

การตรวจหาภาวะโลหิตจางโดยใช้การวัดค่าความหนาแน่นทางรังสี สำหรับผู้ป่วยที่เข้ารับการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ทรวงอก ในโรงพยาบาลเสนา

Anemia Detection Using Hounsfield Units in Patients Undergoing Thoracic Computed Tomography at Sena Hospital

ธิดาพร ตั้งอยู่สุข พ.บ.,
ว. รังสีวิทยาวิจิตร
กลุ่มงานรังสีวิทยา
โรงพยาบาลเสนา
จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

Thidaporn Tangyoosuk M.D.,
Dip., Thai Board of Diagnostic Radiology
Division of Radiology
Sena Hospital
Phra Nakhon Si Ayutthaya

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์: เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าฮีโมโกลบิน และค่าฮาว์นส์ฟิลด์ ในผู้ป่วยที่เข้ารับการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ทรวงอก ณ โรงพยาบาลเสนา รวมถึงเพื่อหาเกณฑ์ค่าฮาว์นส์ฟิลด์ ที่เหมาะสมสำหรับใช้ตรวจคัดกรองภาวะโลหิตจาง

วิธีการศึกษา: การศึกษาย้อนหลังนี้ทำในผู้ป่วย 143 ราย ที่เข้ารับการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ทรวงอก ณ โรงพยาบาลเสนา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ระหว่าง เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2567 ถึง กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2568 โดยวัดค่าฮาว์นส์ฟิลด์ที่บริเวณ (1) ห้องหัวใจล่างซ้าย; (2) ส่วนโค้งเอออร์ตา; (3) ขั้วหลอดเลือดแดงปอด; (4) เอออร์ตาส่วนขึ้น; และ (5) เอออร์ตาส่วนลง วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าฮาว์นส์ฟิลด์และภาวะโลหิตจางโดยใช้สถิติทดสอบที่ สติทดสอบแมน-วิทนี ยู่ และการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติกส์เชิงกลุ่มสองค่า จากนั้นพารามิเตอร์ที่มีนัยสำคัญทางสถิติถูกนำมาวิเคราะห์เพิ่มเติมต่อการวิเคราะห์อาร์โอซี

ผลการศึกษา: ผู้ป่วยทั้งหมด 143 ราย มีภาวะโลหิตจาง 94 ราย (ร้อยละ 65.7) ค่าเฉลี่ยของค่าฮาว์นส์ฟิลด์ ในทุกตำแหน่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่มที่มีและไม่มีโลหิตจาง ($p < .001$) อย่างไรก็ตาม ผลการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติกส์เชิงกลุ่มสองค่า พบว่าค่าฮาว์นส์ฟิลด์ที่ส่วนโค้งเอออร์ตา มีความสัมพันธ์กับภาวะโลหิตจางอย่างมีนัยสำคัญ ($OR\ 0.722; p < .001$) มากกว่าค่าฮาว์นส์ฟิลด์ที่เอออร์ตาส่วนลง ($OR\ 0.861; p = .023$) ส่วนค่าฮาว์นส์ฟิลด์ที่ห้องหัวใจล่างซ้าย ขั้วหลอดเลือดแดงปอด และเอออร์ตาส่วนขึ้น ไม่พบความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การนำค่าฮาว์นส์ฟิลด์จากส่วนโค้งเอออร์ตาและเอออร์ตาส่วนลงมาวิเคราะห์ร่วมกันด้วยการวิเคราะห์ถดถอยโลจิสติกส์แบบพหุคูณ สามารถเพิ่มความแม่นยำในการจำแนกภาวะโลหิตจางได้

สรุป: เกณฑ์ค่าฮาว์สันฟิลด์ที่น้อยกว่า 44.5 วัดจากส่วนโค้งเออร์ตา อาจใช้เป็นเครื่องมือคัดกรองที่มีศักยภาพในการค้นหาผู้มีภาวะโลหิตจางในประชากรไทยที่เข้ารับการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ทรวงอกด้วยสาเหตุใด ๆ โดยการใช้ข้อมูลจากหลายตำแหน่งร่วมกันอาจช่วยเพิ่มความแม่นยำในการพยากรณ์

คำสำคัญ: โลหิตจาง เอกซเรย์คอมพิวเตอร์ ฮาว์สันฟิลด์

วารสารแพทย์เขต 4-5 2569 ; 45(1) : 65–78.

Abstract

Objective: To investigate the correlation between hemoglobin (Hb) levels and Hounsfield unit (HU) values in patients undergoing thoracic computed tomography (CT) at Sena Hospital, and to determine the optimal HU cutoff value for detecting anemia.

Methods: This retrospective study included 143 patients who underwent thoracic CT at Sena Hospital, Phra Nakhon Si Ayutthaya Province, between May 2024 and February 2025. HU measurements were obtained at the left ventricular chamber, aortic arch, pulmonary trunk, ascending aorta, and descending aorta. The correlations between HU values and anemic status were analyzed using t test or Mann-Whitney U test, as appropriate, and binary logistic regression. Parameters with statistical significance were subsequently entered into a multivariable logistic regression model, and receiver-operating characteristic (ROC) analysis was performed to determine optimal cutoff values based on sensitivity, specificity, and area under the curve (AUC).

Results: Of the 143 patients, 94 (65.7%) were anemic. The mean HU values at all five measurement sites were significantly lower in anemic patients compared to non-anemic patients ($p < .001$). Binary logistic regression revealed significant correlations between anemia and HU at the aortic arch (OR 0.722; 95% CI, 0.612–0.852; $p < .001$) and descending aorta (OR 0.861; 95% CI, 0.757–0.980; $p = .023$), while HU at the left ventricular chamber, pulmonary trunk and ascending aorta showed no significant associations. Multivariate logistic regression incorporating HU values from both the aortic arch and descending aorta improved the discriminatory performance for anemia detection. The optimal cutoff HU values for detecting anemia were 44.5 HU at the aortic arch (sensitivity 89.4%, specificity 75.5%) and 43.5 HU at the descending aorta (sensitivity 73.4%, specificity 75.5%).

Conclusion: A HU value at the aortic arch below 44.5 HU may serve as a potential noninvasive screening tool for anemia in Thai patients undergoing thoracic CT for any indication.

Keywords: anemia, computed tomography, Hounsfield unit

Received: Dec 10, 2025; Revised: Dec 22, 2025; Accepted: Mar 18, 2026

Reg 4-5 Med J 2026 ; 45(1) : 65–78.

