

บทความวิจัย (Research Article)

การประเมินประสิทธิภาพของโมบายแอปพลิเคชันในการอ่านค่าปริมาตรเม็ดเลือดแดง อัตโนมัติ เทียบกับวิธีแมนนวลและเครื่องวิเคราะห์เซลล์เม็ดเลือดอัตโนมัติ

กีรติ จิตจันทร์^{1,2*}, วันวิสาห์ ตริบุพชาติสกุล¹, นภาพร อภิรัฐเมธิกุล¹, ไชยวัฒน์ ไชยสมบุญ¹, รัฐภูมิ วรานุสาสน์³
และ ครรชิต คงรส¹

Assessing the efficiency of a mobile application in reading hematocrit compared to the manual method and automated blood cell analyzer

Geerati Jitjan^{1,2}, Wanvisa Treebuphachatsakul¹, Napaporn Apiratmateekul¹, Chaiwat Chaisomboon¹,
Rattapoom Waranusast³ and Kunchit Kongros¹

¹ Department of Medical technology, Faculty of Allied Health Sciences, Naresuan university, Phitsanulok 65000, Thailand

² Yala Siri Rattanak Hospital, Yala 95000, Thailand

³ Department of Electrical and Computer Engineering, Faculty of Engineering, Naresuan University, Phitsanulok
65000, Thailand

* Correspondence author, E-mail: kunchitk@nu.ac.th

Health Science, Science and Technology Reviews. 2025;18(3):80-95.

Received: 26 May 2025; Revised: 26 August 2025; Accepted: 28 August 2025

บทคัดย่อ

การตรวจหาปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัตโนมัติหรือฮีมาโตคริต ยังเป็นที่นิยมใช้ในการตรวจคัดกรองภาวะโลหิตจาง และติดตามการรักษาผู้ป่วยหลายกลุ่มโรค วิธีมาตรฐานในการตรวจคือวิธีไมโครฮีมาโตคริต ซึ่งสามารถทำได้ง่าย สะดวก ต้นทุนไม่สูง ใช้ปริมาณเลือดน้อย แต่วิธีนี้มีข้อจำกัดในกรณีคนตรวจวิเคราะห์ไม่ชำนาญในตำแหน่งของการอ่าน โดยเฉพาะผู้มีปัญหาสายตา และเมื่อมีการส่งตรวจจำนวนมากอาจเกิดข้อผิดพลาดในการอ่านผลและการรายงานผลได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงเห็นความสำคัญจึงได้นำแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้น ช่วยในการอ่านค่าฮีมาโตคริต จากการศึกษาโดยใช้ ตัวอย่างเลือดที่ปรับให้มีค่าฮีมาโตคริตให้อยู่ในช่วง 20-25%, 40-45% และ 60-65% ประเมินความเที่ยงตรงในการอ่านค่าของแอปพลิเคชันพบว่ามีความแม่นยำของค่าฮีมาโตคริต ทั้ง 3 ช่วง เท่ากับ - 2.4%, - 2.1% และ - 2.2% มีค่า (%CV) เท่ากับ 0.9, 1.2 และ 0.8 ทดสอบกลุ่มตัวอย่าง 171 ราย เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ โดยใช้วิธีไมโครฮีมาโตคริต เครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติและการใช้แอปพลิเคชัน โดยโหมด Automatic และโหมด Manual การเปรียบเทียบทั้ง 3 วิธี มีค่าเท่ากับ 0.990, 0.990, 0.974, 0.973, 0.992 และ 0.981 แสดงให้เห็นว่ามีความสัมพันธ์กันสูง ผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ ภายในชั้น (ICC) มีความสอดคล้องกันในระดับสูง โดยมีค่าเท่ากับ 0.995, 0.995, 0.987, 0.986, 0.996 และ 0.990 (P < 0.001) แอปพลิเคชันนี้สามารถตรวจวัดในสิ่งส่งตรวจที่มีความชื้นและที่มีการแตกของเม็ดเลือดแดงได้ถึง 4+ ผลการประเมินความพึงพอใจในกลุ่มที่ได้ทดลองใช้แอปพลิเคชันนี้พบว่าความพึงพอใจอยู่ในเกณฑ์ดี (4.43 ± 0.64) แอปพลิเคชันนี้สามารถวัดค่าฮีมาโตคริตแทนวิธีมาตรฐานและเครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติในห้องปฏิบัติการที่มีเครื่องมือไม่พร้อมได้

