีค่าน้อยกว่าค่า Threshold ตามสมการที่ (6) จะถือว่า ภาพ A1 และ ภาพ A2 มีรูปแบบของหลอดเลือดเป็นรูปแบบเดียวกัน

$$X = \sum_{i=1}^6 \sqrt{(A1i - A2i)^2} \quad (6)$$

เมื่อ X คือรากที่สองของผลต่างค่า pixel value ยกกำลังสอง ของทุกโซนรวมกัน

3. การกำหนดเกณฑ์การตัดสินใจตัดสินชนิดภาพ (Threshold) โดยคำนวณหาความไวของภาพ (Sensitivity) และค่าความจำเพาะของภาพ (Specificity)

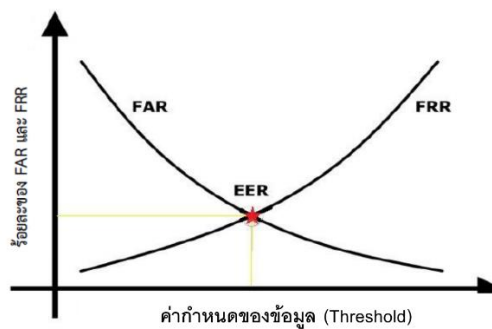
การทดลองหาค่า sensitivity โดยผลต่างของพื้นที่รวมของภาพหลอดเลือดดำภายในภาพหลอดเลือดรูปแบบเดียวกัน (Intra model) โดยนำภาพหลอดเลือดที่มีรูปแบบเดียวกัน มาทดลองปรับค่า Threshold จากต่ำไปสูง เพื่อดูความถูกต้องในการตัดสินภาพแต่ละภาพที่จับคู่หาผลต่างพื้นที่ของทุกโซนรวมกันนั้น จะเป็นภาพรูปแบบเดียวกันหรือไม่ และทำการคำนวณหาค่า % sensitivity หรืออัตราการปฏิเสธที่ผิดพลาด (False Rejection rate, FRR) ตามสมการที่ 7

การทดลองหาค่า specificity หาผลต่างของพื้นที่ของภาพหลอดเลือดดำที่มีรูปแบบต่างกัน (Inter model) เพื่อคำนวณหาค่า % specificity หรือยอมรับที่ผิดพลาด (False Acceptation rate, FAR) ตามสมการที่ 8

$$\text{False Rejection rate} = \frac{TP}{TP+FN} \quad (7)$$

$$\text{False Acceptation rate} = \frac{TN}{TN+FP} \quad (8)$$

- เมื่อ True positive (TP) คือการตัดสินใจข้อมูลถูก ได้ถูกต้อง
 False negative (FN) คือการตัดสินใจข้อมูลถูก ได้ผิด
 True negative (TN) คือการตัดสินใจข้อมูลที่ผิด ได้ถูกต้อง
 False positive (FP) คือการตัดสินใจข้อมูลที่ผิด ได้ผิด



รูปที่ 7 แสดงการหาค่ากำหนด (Threshold) ความถูกต้องของข้อมูลภาพ

และนำข้อมูลของค่าทั้งสองมาทำการวาดกราฟ ดังรูปที่ 7 โดยที่ข้อมูลที่เป็นจุดตัดของเส้นกราฟทั้งสอง จะเป็นจุดที่มีข้อมูลทั้งสองกลุ่มผิดพลาดน้อยที่สุด (Equal error rate, EER) นำมาใช้เป็นค่ากำหนด (Threshold) ความถูกต้องของข้อมูล เพื่อนำไปแปลผลต่อไป (Yaacob et al, 2020)