บทนำ

ภาวะโลหิตจาง (anemia) เป็นปัญหาสาธารณสุขที่สำคัญและพบได้บ่อยของทั่วโลก โดยเฉพาะในประเทศไทย พบได้ทุกเพศทุกวัย ตั้งแต่เด็กเล็ก สตรีวัยเจริญพันธุ์ ไปจนถึงผู้สูงอายุ จากการศึกษาใน ค.ศ. 2021 พบว่ามีผู้ป่วยโลหิตจาง คิดเป็นประมาณร้อยละ 24 ของประชากรโลก¹ ขณะที่การศึกษาในกลุ่มสูงอายุ มากกว่า 60 ปี ทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยพบว่ามีภาวะโลหิตจางสูงถึง ร้อยละ 47.7²

องค์การอนามัยโลก (World Health Organization: WHO) ได้กำหนดเกณฑ์ภาวะโลหิตจางสำหรับคนอายุมากกว่า 15 ปี ไว้ที่ค่าฮีโมโกลบิน (hemoglobin: Hb) ระดับต่ำกว่า 13 กรัมต่อเดซิลิตร ในผู้ชาย และต่ำกว่า 12 กรัมต่อเดซิลิตร ในผู้หญิง³ แม้ว่ามีการศึกษาบ่งชี้ว่าเกณฑ์ดังกล่าวอาจจะสูงเกินไปในกลุ่มผู้ป่วยที่มีสุขภาพดี⁴ อย่างไรก็ตาม พบว่าการมีระดับฮีโมโกลบินต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดโดยองค์การอนามัยโลก โดยเฉพาะในผู้สูงอายุ มีความสัมพันธ์กับผลกระทบด้านสุขภาพหลายด้าน เช่น ภาวะเปราะบาง การเสื่อมถอยของสมรรถภาพ และความเสี่ยงที่เพิ่มขึ้นของการเสียชีวิต ดังนั้น หลายการศึกษาจึงยังคงใช้เกณฑ์เดิมนี้อยู่⁵⁻⁸

การวินิจฉัยภาวะโลหิตจางโดยทั่วไปอาศัยการตรวจเลือดเพื่อวัดระดับฮีโมโกลบิน ดังกล่าวข้างต้น อย่างไรก็ตาม มีความพยายามที่จะใช้สัญญาณทางรังสีวิทยา (radiology signs) ที่อาจพบจากการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ (computed tomography: CT) มาช่วยบ่งชี้ถึงภาวะดังกล่าว เพื่อเป็นแนวทางเบื้องต้น ก่อนการยืนยันด้วยผลเลือด ตัวอย่างเช่น สัญญาณผนังกันห้องหัวใจมีความเข้มรังสีสูง (hyperdense interventricular septum sign) หมายถึง การเห็นกล้ามเนื้อหัวใจและผนังกันห้องหัวใจห้องล่างมีความหนาแน่น (สีขาว) มากกว่าเลือดภายในหัวใจ ซึ่งมักพบในผู้ป่วยที่มีภาวะโลหิตจาง และลักษณะวงแหวนรอบหลอดเลือดแดงเอออร์ตา (aortic ring sign) หมายถึง

การเห็นผนังหลอดเลือดแดงใหญ่เอออร์ตาดูขาวเด่นกว่าสีเลือดภายในหลอดเลือด⁹⁻¹¹ แม้ว่า radiology signs ทั้งสองลักษณะนี้ จะช่วยให้รังสีแพทย์สามารถสงสัยภาวะโลหิตจางได้จากภาพถ่าย CT โดยไม่ต้องอาศัยผลเลือดในเบื้องต้น แต่ยังมีข้อจำกัดเนื่องจากการประเมินเชิงอัตวิสัย (subjective assessment) และมีความไว (sensitivity) ต่ำในผู้ป่วยที่มีโลหิตจางระดับเล็กน้อย

ด้วยเหตุนี้ งานวิจัยในระยะต่อมามีได้เพิ่มการศึกษาเชิงปริมาณ โดยอาศัยค่าความหนาแน่นจากภาพ CT หรือ ค่าฮาวน์สฟิลด์ (Hounsfield unit: HU) ของระบบหัวใจและหลอดเลือด (cardiovascular system) เพื่อช่วยบ่งชี้ภาวะโลหิตจางในเบื้องต้น เนื่องจากค่าความหนาแน่นนี้มีความสัมพันธ์โดยตรงกับระดับฮีโมโกลบิน⁹⁻¹³ การวัดค่า HU จึงเป็นการประเมินเชิงวัตถุวิสัย (objective assessment) และมีศักยภาพในการนำไปใช้จริงทางคลินิก

หลายการศึกษาในต่างประเทศ⁹⁻¹³ รายงานว่าการวัดค่า HU ในหลอดเลือดใหญ่และภายในหัวใจ มีความสัมพันธ์กับระดับฮีโมโกลบิน และสามารถใช้ทำนายภาวะโลหิตจางได้จริง ตัวอย่างเช่น งานของ Title และคณะ¹⁰ พบว่า HU ที่วัดจากบริเวณแอ่งเลือดในหัวใจล่างซ้าย (left ventricular blood pool) มีความสัมพันธ์กับระดับฮีโมโกลบินอย่างมีนัยสำคัญ และการประเมินเชิงปริมาณด้วยค่า HU ให้ผลดีกว่าการประเมินด้วยสายตา (subjective review) ในการจำแนกผู้ป่วยที่มีภาวะโลหิตจาง ซึ่งสนับสนุนศักยภาพของการใช้ค่า HU ในการคัดกรองภาวะโลหิตจาง อย่างไรก็ตาม ยังคงมีความแตกต่างกันในตำแหน่งของการวัดที่ให้ผลดีที่สุด ตลอดจนความหลากหลายของประชากรและเกณฑ์การนิยามภาวะโลหิตจางที่ใช้ในการศึกษา

สำหรับในประเทศไทย มีรายงานการศึกษาการใช้ค่า HU จากภาพถ่าย CT เพื่อประเมินภาวะกระดูกพรุน โดยพบว่าค่า HU ที่วางไว้บริเวณกระดูกสันหลังและคอกระดูกสะโพก มีความสัมพันธ์อย่าง

มีนัยสำคัญกับค่าความหนาแน่นมวลกระดูก (bone mineral density: BMD) ที่วัดจากการดูดกลืนรังสีเอกซ์สองพลังงาน (dual-energy x-ray absorptiometry: DXA) ซึ่งถือเป็นมาตรฐานในการประเมินภาวะกระดูกพรุน และสามารถกำหนดค่าเกณฑ์ HU เพื่อใช้ทำนายภาวะดังกล่าวได้¹⁴ ผลการศึกษานี้สะท้อนให้เห็นถึงศักยภาพของค่า HU จากภาพถ่าย CT ที่ทำด้วยวัตถุประสงค์อื่น ในการใช้เป็นตัวบ่งชี้ทางคลินิกเพิ่มเติมได้

อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันยังไม่พบรายงานการศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างค่า HU กับระดับฮีโมโกลบิน รวมถึงเกณฑ์ของค่า HU ที่สามารถใช้ทำนายภาวะโลหิตจางในประชากรไทย

วัตถุประสงค์

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่า HU กับระดับฮีโมโกลบินของผู้ป่วยที่เข้ารับการตรวจ CT ทรวงอก ณ โรงพยาบาลเสนา และเพื่อหาเกณฑ์ของค่า HU ที่เหมาะสมสำหรับการคัดกรองภาวะโลหิตจางในผู้ป่วยกลุ่มดังกล่าว