คำสำคัญ : ฮีมาโตคริต, แอปพลิเคชัน, เม็ดเลือดแดงอัตโนมัติ

¹ สาขาเทคนิคการแพทย์ คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก 65000 ประเทศไทย

² โรงพยาบาลยะลาสิริรัตนรักษ์ จังหวัดยะลา 95000 ประเทศไทย

³ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก 65000 ประเทศไทย

Abstract

The measurement of packed red cell volume, or hematocrit, remains a widely used method for screening anemia and monitoring treatment across various patient groups. The standard method for hematocrit measurement is the microhematocrit technique, which is simple, convenient, low-cost, and requires only a small blood sample. However, this method has limitations, particularly when the operator lacks proficiency in reading the hematocrit level especially in individuals with visual impairments. Moreover, in high-volume testing scenarios, manual reading and reporting errors may occur. Recognizing these challenges, the researchers developed a mobile phone application to assist in reading hematocrit values. The study evaluated the application's accuracy using blood samples adjusted to hematocrit levels in three ranges: 20–25%, 40–45%, and 60–65%. The coefficient of variation (%CV) for the application readings in these three ranges was found to be 0.9, 1.3, and 0.8, respectively. The accuracy values were -2.4%, -2.1%, and -2.2%, respectively. A total of 171 samples were tested and compared using the microhematocrit method, an automated hematology analyzer, and the mobile application (in both automatic and manual modes). The correlation coefficients for these comparisons were 0.990, 0.990, 0.974, 0.973, 0.992, and 0.981, indicating a high level of correlation. The intraclass correlation coefficients (ICC) further confirmed high consistency, with values of 0.995, 0.995, 0.987, 0.986, 0.996, and 0.990 ($P < 0.001$). Additionally, the application was capable of measuring hematocrit in turbid samples and those with red cell hemolysis up to grade 4+. User satisfaction among those who tested the application was rated as good (mean score of 4.43 ± 0.64). In conclusion, this mobile application can serve as an effective alternative to standard microhematocrit methods and automated hematology analyzers, particularly in settings with limited laboratory equipment.

Keywords : Hematocrit, Application, Packed red blood cell volume

บทนำ

การตรวจหาปริมาณเม็ดเลือดแดงอัดแน่นหรือฮีมาโตคริต เป็นการตรวจดูปริมาณของเม็ดเลือดแดงในเลือด หรือเป็นการวัดเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นของเม็ดเลือดแดงที่มีอยู่ในเลือดทั้งหมดของร่างกาย เนื่องจากค่าฮีมาโตคริตมีความสัมพันธ์กับปริมาณเม็ดเลือดแดง จึงสามารถบอกภาวะโลหิตจางหรือภาวะเลือดข้นได้ ค่าปกติในผู้ใหญ่เพศหญิงและเพศชายมีค่าอยู่ระหว่าง 36-45% และ 38-50% ตามลำดับ [1] การมีค่าที่น้อยกว่าค่าปกติบ่งบอกว่าบุคคลนั้นมีปริมาณเม็ดเลือดแดงน้อยกว่าปกติ ซึ่งสามารถเรียกได้อีกอย่างคือการมีภาวะโลหิตจาง ในทางกลับกันการมีค่าฮีมาโตคริตสูงกว่าปกติ นั้น จะหมายถึงว่าบุคคลนั้นมีปริมาณเม็ดเลือดแดงมาก อาจเกิดจากไขกระดูกมีการสร้างเซลล์เม็ดเลือดแดงเพิ่มขึ้นหรือมีปริมาณพลาสมาลดลงได้ [2] แพทย์จึงนิยมใช้ในการตรวจเพื่อติดตามการรักษาคนไข้ในกลุ่มที่เป็นโรคเรื้อรังซึ่งปัจจุบันคนไข้กลุ่มนี้มีจำนวนเพิ่มมากขึ้น หญิงฝากครรภ์ ภาวะการให้เลือด ภาวะโลหิตจางที่อาจเกิดจากการขาดธาตุเหล็ก เป็นต้น