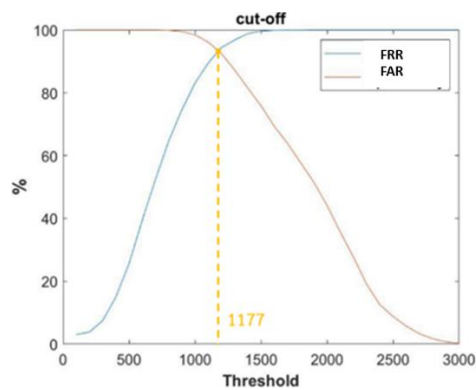
ผลการวิจัย

อาสาสมัครจำนวน 150 คน อายุระหว่าง 19-65 เป็นเพศหญิงจำนวน 110 คน และเพศชายจำนวน 40 คน แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตารางแสดงข้อมูลพื้นฐานของอาสาสมัคร

ช่วงอายุ (ปี)	เพศ	
	หญิง	ชาย
19-29	72	20
30-39	14	2
40-49	15	11
50-59	6	6
60-65	3	1
รวม	110	40

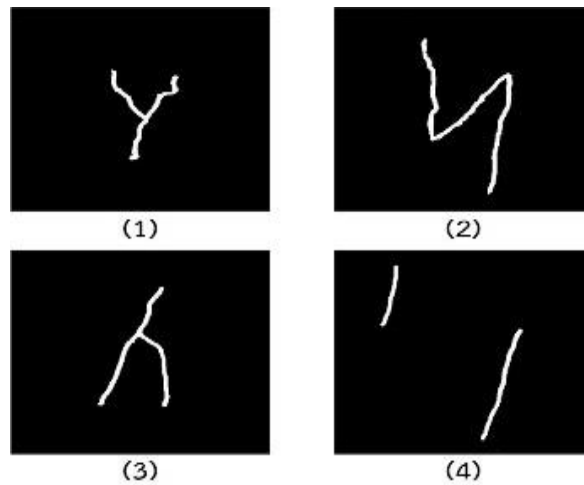
จากการทดลองคำนวณหาค่า % sensitivity หรืออัตราการปฏิเสธที่ผิดพลาด (False Rejection rate, FRR) และค่า % specificity หรือยอมรับที่ผิดพลาด (False Acceptation rate, FAR) เพื่อหาค่า Threshold ที่เหมาะสม โดยการวาดกราฟจากข้อมูลที่ได้ ดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 แสดงจุดตัดของกราฟสองกราฟ

จากกราฟในรูปที่ 8 ลากเส้นตรงจากจุดตัดมาตัดแกน x ที่ 1177 แสดงว่าจุดที่มีข้อมูลทั้งสองกลุ่มผิดพลาดน้อยที่สุด หรือค่า Threshold ที่เหมาะสมมีค่าเท่ากับ 1177 และลากเส้นตรงตัดแกน y ที่ 93 แสดงว่า เปอร์เซนต์ของ False Rejection rate และ False Acceptation rate ที่ใช้ Threshold เท่ากับ 1177 มีค่าอยู่ที่ 93%

จากการจำแนกหลอดเลือดด้วยค่า Threshold สามารถจำแนกรูปแบบของหลอดเลือดดำได้ทั้งหมด 4 รูปแบบตามที่มีการศึกษาก่อนหน้านี้



รูปที่ 9 รูปแบบของหลอดเลือดดำบริเวณท้องแขนข้างขวา

(1) รูปแบบที่ 1 (2) รูปแบบที่ 2 (3) รูปแบบที่ 3 และ (4) รูปแบบที่ 4

ผลการทดลอง สามารถจำแนกรูปแบบของหลอดเลือดดำบริเวณท้องแขนได้ 4 รูปแบบตามการศึกษาก่อนหน้า โดยอาสาสมัครมีรูปแบบของหลอดเลือดดำที่พบได้บ่อยที่สุด คือรูปแบบที่ 3 ซึ่งพบจำนวน 83 แขน (33.2 %) รองลงมาคือ รูปแบบที่ 1, รูปแบบที่ 2 และรูปแบบที่ 4 พบจำนวน 80 แขน (32 %), 59 แขน (23.6 %) และ 28 แขน (11.2 %) ตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ตารางแสดงจำนวนรูปแบบหลอดเลือดดำระหว่างแขนซ้ายและแขนขวา

รูปแบบ	จำนวน (แขน)		รวม
	ซ้าย	ขวา	
1	42	38	80
2	25	34	59
3	34	49	83
4	11	17	28
รวม	112	138	250