วิธีการศึกษา

การศึกษานี้เป็นการศึกษาย้อนหลังเชิงพรรณนา (retrospective descriptive study) ในผู้ป่วยที่เข้ารับการตรวจ CT ทรวงอก ณ โรงพยาบาลเสนา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ระหว่างเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2567 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2568

เกณฑ์การคัดเลือกผู้ป่วย: รวมผู้ป่วยอายุมากกว่า 15 ปี ที่มีผลการตรวจเม็ดเลือดสมบูรณ์ (complete blood count: CBC) ภายใน 7 วันก่อนหรือหลังการตรวจ CT โดยต้องไม่มีการเปลี่ยนแปลงของระดับฮีโมโกลบินอย่างรวดเร็วและไม่ได้รับเลือดระหว่างการรักษาในโรงพยาบาล

จากผู้ป่วยทั้งหมด 442 ราย ที่เข้ารับการตรวจ CT ทรวงอกในช่วงเวลา 10 เดือน มีผู้ป่วยที่เข้าเกณฑ์การศึกษาเป็น จำนวน 143 ราย

การคำนวณขนาดตัวอย่าง: เพื่อให้ได้ค่าพลังทางสถิติ (power) ที่เพียงพอในการตรวจสอบประสิทธิภาพของค่า HU ในการทำนายภาวะโลหิตจางโดยใช้การวิเคราะห์อาร์โอซี (receiver-operating characteristic analysis: ROC curve analysis) เพื่อหาค่าพื้นที่ใต้กราฟ (area under the curve: AUC) เป็นตัวชี้วัดหลัก ได้กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ .05 และพลังทางสถิติ (power) ที่ 0.80 คำนวณความชุกของภาวะโลหิตจางในกลุ่มตัวอย่างที่ ร้อยละ 60 และคาดหวัง AUC เท่ากับ 0.8 ผลการคำนวณพบว่าจำนวนตัวอย่าง 143 ราย มีขนาดเพียงพอสำหรับการศึกษา เมื่อคำนวณด้วยโปรแกรม MedCalc Statistical Software (MedCalc Software Ltd., Ostend, Belgium) ซึ่งอ้างอิงสูตรของ Hanley และ McNeil ดังนั้น สำหรับการเปรียบเทียบค่า AUC กับ 0.5

$$N = (Z_{1-\alpha/2} + Z_{1-\beta})^2 (1 + k) / k (AUC - 0.5)^2$$
 โดยที่

$Z_{1-\alpha/2}$ คือ ค่า Z สำหรับระดับนัยสำคัญ .05 (เท่ากับ 1.96)

$Z_{1-\beta}$ คือ ค่า Z สำหรับ power 0.80 (เท่ากับ 0.84)

k คือ อัตราส่วนของจำนวนผู้ป่วยที่ไม่มีโลหิตจาง ต่อผู้ป่วยที่มีโลหิตจาง

AUC คือ ค่าพื้นที่ใต้กราฟที่คาดหวัง

รายละเอียดการถ่ายภาพ: ภาพ CT ทั้งหมดถ่ายด้วยเครื่องเดียวกัน (SOMATOM go.All, Siemens Healthineers, Forchheim, Germany) ซึ่งเป็นเครื่องชนิดตัวรับสัญญาณ 32 แถว (32-row detector) รองรับการสร้างภาพ 192 แผ่น (192-slices) ต่อการหมุนหนึ่งรอบ โดยใช้เครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ความถี่สูง (high-frequency x-ray generator) ขนาด 75 กิโลวัตต์ (7 kW) และหลอดเอกซเรย์มีความจุความร้อนของแอโนด (anode heat capacity) ขนาด 7 ล้านหน่วยความร้อน (7 MHU) ความเร็วการหมุน 0.33 วินาที

ต่อรอบ การตรวจทั้งหมดโดยใช้ค่าแรงดันไฟฟ้า 110 กิโลโวลต์ (kVp) ร่วมกับระบบปรับกระแสอัตโนมัติ (automatic tube current modulation) และใช้การสร้างภาพใหม่โดยใช้เคอร์เนลแบบเนื้อเยื่ออ่อน (soft-tissue Kernel reconstruction) ความหนาของชั้นภาพ 1.5–3 มิลลิเมตร ภาพทั้งหมดถูกจัดเก็บในระบบจัดเก็บและสื่อสารภาพทางการแพทย์ (Picture Archiving and Communication System: PACS) ของโรงพยาบาล

การวัดค่า HU: ดำเนินการโดยรังสีแพทย์ 1 คน โดยกำหนดพื้นที่ที่สนใจ (region of interest: ROI) ขนาดไม่น้อยกว่า 1 ตารางเซนติเมตร บนภาพ axial ของ CT ทรวงอกก่อนการฉีดสี บริเวณที่ทำการวัดประกอบด้วย

1. ห้องหัวใจล่างซ้าย (Left ventricular chamber)
2. ส่วนโค้งเอออร์ตา (Aortic arch)
3. ขั้วหลอดเลือดแดงปอด (Pulmonary trunk)
4. เอออร์ตาส่วนขึ้น (Ascending aorta)
5. เอออร์ตาส่วนลง (Descending aorta)

การวาง ROI หลีกเลี่ยงบริเวณที่มีสัญญาณรบกวนภาพ (artifact)

นิยามค่า Hounsfield Unit (HU): เป็นค่าที่ใช้แสดงความหนาแน่นของเนื้อเยื่อในภาพ CT โดยคำนวณจากสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีเอกซ์ (linear attenuation coefficient) ของเนื้อเยื่อเทียบกับน้ำ ซึ่งกำหนดให้น้ำมีค่า HU เท่ากับ 0 และอากาศมีค่า HU เท่ากับ -1000 ตามสูตรมาตรฐานดังนี้

$$HU = 1000 \times (\mu_{\text{tissue}} - \mu_{\text{water}}) / \mu_{\text{water}}$$

โดยที่ μ_{tissue} คือค่า linear attenuation coefficient ของเนื้อเยื่อที่สนใจ และ μ_{water} คือค่า linear attenuation coefficient ของน้ำ

สูตรดังกล่าว ทำให้ค่า HU เป็นค่ามาตรฐานเชิงปริมาณที่สามารถใช้เปรียบเทียบความหนาแน่นของเนื้อเยื่อได้ในระดับหนึ่งระหว่างผู้ป่วยและระหว่าง

การตรวจ CT อย่างไรก็ดีตามแนวทางปฏิบัติ ค่า HU ยังอาจได้รับอิทธิพลจากพารามิเตอร์การถ่ายภาพ เช่น ค่าแรงดันไฟฟ้า (tube voltage: kVp) วิธีการสร้างภาพใหม่ (image reconstruction) สัญญาณรบกวน (artifact) เป็นต้น ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อความสามารถในการเปรียบเทียบค่าระหว่างการตรวจที่ใช้พารามิเตอร์แตกต่างกัน¹⁵