การตรวจวัดค่าฮีมาโตคริตสามารถทำได้หลายวิธี ประกอบด้วย 1) วิธีใช้เครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติ ค่าที่ได้มาจากการคำนวณซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการตรวจความสมบูรณ์ของเม็ดเลือด (Complete blood count หรือ CBC) 2) วิธีไมโครฮีมาโตคริต (Microhematocrit method) ที่อ่านแบบ Manual โดยเทียบสัดส่วนปริมาตรเลือดจากแผ่นอ่านค่าเม็ดเลือดแดงอัดแน่น และ 3) วิธีมาโครฮีมาโตคริต (Macrohematocrit method) คือใช้หลอด Wintrobe ในการปั่นเลือดครบส่วน สามารถอ่านค่าได้โดยตรงจากหลอด Wintrobe ทั้งสองวิธีนี้มีขั้นตอนการทำไม่ยุ่งยาก ค่าที่ได้จากทั้งสองจะอ่านจากหลอดจากการปั่นเลือดโดยตรง แต่วิธีหลังจะใช้เลือดปริมาณมาก แม้ว่าปัจจุบันจะนิยมที่ใช้ค่า

อีมาโตคริตจากเครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติเป็นส่วนใหญ่ แต่ก็มีหลายพารามิเตอร์ที่ถูกวิเคราะห์ออกมาในคราวเดียวกันซึ่งมีหลายพารามิเตอร์ที่ไม่จำเป็นต้องใช้ และส่งผลให้ต้นทุนการบริการสูงตามไปด้วย การที่เครื่องวิเคราะห์และนำยามีมูลค่าสูงจึงส่งผลกับหน่วยบริการปฐมภูมิ บางห้องปฏิบัติการหรือสถานพยาบาลที่มีผู้มารับบริการน้อยหรือมีข้อจำกัดทางงบประมาณในการจัดหา การลดต้นทุนแทนการตรวจความสมบูรณ์ของเม็ดเลือด ซึ่งมีหลายพารามิเตอร์ที่ไม่จำเป็นต้องใช้ ตามแนวนโยบายการใช้แล็บอย่างสมเหตุผล และการลดระยะเวลาในการรอคอยจากการที่ Turn Around Time สั้นลง ทำให้วิธีไมโครอีมาโตคริต ยังคงเป็นที่นิยมในกรณีที่ต้องการทราบค่าอีมาโตคริตเพียงอย่างเดียว

ข้อจำกัดของการตรวจอีมาโตคริตที่อ่านแบบ Manual โดยเทียบสัดส่วนปริมาตรเลือดจากแผ่นอ่านค่าปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่น จะเกิดขึ้นเมื่อมีปริมาณงานมีจำนวนมาก หรืองานตรวจภาคสนาม อาจทำให้เกิดความล่าช้าในทุกขั้นตอนของการทำรวมไปถึงขั้นตอนการรายงานผลให้แพทย์ทราบอีกด้วย นอกจากนี้ประสบการณ์ในการอ่านชั้นของเม็ดเลือดและพลาสมา สายตาของผู้อ่านผล อาจทำให้เกิดข้อผิดพลาดในการอ่านค่าและแปลผลไปในทางที่ผิดเกิดขึ้นได้

ปัจจุบันในทางการแพทย์มีการนำแอปพลิเคชันเข้ามาใช้ประกอบการรักษาคนไข้มากขึ้น เช่น การติดตามการรับประทานยา การปรึกษาอาการเจ็บป่วย รวมถึงมีการใช้แอปพลิเคชันติดตามการไหลของเซลล์เม็ดเลือดแดงผ่านชุดตรวจแบบ Lateral flow และทำการประมวลผลภาพทำให้สามารถวัดและคำนวณค่าอีมาโตคริตออกมาได้ เป็นต้น จึงทำให้ผู้วิจัยคิดว่าวิธีที่จะประเมินประสิทธิภาพความถูกต้องในการอ่านค่าปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่นของแอปพลิเคชันขึ้นมาเพื่อจะลดระยะเวลาในการรายงานผลและลดเวลาในการปฏิบัติงานพร้อมทั้งยังสามารถดูผลการตรวจย้อนหลังที่บันทึกไว้เป็นรูปภาพให้ทวนสอบได้อีกด้วย สะดวกต่อการใช้งาน เหมาะแก่ห้องปฏิบัติการ หอผู้ป่วย หน่วยบริการสุขภาพปฐมภูมิ โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลและผู้ที่สนใจ และสามารถพกพาไปใช้งานนอกสถานที่ในกรณีออกภาคสนามให้แก่นักเทคนิคการแพทย์ แพทย์ พยาบาล และบุคลากรทางการแพทย์นำไปใช้งานได้ แอปพลิเคชันนี้จะทำให้เกิดความแม่นยำ ถูกต้อง รวดเร็วในการอ่านผลมากขึ้น