สำหรับรูปแบบของหลอดเลือดดำที่พบระหว่างแขนซ้ายและแขนขวามีความแตกต่างกันแบบไม่มีนัยสำคัญ ($P=1.851$ คำนวณจาก Fisher exact test) ซึ่งในแขนข้างซ้ายพบรูปแบบที่ 1 มากที่สุด (37.5 %) ในขณะที่แขนขวาพบรูปแบบที่ 3 มากที่สุด (35.51 %) และเมื่อทำการทดสอบโดยใช้เทคนิคที่นำเสนอจะพบว่ามี ความคลาดเคลื่อนจากรูปแบบที่ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ ระหว่าง 0-1.4 % โดยพบว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุดในรูปแบบที่ 3 แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ตารางเปรียบเทียบวิธีการจำแนกรูปแบบของเส้นเลือดดำ

รูปแบบ	สังเกตโดย ผู้เชี่ยวชาญ	ใช้ค่าผลต่างของ พื้นที่	ค่าความคลาด เคลื่อน (%)
	จำนวน (ภาพ)	จำนวน (ภาพ)	
1	81	80	0.7
2	60	59	0.7
3	85	83	1.4
4	28	28	0

อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

ผลของงานวิจัยครั้งนี้ แสดงรูปแบบของหลอดเลือดดำที่พบได้บ่อยในอาสาสมัครชาวไทย โดยจำแนกรูปแบบหลอดเลือดดำตามการจำแนกรูปแบบของหลอดเลือดดำในชาวเกาหลี (Hyun-su Lee, 2014) เนื่องจากชาติพันธุ์มีความใกล้เคียงกัน สามารถจำแนกรูปแบบของหลอดเลือดดำได้ทั้งหมด 4 รูปแบบ

รูปแบบที่ 1 คือ รูปแบบที่พบเส้นเลือดดำ median antebrachial เชื่อมต่อกับเส้นเลือดดำ cephalic และเส้นเลือดดำ basilic บริเวณข้อพับแขน

รูปแบบที่ 2 คือ รูปแบบที่พบเส้นเลือดดำ median cubital เชื่อมต่อกับเส้นเลือดดำ cephalic และเส้นเลือดดำ basilic บริเวณข้อพับแขน

รูปแบบที่ 3 คือ รูปแบบที่พบเส้นเลือดดำ cephalic เชื่อมต่อกับเส้นเลือดดำ basilic โดยตรง

รูปแบบที่ 4 คือ รูปแบบที่พบทั้งเส้นเลือดดำ cephalic และเส้นเลือดดำ basilic แต่เส้นเลือดดำทั้งสองชนิดไม่มีการเชื่อมต่อกัน

ผลจากงานวิจัยครั้งนี้แสดงให้เห็นว่ารูปแบบที่พบได้บ่อยที่สุดในอาสาสมัครชาวไทยคือรูปแบบที่ 3 คิดเป็น 33.2 % ซึ่งเป็นรูปแบบที่พบเฉพาะหลอดเลือดดำ cephalic และหลอดเลือดดำ basilic เท่านั้น ไม่พบหลอดเลือดดำ median cubital และรูปแบบของหลอดเลือดดำ ระหว่างแขนขวาและแขนซ้ายรูปแบบที่พบได้บ่อยก็มีความแตกต่างกันแบบไม่มีนัยสำคัญ โดยที่แขนซ้ายจะพบรูปแบบที่ 1 ได้มากกว่าในแขนขวา จากอาสาสมัครจำนวน 103 คน ที่สามารถจำแนกรูปแบบของหลอดเลือดดำได้ทั้งสองแขน มีเพียง 35.92 % ที่พบว่ารูปแบบของหลอดเลือดดำในแขนทั้งสองข้างมีรูปแบบเดียวกัน และเมื่อเปรียบเทียบความถูกต้องในการจำแนกรูปแบบของหลอดเลือดดำจากวิธีการที่นำเสนอกับการจำแนกรูปแบบของหลอดเลือดโดยใช้การสังเกตด้วยตาเปล่า จากวิธีการที่นำเสนอนี้ให้ค่าความถูกต้องคิดเป็น 98.78 % เมื่อนำข้อมูลการจำแนกรูปแบบของเส้นเลือดดำจากระบบที่พัฒนาขึ้นมาเปรียบเทียบกับ