นิยามภาวะโลหิตจาง: ใช้ตามเกณฑ์ขององค์การอนามัยโลก โดยนิยามผู้ชายที่มีค่าฮีโมโกลบินต่ำกว่า 13 กรัมต่อเดซิลิตร และผู้หญิงที่มีค่าฮีโมโกลบินต่ำกว่า 12 กรัมต่อเดซิลิตร เป็นภาวะโลหิตจาง³

การวิเคราะห์ข้อมูล: ข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่างนำเสนอด้วยสถิติเชิงพรรณนา โดยตัวแปรเชิงปริมาณนำเสนอเป็นค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานหรือค่ามัธยฐาน ช่วงควอไทล์ (median, interquartile range: IQR) ตามลักษณะการกระจายตัวของข้อมูล และตัวแปรเชิงกลุ่มนำเสนอด้วยจำนวนและร้อยละ การเปรียบเทียบค่า HU ระหว่างกลุ่มที่มีและไม่มีภาวะโลหิตจาง ใช้สถิติทดสอบที (independent t test) หรือสถิติทดสอบแมน-วิทนี ยู (Mann-Whitney U test)

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่า HU และภาวะโลหิตจาง ใช้การวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติกส์เชิงกลุ่มสองค่า (binary logistic regression) ตัวแปรที่มีนัยสำคัญนำมาวิเคราะห์เพิ่มเติมด้วย ROC curve analysis เพื่อหาค่าจุดตัด (cutoff) ที่เหมาะสม โดยใช้จุดที่ให้ค่าดัชนียูเดน (Youden index) สูงที่สุด และรายงานค่าความไว (sensitivity), ความจำเพาะ (specificity), ค่าพยากรณ์ผลบวก (positive predictive value: PPV), และค่าพยากรณ์ผลลบ (negative predictive value: NPV) ค่าระดับนัยสำคัญทางสถิติ (p-value) น้อยกว่า .05 ถือว่ามีนัยสำคัญทางสถิติ

ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับภาวะโลหิตจางอย่างมีนัยสำคัญจากการวิเคราะห์แบบตัวแปรเดียว (univariate analysis) ถูกนำเข้าสู่การวิเคราะห์ถดถอยโลจิสติกส์แบบพหุคูณ (multivariable logistic regression) เพื่อสร้างแบบจำลองพยากรณ์ภาวะโลหิตจาง

จริยธรรมการวิจัย: การศึกษานี้ได้รับการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ เลขที่ อย.0033.202.2/ 028 โรงพยาบาลเสนา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา เมื่อวันที่ 30 มิถุนายน พ.ศ. 2568 เลข TCTR20260205010

ผลการศึกษา

ข้อมูลพื้นฐานของผู้ป่วยสรุปไว้ในตารางที่ 1 ผู้ป่วยทั้งหมด 143 ราย มีอายุตั้งแต่ 15–95 ปี โดยมีอายุมัธยฐานเท่ากับ 62 ปี (IQR = 18) ไม่พบความแตกต่างของอายุระหว่างกลุ่มที่มีและไม่มีภาวะโลหิตจางอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = .526$) ผู้ป่วยส่วนใหญ่เป็นเพศชาย (ร้อยละ 60.1) โดยมีสัดส่วนมากกว่าเพศหญิง

ทั้งในกลุ่มที่มีและไม่มีภาวะโลหิตจาง แต่ไม่พบความแตกต่างของสัดส่วนเพศระหว่างกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ความชุกของภาวะโลหิตจางในกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดเท่ากับร้อยละ 65.7 โดยพบในเพศชายร้อยละ 70.9 และในเพศหญิง ร้อยละ 57.9 ค่าเฉลี่ยระดับฮีโมโกลบินและฮีมาโตคริต (hematocrit: Hct) ในกลุ่มที่มีภาวะโลหิตจางเท่ากับ 10.7 กรัมต่อเดซิลิตร และ 32.2% ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่ากลุ่มที่ไม่มีภาวะโลหิตจาง ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 13.5 กรัมต่อเดซิลิตร และ 40.0% ตามลำดับ ขณะที่น้ำหนักตัวและดัชนีมวลกาย (BMI) ของผู้เข้าร่วมการศึกษารายงานเป็นค่ามัธยฐาน และไม่แตกต่างกันระหว่างสองกลุ่ม

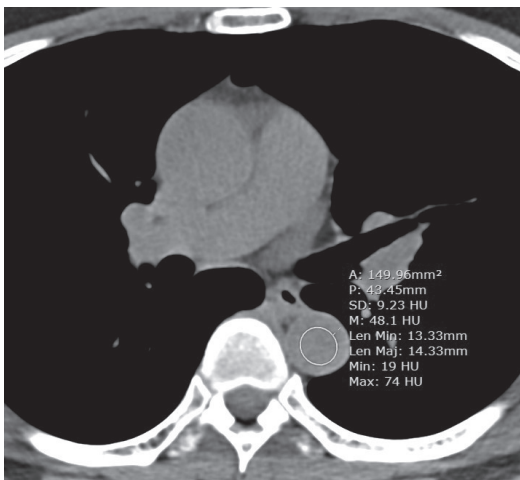
ตารางที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

	ทั้งหมด (n = 143)	โลหิตจาง (n = 94)	ไม่มีโลหิตจาง (n = 49)	p-value
1. อายุ (ปี)				
Median (IQR)	62 (18)	63 (19)	60 (15)	.526
2. เพศ (คน)				
- ชาย (ร้อยละ)	86 (100)	61 (70.9)	25 (29.1)	.108
- หญิง (ร้อยละ)	57 (100)	33 (57.9)	24 (42.1)	
3. ฮีโมโกลบิน (กรัม/เดซิลิตร)				
Mean $\pm$ SD	11.7 $\pm$ 1.7	10.7 $\pm$ 1.2	13.5 $\pm$ 0.9	<.001*
4. ฮีมาโตคริต (ร้อยละ)				
Mean $\pm$ SD	34.9 $\pm$ 5.0	32.2 $\pm$ 3.7	40.0 $\pm$ 2.6	<.001*
5. น้ำหนัก (กิโลกรัม)				
Median (IQR)	58 (17.3)	58 (17)	58 (19.5)	.285
6. ดัชนีมวลกาย (กิโลกรัม/ตารางเมตร)				
Median (IQR)	22.6 (6.2)	22.5 (5.7)	22.6 (5.7)	.264

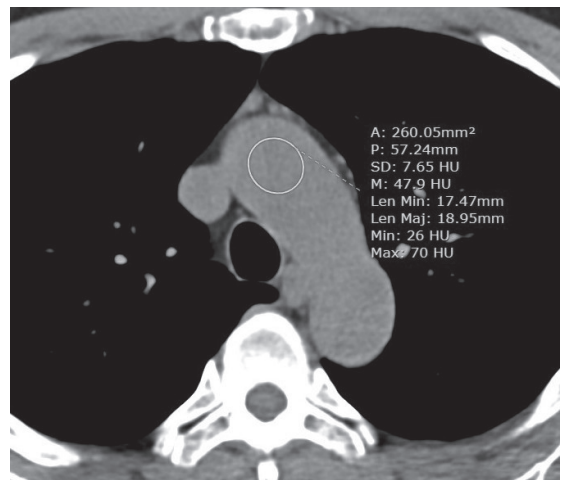
* $p < .05$ มีนัยสำคัญทางสถิติ

ค่าเฉลี่ย HU ที่วัดได้ในแต่ละตำแหน่งของระบบหัวใจและหลอดเลือดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่มที่มีและไม่มีภาวะโลหิตจาง ($p < .001$) ดังแสดงในตารางที่ 2 อย่างไรก็ตาม เมื่อวิเคราะห์ด้วย binary logistic regression แล้ว (ตารางที่ 3) พบว่าค่า HU ที่ aortic arch มีความสัมพันธ์กับภาวะโลหิตจางอย่างมีนัยสำคัญ (OR 0.722; 95% CI, 0.612–0.852;