วัตถุประสงค์

1. เพื่อประเมินประสิทธิภาพความถูกต้องในการอ่านค่าอีมาโตคริตของแอปพลิเคชัน
2. เพื่อประเมินความพึงพอใจในกลุ่มผู้ใช้งานแอปพลิเคชันในการอ่านค่าอีมาโตคริต

วัสดุและวิธีการ

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. ตัวอย่างเลือดที่ใช้ในการศึกษาความสามารถในการอ่านค่าอีมาโตคริตเป็นเลือดที่เหลือใช้จากงานประจำวันจำนวน 171 ราย คำนวณจากประชากรที่เป็นผู้มาใช้บริการในเวลาราชการของโรงพยาบาลยะลาสิริรัตนรักษ์ อ.เมือง จ.ยะลา ช่วงระหว่างเดือน พฤษภาคม ถึง เดือน กรกฎาคม 2567 โดยแบ่งออกเป็นกลุ่มย่อยตามลักษณะของตัวอย่างดังนี้

1.1 อาสาสมัครจำนวน 3 ราย โดยเก็บเลือดรายละ 10 มิลลิลิตรในหลอด EDTA แล้วปรับค่าอีมาโตคริตให้อยู่ในระดับต่าง ๆ

1.2 อาสาสมัครจำนวน 1 ราย โดยเก็บเลือด 10 มิลลิลิตรในหลอด EDTA จากนั้นแยกส่วนพลาสมา และทำให้เม็ดเลือดแดงแตกโดยการแช่แข็ง จากนั้นปรับระดับความเข้มข้นของสีตามระดับ Hemolysis 1+, 2+, 3+ และ 4+ ตามแผนภูมิเทียบสีมาตรฐาน

1.3 ตัวอย่างเลือดที่เหลือใช้ในห้องปฏิบัติการของโรงพยาบาลยะลาสิริรัตนรักษ์ ซึ่งจำแนกระดับความขุ่นตามเกณฑ์ Lipimic Serum Grading เป็นระดับ 1+, 2+, 3+ และ 4+ จำนวน 4 ตัวอย่าง

2. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการประเมินความพึงพอใจต่อแอปพลิเคชัน ได้แก่ อาสาสมัครที่เป็นนักเทคนิคการแพทย์ซึ่งปฏิบัติงานอยู่ในห้องปฏิบัติการของโรงพยาบาลจำนวน 5 แห่ง แห่งละ 20 ราย และ พยาบาลในหอผู้ป่วยจำนวน 3 แห่ง แห่งละ 10 ราย

โครงการวิจัยนี้ได้รับการรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ของมหาวิทยาลัยนเรศวร จ. พิษณุโลก หมายเลขโครงการ : P1-0129/2565

เครื่องมือและวิธีในการเก็บข้อมูล

แอปพลิเคชันนี้ผู้เขียนได้ออกแบบและพัฒนาพร้อมกับทีมงานอาจารย์และนิสิตบัณฑิตศึกษาศาสาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร สำหรับการพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือสำหรับการวัดค่าฮีมาโตคริต โดยมีรายละเอียดดังนี้

แอปพลิเคชันนี้ได้รับการพัฒนาขึ้นเพื่ออำนวยความสะดวกในการวัดค่าปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่น จากภาพถ่ายหลอดไมโครฮีมาโตคริตที่ได้จากวิธีการไมโครฮีมาโตคริต ตัวแอปพลิเคชันได้รับการพัฒนาด้วย Android Studio เพื่อให้รองรับการทำงานบนสมาร์ตโฟนและแท็บเล็ตระบบ Android โดยมีอินเทอร์เฟซที่ใช้งานง่าย ผู้ใช้สามารถเลือกได้ทั้งการถ่ายภาพหลอดไมโครฮีมาโตคริตใหม่ผ่านแอปพลิเคชัน หรือเลือกรูปภาพที่มีอยู่แล้วจากอัลบั้มภาพในเครื่องได้