จำแนกรูปแบบของเส้นเลือดดำโดยผู้เชี่ยวชาญพบว่ามีความคลาดเคลื่อนสูงสุดอยู่ที่ 1.4% ซึ่งเป็นค่าที่สามารถยอมรับได้ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าวิธีการที่ได้นำเสนอขึ้นมานั้นสามารถจำแนกรูปแบบของเส้นเลือดดำได้

บุคลากรทางการแพทย์ส่วนมากให้ความสำคัญกับรูปแบบของเส้นเลือดดำบริเวณท้องแขน 2 รูปแบบ ตามรูปแบบที่ถูกเขียนไว้ในตำราทางกายวิภาคศาสตร์ (Woodburne RT, 1994) โดยรูปแบบแรก คือรูปแบบที่พบเส้นเลือดดำ cephalic และ เส้นเลือดดำ basilica เชื่อมต่อกันด้วยเส้นเลือดดำ median cubital หรือที่ถูกเรียกว่า N-shape ซึ่งเป็นรูปแบบที่พบได้บ่อยในชาวจอร์แดน (48.5%) (AlBustami F, Altarawneh I, Rababah E., 2014) ชาวมาเลเซีย (68%) (Dharap AS, Shaharuddin MY., 1994) เกาหลี (50.1%) (Hyunsu Lee, 2014) อินเดีย (94.4%) (Vasuda T.A., 2013) และพบรูปแบบนี้ได้บ่อยลงในชาวไนจีเรีย (28%) (Ukoha UU, Oranusi CK, Okafor JI et al., 2013) สำหรับงานวิจัยนี้พบรูปแบบนี้เป็นอันดับที่สองคิดเป็น 32% รูปแบบที่สอง คือ รูปแบบที่พบเส้นเลือดดำ median antebrachial แยกเป็นสองแขนงไปรวมกับเส้นเลือดดำ cephalic และเส้นเลือดดำ basilic หรือที่ถูกเรียกว่า Y-shape พบได้ทั่วไปในชาวไนจีเรีย (33%) (Ukoha UU, Oranusi CK, Okafor JI et al., 2013) เกาหลี (47%) (Hyunsu Lee, 2014) ซึ่งในงานวิจัยนี้พบรูปแบบนี้เป็นอันดับสาม คิดเป็น 23.6% แต่ในบางกลุ่มประชากรรูปแบบนี้เป็นรูปแบบที่พบได้น้อยเช่น ในชาวมาเลเซีย (16%) (Dharap AS, Shaharuddin MY., 1994) เอธิโอเปีย (8.9%) (Bekel A.A., 2018) และอินเดีย (2.4%) (Vasuda T.A., 2013)

ในงานวิจัยครั้งนี้พบรูปแบบที่บุคลากรทางการแพทย์ไม่คุ้นเคยแต่มีความสำคัญทางคลินิกคือ รูปแบบที่พบเส้นเลือดดำ Cephalic เชื่อมกับเส้นเลือดดำ Basilic โดยตรง ซึ่งเป็นรูปแบบที่พบมากที่สุดในการวิจัยครั้งนี้คิดเป็น 33.2% และรูปแบบนี้ยังสามารถพบได้ในชาวไนจีเรีย (ประมาณ 25%) (Ukoha UU, Oranusi CK, Okafor JI et al., 2013) เอธิโอเปีย (ประมาณ 14%) และมาเลเซีย (ประมาณ 4.7%) สำหรับอีกรูปแบบ ที่มีลักษณะเส้นเลือดดำ Cephalic และเส้นเลือดดำ Basilic ไม่มีการเชื่อมต่อกัน คิดเป็น 11.2% เป็นรูปแบบที่พบได้ในชาวเกาหลีเพียง 1.1% แต่อย่างไรก็ตามการเปรียบเทียบข้อมูลรูปแบบของเส้นเลือดดำกับการศึกษาก่อนหน้านี้ทำได้ยาก เนื่องจากมีความแตกต่างกันทั้งในด้านวิธีการเก็บข้อมูลและวิธีการจำแนกรูปแบบ