$p < .001$) มากกว่าค่า HU ที่ descending aorta (OR 0.861; 95% CI, 0.757–0.980; $p = .023$) ในขณะที่ค่า HU จาก left ventricular chamber, pulmonary trunk, และ ascending aorta ไม่พบความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่า OR (95% CI) เท่ากับ 0.950 (0.842–1.072), 0.935 (0.821–1.064), และ 1.042 (0.884–1.228) ตามลำดับ



ภาพ ก



ภาพ ข

ภาพที่ 1 การวัดค่า HU ที่บริเวณ descending aorta (ภาพ ก) และ aortic arch (ภาพ ข)

ตารางที่ 2 ค่า HU แยกตามกลุ่มที่มีภาวะโลหิตจางและไม่มีโลหิตจาง

ค่า HU ในตำแหน่งต่าง ๆ	โลหิตจาง (mean $\pm$ SD)	ไม่มีโลหิตจาง (mean $\pm$ SD)	p-value
1. LV	38.83 $\pm$ 4.896	44.02 $\pm$ 4.437	<.001*
2. Arch	40.54 $\pm$ 3.454	45.94 $\pm$ 3.269	<.001*
3. MPA	40.22 $\pm$ 4.862	45.92 $\pm$ 5.037	<.001*
4. AsAo	40.85 $\pm$ 4.747	45.55 $\pm$ 3.927	<.001*
5. DesAo	40.32 $\pm$ 5.085	46.16 $\pm$ 4.322	<.001*

* $p < .05$ มีนัยสำคัญทางสถิติ

LV = left ventricle, Arch = aortic arch, MPA = main pulmonary artery, AsAo = ascending aorta, DesAo = descending aorta

ตารางที่ 3 Logistic regression ระหว่างค่า HU และภาวะโลหิตจาง

ค่า HU ในตำแหน่งต่าง ๆ	OR (95% CI)	p-value
1. LV	0.950 (0.842–1.072)	.404
2. Arch	0.722 (0.612–0.852)	<.001*
3. MPA	0.935 (0.821–1.064)	.308
4. AsAo	1.042 (0.884–1.228)	.622
5. DesAo	0.861 (0.757–0.980)	.023*

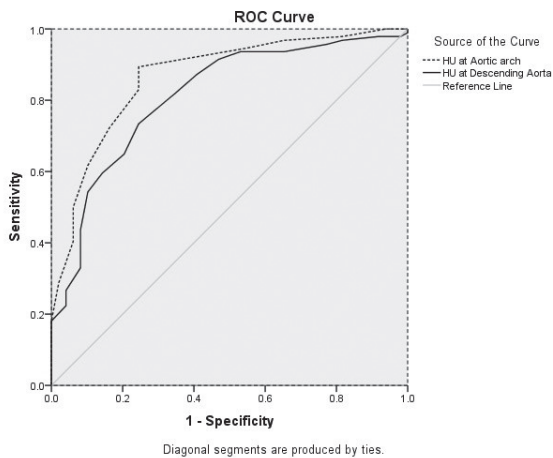
*p < .05 มีนัยสำคัญทางสถิติ

LV = left ventricle, Arch = aortic arch, MPA = main pulmonary artery, AsAo = ascending aorta, DesAo = descending aorta

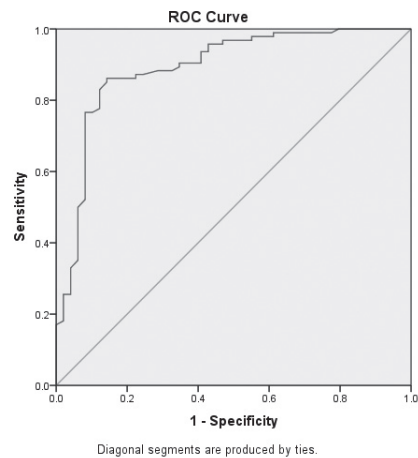
การวิเคราะห์ ROC curve ของค่า HU ที่ aortic arch และ descending aorta เพื่อแยกผู้ที่มีภาวะโลหิตจางออกจากกลุ่มที่ไม่มีภาวะดังกล่าวพบว่าค่า cutoff ที่เหมาะสมของบริเวณ aortic arch ซึ่งให้ค่า Youden index สูงที่สุดอยู่ที่ 44.5 HU โดยให้ AUC เท่ากับ 0.867 มีค่า sensitivity, specificity, PPV, และ NPV เท่ากับร้อยละ 89.4, 75.5, 87.5, และ 78.7 ตามลำดับ สำหรับบริเวณ descending aorta พบว่าค่า cutoff ที่เหมาะสมอยู่ที่ 43.5 HU โดยให้ค่า AUC เท่ากับ 0.812 และมีค่า sensitivity, specificity, PPV, และ NPV เท่ากับร้อยละ 73.4, 75.5, 85.2, และ 59.7 ตามลำดับ (ตารางที่ 4, ภาพที่ 2 ก)

ตารางที่ 4 Cutoff ของค่า HU และค่าดัชนีวินิจฉัย

ค่า HU ในตำแหน่งต่าง ๆ	Cutoff	Sensitivity (ร้อยละ)	Specificity (ร้อยละ)	PPV (ร้อยละ)	NPV (ร้อยละ)	AUC (95% CI)
Arch	44.5	89.4	75.5	87.5	78.7	0.867 (0.804-0.930)
Descending aorta	43.5	73.4	75.5	85.2	59.7	0.812 (0.737-0.886)



ภาพ ก



ภาพ ข

ภาพที่ 2 กราฟ ROC แสดงประสิทธิภาพของ HU ในการทำนายภาวะโลหิตจาง โดยภาพ ก แสดง ROC ของค่า HU ที่ตำแหน่ง aortic arch (เส้นประ) + descending aorta (เส้นทึบ) ขณะที่ภาพ ข แสดง ROC ของแบบจำลองพยากรณ์ภาวะโลหิตจางจาก multivariable logistic regression ซึ่งรวมค่า HU จากสองตำแหน่งเข้าด้วยกัน

จากการวิเคราะห์ multivariable logistic regression โดยใช้ค่า HU ที่ตำแหน่ง aortic arch และ descending aorta สามารถสร้างแบบจำลองพยากรณ์ภาวะโลหิตจางได้อย่างมีประสิทธิภาพดีกว่าการใช้ตัวแปรเดียว โดยสมการถดถอยที่ได้คือ

$$\text{Logit}(P) = 23.896 - 0.373 (\text{HU aortic arch}) - 0.163 (\text{HU descending aorta})$$