แอปพลิเคชันประกอบด้วย 2 โหมดการทำงานหลัก ได้แก่ โหมด Manual และ โหมด Automatic เพื่อรองรับความต้องการของผู้ใช้ที่แตกต่างกัน

ในโหมด Manual ผู้ใช้จะเป็นผู้ดำเนินการประมวลผลภาพด้วยตนเอง โดยแอปพลิเคชันจะมีเครื่องมือสำหรับการขยายภาพ หมุนภาพ และเครื่องมือให้ผู้ใช้ทำการระบุตำแหน่งที่เป็นรอยต่อของชั้นของเหลวในภาพหลอดไมโครฮีมาโตคริต ได้แก่

1. ตำแหน่งที่เป็นรอยต่อระหว่างชั้นเม็ดเลือดแดงอัดแน่น (packed RBC) กับวัสดุคติน้ำมันอุทลลอด (ตำแหน่งที่ 1)
2. ตำแหน่งที่เป็นรอยต่อของชั้นบัฟไฟโคท (buffy coat) กับชั้นเม็ดเลือดแดงอัดแน่น (ตำแหน่งที่ 2)
3. ตำแหน่งที่เป็นรอยต่อของชั้นพลาสมา (plasma) และช่องอากาศที่เหลือของหลอด (ตำแหน่งที่ 3)

เมื่อผู้ใช้ระบุตำแหน่งทั้งสามเสร็จสิ้น แอปพลิเคชันจะทำการคำนวณค่าฮีมาโตคริต (PCV) โดยอัตโนมัติ โดยใช้สมการ $PCV (\%) = (\text{ความยาวของชั้นเม็ดเลือดแดงอัดแน่น} / \text{ความยาวของทุกชั้นรวมกัน}) \times 100$

เมื่อ ความยาวของชั้นเม็ดเลือดแดงอัดแน่น = ตำแหน่งที่ 2 - ตำแหน่งที่ 1 และ

ความยาวของทุกชั้นรวมกัน = ตำแหน่งที่ 3 - ตำแหน่งที่ 1

เมื่อคำนวณค่าฮีมาโตคริต แล้วจะแสดงผลลัพธ์ของค่าฮีมาโตคริตให้ผู้ใช้ทันที

ในโหมด Automatic แอปพลิเคชันจะดำเนินการวัดค่าฮีมาโตคริต แบบอัตโนมัติโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ (AI) ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1. แอปพลิเคชันทำการส่งภาพที่ผู้ใช้เลือกไปยังเครื่องแม่ข่ายผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตด้วยโปรโตคอลแบบ REST API (Representational State Transfer Application Programming Interface) โปรแกรมฝั่งเครื่องแม่ข่ายนี้พัฒนาด้วย Flask ซึ่งเป็นเฟรมเวิร์กสำหรับพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันขนาดเล็กที่ใช้ภาษาไพทอน Python