จะเห็นได้ว่าความรู้ที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบของเส้นเลือดดำนั้นมีความสำคัญ มีส่วนช่วยให้บุคลากรที่ปฏิบัติหน้าที่ทำงานได้อย่างสะดวกมากขึ้น ช่วยป้องกันอันตราย รวมถึงช่วยลดความเครียดและความกังวลที่อาจจะเกิดขึ้นทั้งต่อตัวผู้ป่วยและตัวบุคลากรเอง และยังมี การนำเอาความรู้นี้ไปพัฒนาเพื่อใช้เป็นแนวทางในทางการแพทย์ด้านอื่นๆ เช่น ใช้ในด้านการพิสูจน์อัตลักษณ์บุคคล

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณอาสาสมัครทุกท่าน สำหรับทำการเก็บข้อมูลเพื่อใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจาก กองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม (ววน.) ประจำปีงบประมาณ 2565 เลขที่สัญญา TUFF36/2565

บรรณานุกรม

- Agthong, S., Wiwanitkit, V. (1998). "Synopsis of important veins variation, anomalies and clinical applications". **Chula Med**; 42(10): 961-74.
- AlBustami, F., Altarawneh, I., Rababah E. (2014). "Pattern of superficial venous arrangement in the cubital fossa of adult Jordanians". **Jordan Med. J**; 48: 269-274.
- Bekel, A.A. (2018). "Anatomical variations of superficial veins pattern". **Anatomy Journal of Africa**, pp. (2): 1238 – 1243.
- Dharap, AS., Shaharuddin MY. (1994). "Pattern of superficial veins of the cubital fossa in Malays". **Med J Malaysia**: 49(3); 239-41.
- Fukuroku, K., Narita, Y., Taneda, Y., Kobayashi, S., Gayle, A.A. (2016). "Does infrared visualization improve selection of venipuncture sites for indwelling needle at the forearm in second-year nursing students?". **Nurse Educ Pract**; 18: 1-9.
- 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.
- Gray, A. (1997). **The Gaussian and Mean Curvatures. Modern Differential Geometry of Curves and Surfaces with Mathematica**, 2nd ed. Boca Raton, FL: CRC Press, pp. 373-380.
- Hyunsu, Lee., Sang-Hoon, Lee., et al. (2015). "Variations of the cubital superficial vein investigated by using the intravenous illuminator". **Anat cell Biol**: 48(1); 62-65.
- Kanae, Mukai., et al. (2020). "Safety of Venipuncture Sites at the Cubital Fossa as Assessed by Ultrasonography". **J Patient Saf.**; 16(1): 98–105.
- 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.
- Nocross, WA., Shhackford, SR. (1988). "Arteriovenous fistula: a potential complication of Venipuncture". **Arch Intern Med**; 148: 1815-6.
- Septimiu, Crisan., Bogdan, Tebrean. (2017). "Low cost, high quality vein pattern recognition device with liveness Detection. Workflow and implementations". **Measurement** 108: 207 -216.
- Ukoha, UU., Oranusi, CK., Okafor, JI., et al. (2013). "Pattern of superficial venous arrangement in the cubital fossa of adult Nigerians". **Niger J Clin Pract**; 16: 104-9.
- Vasuda, T. A. (2013) "study on superficial veins of upper limb" **NJCA**, pp. 2: 204-8.
- Woodburne, RT., Burkel. WE., eds. (1994). **Essentials of Human Anatomy**. 9th ed. New York: Oxford University Press.
- Yaacob, Mohd Noorulfakhri & Syed Idrus, et al. (2020). Decision Making Process in Keystroke Dynamics. **Journal of Physics: Conference Series**. 1529.