โดยที่ P คือ ความน่าจะเป็นของการเกิดภาวะโลหิตจาง (predicted probability: PRE_1) และคำนวณจากสมการ

$$P = 1 / [1 + e^{-\text{logit}(P)}]$$

เมื่อนำค่า PRE_1 ไปวิเคราะห์ด้วย ROC curve analysis พบว่าแบบจำลองมีค่า AUC เท่ากับ 0.891 แสดงถึงความสามารถในการจำแนกภาวะโลหิตจางในระดับดีมาก เมื่อใช้ค่าจุดตัดของ PRE_1 เท่ากับ 0.642 แบบจำลองให้ค่า sensitivity ร้อยละ 86.2 และค่า specificity ร้อยละ 85.7 (ภาพที่ 2 ข)

วิจารณ์

การศึกษานี้ได้วัดค่า HU จากหลายตำแหน่งของระบบหัวใจและหลอดเลือด ได้แก่ left ventricular chamber, aortic arch, pulmonary trunk, ascending aorta, และ descending aorta เพื่อนำมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์กับภาวะโลหิตจาง ผลการศึกษาพบว่า ค่า HU จากบริเวณ aortic arch และ descending aorta มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับภาวะโลหิตจาง โดยเฉพาะตำแหน่ง aortic arch ซึ่งให้ผลดีที่สุด

การวิเคราะห์ ROC curve พบว่า ค่า HU ที่ aortic arch ให้ค่า AUC สูงสุดที่ 0.867 โดย cutoff ที่ 44.5 HU ให้ sensitivity ร้อยละ 89.4 และ specificity ร้อยละ 75.5 ขณะที่ตำแหน่ง descending aorta ให้ AUC 0.812 โดยค่า cutoff 43.5 HU ให้ sensitivity ร้อยละ 73.4 และ specificity ร้อยละ 75.5 สะท้อนให้เห็นว่า การวัดค่า HU ที่ aortic arch

มีประสิทธิภาพดีที่สุดในการจำแนกผู้ป่วยที่มีภาวะโลหิตจางออกจากผู้ที่ไม่มีความโลหิตจางในกลุ่มตัวอย่างนี้

เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการทำนายภาวะโลหิตจาง ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญจากการวิเคราะห์แบบตัวแปรเดียว ได้แก่ ค่า HU ที่ตำแหน่ง aortic arch และ descending aorta ถูกนำเข้าสู่การวิเคราะห์ multivariable logistic regression พบว่าแบบจำลองสามารถจำแนกภาวะโลหิตจางได้ดีกว่าการใช้ตัวแปรเดียว โดยให้ค่า AUC เท่ากับ 0.891 ซึ่งสูงกว่าค่าที่ได้จากตำแหน่งเดียวทั้งหมด เมื่อใช้ค่าจุดตัดความน่าจะเป็นที่คาดการณ์ (predicted probability: PRE_1) ที่ 0.642 แบบจำลองให้ค่า sensitivity และ specificity เท่ากับร้อยละ 86.2 และ 85.7 ตามลำดับ

ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับรายงานของ Abbasi และคณะ¹³ ซึ่งพบว่าค่า HU ที่ aortic arch มีความสัมพันธ์กับระดับค่าฮีโมโกลบินมากที่สุด และให้ค่า AUC สูงสุดในการตรวจหาภาวะโลหิตจาง โดยใช้ cutoff ที่ 35 HU สำหรับภาวะโลหิตจางทั่วไป และ cutoff ที่ 20 HU สำหรับภาวะโลหิตจางรุนแรง อย่างไรก็ตาม การศึกษาดังกล่าวใช้เกณฑ์ภาวะโลหิตจางที่แตกต่างจากการศึกษานี้ คือ กำหนดค่าฮีโมโกลบินต่ำกว่า 12 กรัมต่อเดซิลิตรในผู้หญิง และต่ำกว่า 14 กรัมต่อเดซิลิตรในผู้ชายเป็นภาวะโลหิตจาง และค่าต่ำกว่า 8 กรัมต่อเดซิลิตร เป็นภาวะโลหิตจาง รุนแรง ซึ่งอาจเป็นสาเหตุให้ค่า cutoff ที่ได้แตกต่างกัน

ในทางกลับกัน การศึกษาในประเทศตุรกี¹¹ รายงานว่าการวัดค่า HU จาก left ventricular chamber ให้ผลดีที่สุดในการทำนายภาวะโลหิตจางตามเกณฑ์ขององค์การอนามัยโลก โดยหากใช้ cutoff ต่ำกว่า 38 HU และ 37 HU ที่ตำแหน่ง left ventricular chamber และ ascending aorta ให้ sensitivity/specificity ที่ 81.1%/73.5% และ 86.5%/63.7% ตามลำดับ ขณะที่ค่า HU จาก descending aorta

ให้ความสัมพันธ์กับภาวะโลหิตจางน้อยกว่า โดย cutoff ที่ 33 HU ให้ sensitivity/specificity ที่ 62.2%/69.9%

การศึกษาที่สหรัฐอเมริกาใน ค.ศ. 2005¹⁰ และที่ประเทศสวีเดนและแลนด์ใน ค.ศ. 2008⁹ ต่างสนับสนุนว่า ค่า HU มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับระดับฮีโมโกลบินในเลือด โดยใช้ cutoff ที่ 35 HU สามารถทำนายภาวะโลหิตจางได้อย่างมีประสิทธิภาพ การศึกษาทั้งสองรายงานว่า ค่า HU ที่ left ventricular chamber ให้ sensitivity/specificity 76%/81% และค่า HU ที่ ascending aorta ให้ 84%/94% ตามลำดับ อีกทั้งยังสรุปว่าการประเมินแบบกาวีสัย (objective assessment) ด้วยค่า HU สามารถเพิ่มความแม่นยำ เมื่อใช้ร่วมกับการประเมินอัตวิสัย (subjective assessment) ด้วย radiological signs เช่น aortic ring sign และ interventricular septum sign ซึ่งเมื่อใช้เพียงอย่างเดียวก็มีผลลบลง (false negative) โดยเฉพาะในผู้ป่วยที่มีภาวะโลหิตจางระดับไม่รุนแรง

เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาจากประเทศญี่ปุ่น¹² ซึ่งรายงานว่า ความแตกต่างของค่า HU ระหว่างผนังกันห้องหัวใจ (interventricular septum) กับห้องหัวใจล่างซ้าย (left ventricular cavity) เป็นตัวแปรที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการทำนายภาวะโลหิตจาง โดยใช้เกณฑ์ฮีโมโกลบินน้อยกว่า 11.5 กรัมต่อเดซิลิตรในผู้หญิง และน้อยกว่า 14 กรัมต่อเดซิลิตรในผู้ชาย ทั้งยังรวมผู้ป่วยตั้งแต่อายุ 1–95 ปี ในการศึกษา จะเห็นได้ว่าตำแหน่งที่ให้ผลดีที่สุด อาจแตกต่างกันตามชนิดของเครื่อง CT เทคนิคการถ่ายภาพ พารามิเตอร์ที่ใช้ การวาง ROI และลักษณะประชากรที่ศึกษา รวมถึงเกณฑ์วินิจฉัยภาวะโลหิตจาง ดังนั้น การศึกษาค้นคว้านี้จึงถือเป็นข้อมูลใหม่ที่สนับสนุนว่าการวัด HU ที่ aortic arch จากภาพ CT ทรงอกแบบไม่ใช้สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจควบคุม (non-ECG gated CT) อาจให้ผลแม่นยำที่สุดในประชากรไทยอายุมากกว่า 15 ปี ภายใต้เกณฑ์วินิจฉัยขององค์การอนามัยโลก

ความคลาดเคลื่อนของค่า HU ที่วัดได้อาจเกิดจากปัจจัยทางเทคนิคของการตรวจ โดยเฉพาะสัญญาณรบกวนจากการเต้นของหัวใจ (pulsation artifact) จากการเคลื่อนไหวของหัวใจในภาพ non-ECG-gated CT ซึ่งอาจรบกวนค่าที่วัดจากห้องหัวใจและโค่นหลอดเลือดแดงใหญ่ใกล้หัวใจ ทำให้เกิดแถบดำสลับขาวได้ (streak artifacts) สอดคล้องกับข้อสังเกตของ Ko และคณะ¹⁶, Roos และคณะ¹⁷, และ Ropp และคณะ¹⁸ นอกจากนี้สัญญาณรบกวนจากลำรังสีแข็งขึ้น (beam hardening artifact) จากความแตกต่างของความหนาแน่นเนื้อเยื่อและการดูดกลืนรังสีที่บริเวณรอยต่อระหว่างอวัยวะ เช่น กระดูกซี่โครงหรือกระดูกสันหลัง ซึ่งอาจทำให้เกิดค่าความหนาแน่นที่สูงหรือต่ำผิดปกติ ซึ่งอาจส่งผลต่อค่าที่วัดได้¹⁹ เหล่านี้เป็นข้อจำกัดทางเทคนิคของการศึกษา (technical limitation)

สาเหตุที่ค่า HU จาก aortic arch และ descending aorta ให้ผลดีกว่าตำแหน่งอื่น อาจเนื่องมาจากเป็นบริเวณที่ได้รับผลกระทบการเคลื่อนไหวของหัวใจน้อยกว่า ทำให้สามารถวาง ROI และวัดค่า HU ได้อย่างแม่นยำและสม่ำเสมอกว่าบริเวณห้องหัวใจ

ในงานวิจัยนี้ เครื่อง CT ถูกตั้งค่าแรงดันไฟฟ้า (tube voltage) ที่ 110 kVp เพื่อเพิ่มความคมชัดของเนื้อเยื่อ (tissue contrast) และลดปริมาณรังสี ซึ่งอาจส่งผลให้ค่า HU ที่ได้สูงกว่างานวิจัยที่ใช้ 120 kVp อย่างไรก็ตาม เนื่องจากผู้เข้าร่วมทั้งหมดได้รับการถ่ายภาพภายใต้พารามิเตอร์เดียวกัน การเปรียบเทียบภายในกลุ่มจึงยังมีความสอดคล้องและน่าเชื่อถือ ข้อควรระวังคือ ค่า cutoff ที่ได้ อาจไม่สามารถนำไปใช้ได้โดยตรงในกลุ่มประชากรที่ถ่ายภาพด้วยพารามิเตอร์ที่แตกต่างออกไป จึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในกลุ่มดังกล่าว ทั้งนี้การใช้ค่าแรงดันไฟฟ้าที่ต่ำอาจเพิ่มโอกาสเกิด artifact โดยเฉพาะในผู้ป่วยที่มีรูปร่างใหญ่ อย่างไรก็ตามในการศึกษานี้ไม่พบความแตกต่างของค่าดัชนีมวลกายระหว่างกลุ่มที่มีและไม่มีภาวะโลหิตจาง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ในระยะหลัง มีงานวิจัยจากยุโรปหลายฉบับเสนอการใช้เทคนิคการสร้างภาพเสมือนแบบไม่มีดีดสารทึบรังสี (virtual non-contrast reconstruction: VNC) จากข้อมูลภาพ CT สองพลังงาน (dual-energy CT) เพื่อทดแทนภาพถ่าย CT ก่อนการฉีดสารทึบรังสี (non-contrast CT) และนำมาใช้ประเมินภาวะโลหิตจาง โดยลบสัญญาณไอโอดีนออกจากภาพ CT ที่ฉีดสี (contrast-enhanced CT) เพื่อให้ค่า HU ของเลือดใกล้เคียงกับภาพ non-contrast จริง งานของ Zopfs และคณะ²⁰ รวมถึง Luga และคณะ²¹ รายงานว่าค่า HU ที่ได้จาก VNC มีความสัมพันธ์กับระดับฮีโมโกลบินอย่างมีนัยสำคัญ โดยใช้ค่า cutoff ประมาณ 36–39 HU ให้ AUC 0.83–0.88 อย่างไรก็ตาม เทคนิคนี้ต้องใช้เครื่อง CT รุ่นใหม่ที่มีระบบ dual energy ซึ่งยังไม่แพร่หลายในโรงพยาบาลทั่วไปในประเทศไทย การศึกษาครั้งนี้จึงเลือกใช้การวัดค่า HU จากภาพ non-contrast จริง ซึ่งสามารถประยุกต์ใช้ได้กับบริบทของโรงพยาบาลทั่วไปและโรงพยาบาลชุมชน โดยผลลัพธ์มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันกับงานที่ใช้ VNC คือ ค่า HU สามารถใช้คาดการณ์ภาวะโลหิตจางได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากผลการศึกษา ค่า HU ที่ aortic arch ต่ำกว่า 44.5 HU อาจใช้เป็นตัวบ่งชี้เบื้องต้นในการสงสัยภาวะโลหิตจางในผู้ป่วยที่เข้ารับการตรวจ CT ทรวงอก โดยสามารถช่วยให้รังสีแพทย์หรือแพทย์เจ้าของไข้ระบุผู้ที่อาจมีภาวะโลหิตจางได้รวดเร็วยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตาม การวินิจฉัยขั้นสุดท้ายยังจำเป็นต้องอาศัยการตรวจเลือดยืนยันระดับฮีโมโกลบิน

ข้อจำกัดของการศึกษานี้ ได้แก่ การเป็น การศึกษาย้อนหลังที่ทำในสถาบันเดียว ซึ่งอาจมีข้อจำกัดด้านความหลากหลายของเครื่องถ่ายภาพ CT และพารามิเตอร์ที่ใช้ถ่ายภาพ รวมไปถึงปัจจัยร่วมอื่น ๆ เช่น การมีแคลเซียมเกาะผนังหลอดเลือด หรือค่าดัชนีมวลกายที่อาจมีผลต่อค่า HU อย่างไรก็ตาม ผลลัพธ์ที่ได้