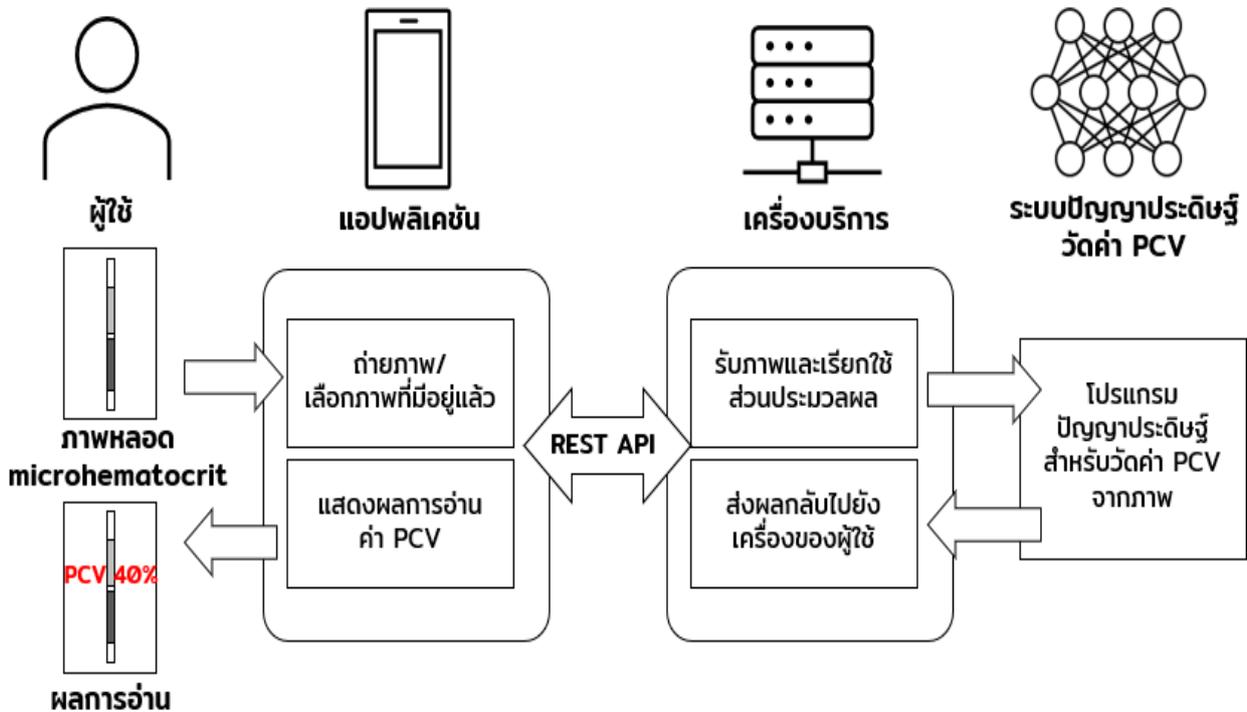
2. เมื่อเครื่องแม่ข่ายได้รับภาพ จะเรียกใช้แบบจำลอง AI เพื่อทำการตรวจจับบริเวณที่เป็นหลอดไมโครฮีมาโตคริต โดยใช้แบบจำลองตรวจจับวัตถุ YOLOv8 ซึ่งได้รับการฝึกให้เรียนรู้เฉพาะสำหรับการรู้จำหลอดไมโครฮีมาโตคริตในสภาพแสงและมุมเอียงที่หลากหลาย

3. หลังจากตรวจจับบริเวณภาพหลอดได้แล้ว ระบบจะใช้แบบจำลอง YOLOv8 ชนิดแบ่งส่วนเชิงวัตถุ (Instance Segmentation) เพื่อแยกบริเวณของภาพหลอดออกเป็นสองส่วน ได้แก่ บริเวณเม็ดเลือดแดงอัดแน่น และบริเวณพลาสมา แบบจำลองดังกล่าวถูกฝึกให้เรียนรู้ จากชุดข้อมูลที่ประกอบด้วยภาพหลอดไมโครฮีมาโตคริตที่มีการเพื่อบุขอบเขตของส่วนต่างๆ ภายในภาพอย่างถูกต้อง

4. เพื่อความแม่นยำในการวัด ระบบจะคำนวณจุดกึ่งกลางของบริเวณเม็ดเลือดแดงและจุดกึ่งกลางของบริเวณพลาสมา แล้วคำนวณหาค่ามุมเอียงของหลอด เมื่อเทียบกับแกน X ของภาพ จากนั้นจึงทำการ หมุนภาพ เพื่อให้ภาพหลอดตั้งตรงในแนวตั้ง

5. หลังจากปรับทิศทางของภาพหลอดเรียบร้อยแล้ว ระบบจะวัดความยาวของบริเวณเม็ดเลือดแดงและความยาวของบริเวณพลาสมาตามแนวแกนตั้ง แล้วคำนวณค่าฮีมาโตคริต ด้วยสมการเดียวกับในโหมด Manual

6. ค่าที่ได้จากการประมวลผลจะถูกส่งกลับไปยังโปรแกรมประยุกต์ (แอปพลิเคชัน) บนอุปกรณ์เคลื่อนที่ และแสดงผลลัพธ์ให้ผู้ใช้ ดังแสดงในรูปที่ 1 ซึ่งแสดงภาพรวมการทำงานของระบบแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้



รูปที่ 1 แสดงภาพรวมการทำงานของโปรแกรมประยุกต์ (แอปพลิเคชัน) บนอุปกรณ์เคลื่อนที่ สำหรับการวัดค่าฮีมาโตคริต

ขั้นตอนการใช้งานของแอปพลิเคชัน

เปิดแอปพลิเคชันแล้วกดปุ่ม continue ทำการเลือกรูปภาพที่จะทำการวัดจากอัลบั้มภาพที่ถูกบันทึกเก็บไว้หรือถ่ายภาพ ณ ใช้งานนั้น แล้วเลือกการคำนวณค่าฮีมาโตคริตได้แบบ Automatic และ Manual

1. แบบ Automatic เป็นการอ่านค่าโดยโปรแกรมจะกำหนดจุดตัดที่จะอ่านได้ด้วยตัวเอง สามารถเลือกรูปภาพแล้วแอปพลิเคชันจะทำการคำนวณค่าฮีมาโตคริตออกมาได้เลย จะมีปุ่ม save สามารถบันทึกรูปภาพไว้ในสมาร์ตโฟนได้

2. แบบ Manual เป็นการอ่านค่าโดยผู้ใช้งานต้องลากเส้นกำหนดจุดตัดที่จะอ่านได้ด้วยตัวเอง ผู้ใช้งานสามารถเลือกรูปภาพที่ต้องการคำนวณ และสามารถกดขยายรูปภาพให้เห็นรายละเอียดภาพเพื่อกำหนดจุดตัดเส้นให้แม่นยำหรือหมุนรูปภาพตามที่เราต้องการกรณีภาพถ่ายเอียงได้

เมื่อได้ภาพที่พร้อมใช้งาน สามารถเริ่มขั้นตอนตามนี้

2.1 กดปุ่ม 0% เพื่อให้เส้นวัด 0% ปรากฏและลากให้เส้นไปอยู่ตรงรอยต่อระหว่างดินน้ำมันกับขอบล่างชั้นเม็ดเลือดแดงอัดแน่น (Packed cell volume; PCV)

2.2 กดปุ่ม 100% เพื่อให้เส้นวัด 100% ปรากฏและลากให้เส้นไปอยู่ตรงปลายสุดของชั้นพลาสมาที่ติดกับชั้นอากาศ

2.3 กดปุ่ม PCV เพื่อให้เส้นวัด PCV ปรากฏและลากให้เส้นไปอยู่ตรงรอยต่อระหว่างขอบบนชั้น PCV กับขอบล่างชั้นบัพไฟโคต ซึ่งเป็นชั้นของเกล็ดเลือดและเม็ดเลือดขาว

2.4 กดปุ่ม Next เพื่อให้ระบบทำการคำนวณค่าฮีมาโตคริต

2.5 กดปุ่ม save เพื่อให้ระบบบันทึกรูปภาพไว้ในสมาร์ตโฟน

อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษา

1. เครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติรุ่น Sysmex XN1000 ประเทศญี่ปุ่น
2. เครื่องปั่น Hematocrit รุ่น M19PII บริษัท Elektro-mag ประเทศฝรั่งเศส
3. Hematocrit Reader

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาความสามารถในการอ่านค่าปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่นในตัวอย่างที่มีค่าในระดับต่าง ๆ

เจาะเลือดอาสาสมัครใส่หลอด EDTA จำนวน 3 ราย ระบาย 10 มิลลิลิตร นำมาปรับให้ค่าฮีมาโตคริต อยู่ในระดับ 20-25%, 40-45% และ 60-65% โดยใช้พลาสมาและเม็ดเลือดแดงในการปรับตามอัตราส่วนที่เหมาะสม [3] นำเลือดใส่หลอด Capillary tube ให้ได้ปริมาณ $\frac{3}{4}$ ของหลอด นำไปปั่นที่ระดับความเร็ว 12,000 รอบ/นาที เป็นเวลา 5 นาที แล้วอ่านค่าฮีมาโตคริต โดยใช้แอปพลิเคชันเปรียบเทียบกับวิธีที่อ่านค่าโดยเทียบระยะกับแผ่นอ่านค่าเม็ดเลือดแดงอัดแน่น (Hematocrit reader) โดยวางหลอดแก้วแคปิลลารีที่ปั่นเสร็จแล้ว โดยให้รอยต่อระหว่างดินน้ำมันกับชั้นล่างของเม็ดเลือดแดงที่อัดแน่นอยู่ตรงตำแหน่ง 0 และ “ผิวเว้าของพลาสมา” (concave meniscus) ให้อยู่ในตำแหน่ง 100 ของแผ่นอ่านค่าเม็ดเลือดแดงอัดแน่น อ่านค่าที่ตำแหน่งขอบบนชั้นเม็ดเลือดแดงที่อัดแน่น รายงานเป็นเปอร์เซ็นต์ และเปรียบเทียบค่าที่ตรวจวัดจากเครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติ รุ่น Sysmex XN 1000 สามารถรายงานค่านี้ได้โดยการคำนวณจากค่าเฉลี่ยปริมาตรของเม็ดเลือดแดง (mean corpuscular volume, MCV) และจำนวนเม็ดเลือดแดง (Red blood cell count, RBC) โดยใช้สูตร