มีแนวโน้มสอดคล้องกับวรรณกรรมสากล และสนับสนุน
ศักยภาพของการใช้ค่า HU เป็นเครื่องมือช่วยคัดกรอง
ภาวะโลหิตจางในผู้ป่วยไทยได้อย่างเป็นรูปธรรม

สรุป

ค่า HU ที่วัดจาก aortic arch ในภาพ CT
ทรวงอก มีความสัมพันธ์กับระดับฮีโมโกลบินจาก
ผลตรวจเลือดได้ดีกว่าค่าที่วัดจาก descending aorta
โดยค่า cutoff ที่ต่ำกว่า 44.5 HU อาจใช้เป็นเกณฑ์
เบื้องต้นในการคัดกรองภาวะโลหิตจางในผู้ป่วยไทย
ที่เข้ารับการตรวจ CT ทรวงอกเพื่อวัตถุประสงค์ใด ๆ
และการนำค่า HU จากหลายตำแหน่งมาวิเคราะห์
ร่วมกันสามารถเพิ่มความแม่นยำในการจำแนกภาวะ
โลหิตจางได้ ทั้งนี้ ควรมีการศึกษาต่อเนื่องเพื่อยืนยัน
ความแม่นยำ และความสามารถในการประยุกต์ใช้
ในกลุ่มประชากรและสถานะที่แตกต่างกัน

เอกสารอ้างอิง

1. GBD 2021 Anaemia Collaborators. Prevalence, years lived with disability, and trends in anaemia burden by severity and cause, 1990–2021: findings from the Global Burden of Disease Study 2021. *Lancet Haematol.* 2023;10(9):e713–34. doi: 10.1016/S2352-3026(23)00160-6.
2. Deeruska L, Sanchaisuriya K. Anemia in the elderly in Northeastern Thailand: a community-based study investigating prevalence, contributing factors, and hematologic features. *Acta Haematol.* 2017;138(2):96–102. doi: 10.1159/000478771.
3. World Health Organization. Guideline on haemoglobin cutoffs to define anaemia in individuals and populations. Geneva: World Health Organization; 2024.
4. Addo OY, Yu EX, Williams AM, Young MF, Sharma AJ, Mei Z, et al. Evaluation of hemoglobin cutoff levels to define anemia among healthy individuals. *JAMA Netw Open.* 2021;4(8):e2119123. doi: 10.1001/jamanetworkopen.2021.19123.
5. Zhang HR, Wei XJ, Pan J, Chen XT, Sun XD. Anemia and frailty in the aging population: implications of dietary fiber intake (findings of the US NHANES from 2007–2018). *BMC Geriatr.* 2023;23(1):634. doi: 10.1186/s12877-023-04352-9.
6. Salis F, Locci G, Mura B, Mandas A. Anemia in elderly patients—the impact of hemoglobin cut-off levels on geriatric domains. *Diagnostics (Basel).* 2023;13(2):191. doi: 10.3390/diagnostics13020191.
7. Oyediji CI, Artz AS, Cohen HJ. How I treat anemia in older adults. *Blood.* 2024;143(3):205–13. doi: 10.1182/blood.2022017626.
8. Cappellini MD, Motta I. Anemia in clinical practice—definition and classification: Does hemoglobin change with aging? *Semin Hematol.* 2015;52(4):261–9. doi: 10.1053/j.seminhematol.2015.07.006.

9. Kamel EM, Rizzo E, Duchosal MA, Duran R, Goncalves-Matoso V, Schnyder P, et al. Radiological profile of anemia on unenhanced MDCT of the thorax. *Eur Radiol*. 2008;18(9):1863–8. doi: 10.1007/s00330-008-0950-9.
10. Title RS, Harper K, Nelson E, Evans T, Tello R. Observer performance in assessing anemia on thoracic CT. *AJR Am J Roentgenol*. 2005;185(5):1240–4. doi: 10.2214/AJR.04.1171.
11. Ayvat Öcal Z, Köseoğlu FD. Prediction of anemia with thoracic computed tomography findings. *Ulus Travma Acil Cerrahi Derg*. 2024;30(8):531–6. doi: 10.14744/tjtes.2024.31531.
12. Lan H, Nishihara S, Nishitani H. Accuracy of computed tomography attenuation measurements for diagnosing anemia. *Jpn J Radiol*. 2010;28(1):53–7. doi: 10.1007/s11604-009-0385-5.
13. Abbasi B, Seyed Hosseini M, Moodi Ghalibaf A, Akhavan R, Emadzadeh M, Bolvardi E. Evaluating anemia on noncontrast thoracic computed tomography. *Sci Rep*. 2022;12:21380. doi: 10.1038/s41598-022-24265-8.
14. Wongsuttitert A, Limcharoen S, Jaidee W, Jearsirikul T, Kongpromsuk S. Correlation between Hounsfield units measured by diagnostic noncontrast enhanced CT in lumbar spine and femoral neck with bone mineral density measured by dual-energy X-ray absorptiometry. *Rama Med J*. 2023;46(2):1–7.
15. DenOtter TD, Schubert J. Hounsfield unit [internet]. 2024 [cited 2026 Jan 30]; Available from: URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK547721/>
16. Ko SF, Hsieh MJ, Chen MC, Ng SH, Fang FM, Huang CC, et al. Effects of heart rate on motion artifacts of the aorta on non-ECG-assisted 0.5-sec thoracic MDCT. *AJR Am J Roentgenol*. 2005;184(4):1225–30. doi: 10.2214/ajr.184.4.01841225.
17. Roos JE, Willmann JK, Weishaupt D, Lachat M, Marincek B, Hilfiker PR. Thoracic aorta: motion artifact reduction with retrospective and prospective electrocardiography-assisted multidetector row CT. *Radiology*. 2002;222(1):271–7. doi: 10.1148/radiol.2221010481.
18. Ropp A, Frazier AA, Gelfand B, Jeudy J. The Dean effect: an aortic arch flow artifact mimicking dissection. *Radiol Cardiothorac Imaging*. 2022;4(1):e210229. doi: 10.1148/ryct.210229.
19. Kalisz K, Bueth J, Saboo SS, Abbara S, Halliburton S, Rajiah P. Artifacts at cardiac CT: physics and solutions. *Radiographics*. 2016;36(7):2064–83. doi: 10.1148/rg.2016160079.
20. Zopfs D, Rinneburger M, Pinto Dos Santos D, Reimer RP, Laukamp KR, Maintz D, et al. Evaluating anemia using contrast-enhanced spectral detector CT of the chest in a large cohort of 522 patients. *Eur Radiol*. 2021;31(6):4350–7. doi: 10.1007/s00330-020-07497-y.

21. Luga AI, Pennig L, Caldeira LL, Maintz D, Hickethier T, Doerner J. Prediction of anemia on enhanced computed tomography of the thorax using virtual non-contrast reconstructions. *Medicine (Baltimore)*. 2021;100(48):e28014. doi: 10.1097/MD.00000000000028014.