$$\text{Hct (\%)} = \text{MCV (fL)} \times \text{RBC} (\times 10^6/\mu\text{L})$$

1.1 ทดสอบความแม่นยำโดยโดยจำลองค่าฮีมาโตคริต ด้วยการใช้หลอด Capillary tube สามช่วงค่า ได้แก่ 20-25%, 40-45% และ 60-65% ช่วงละ 20 หลอด ทำการอ่านผลโดยใช้แอปพลิเคชัน และ Hematocrit reader จำนวนหลอดละ 2 ครั้ง จากนั้นทำการคำนวณค่าร้อยละความคลาดเคลื่อน (% bias) และประเมินความแม่นยำของระบบตามเกณฑ์มาตรฐาน CLIA Acceptable Test Performance Criteria ซึ่งกำหนดให้ค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 4% [4]

$$\%bias = \frac{\text{true value} - \text{measured value}}{\text{true value}} \times 100$$

1.2 ทดสอบความเที่ยงตรงโดยจำลองค่าฮีมาโตคริต ด้วยการใช้หลอด Capillary tube สามช่วงค่า ได้แก่ 20-25%, 40-45% และ 60-65% ช่วงละ 1 หลอด ทำการอ่านผลโดยใช้แอปพลิเคชัน และ Hematocrit reader จำนวนหลอดละ 20 ครั้ง จากนั้นทำการคำนวณค่าร้อยละความแปรปรวนสัมพัทธ์ (% Coefficient of Variation: CV) เพื่อประเมินความเที่ยงตรงภายในชุดการทดสอบเดียวกัน (within-run precision) โดยอ้างอิงตามเกณฑ์ CLIA Acceptable Test Performance Criteria ซึ่งกำหนดให้ค่าร้อยละความแปรปรวนสัมพัทธ์ (within-run %CV) ต้องไม่เกิน 0.25 เท่าของค่าความคลาดเคลื่อนรวมที่ยอมรับได้ (Allowable Total Error) [5-6]

$$\%CV = \frac{SD}{\text{Mean}} \times 100$$

2. ศึกษาความสามารถในการอ่านค่าปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่นในตัวอย่างที่มีเม็ดเลือดแดงแตก (Hemolysis) [7]

เจาะเลือดอาสาสมัครใส่หลอด EDTA จำนวน 10 มิลลิลิตร โดยนำเลือด 8 มิลลิลิตร ไปปั่นให้พลาสมา แยกส่วนเลือดที่เหลือ 2 มิลลิลิตร แช่แข็งที่ 0 องศา 30 นาที เพื่อให้เม็ดเลือดแดงแตกจากนั้นเติมพลาสมานั้นลงในพลาสมาปกติที่แยกส่วนไว้ ปรับให้พลาสมาที่ผสมมีระดับสีเม็ดเลือดแดงแตกเป็น 1+, 2+, 3+, 4+ วัดเทียบกับระดับสายตาโดยใช้ Hemolysis grading chart [7] จากนั้นนำเลือดใส่หลอด Capillary tube ให้ได้ ¾ ของหลอด บั่นที่ระดับความเร็ว 12,000 รอบ/นาที เป็นเวลา 5 นาที แล้วอ่านค่าฮีมาโตคริตโดยใช้แอปพลิเคชันเปรียบเทียบกับวิธี Hematocrit reader และเครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติ

3. ศึกษาความสามารถในการอ่านค่าปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่นในตัวอย่างที่มีความขุ่นหรือใส

นำเลือดที่เหลือใช้ของห้องปฏิบัติการ โรงพยาบาลยะลาสิริรัตนรักษ์ ที่มีความขุ่นตามระดับ 1+, 2+, 3+, 4+ วัดเทียบกับระดับสายตาโดยใช้ Lipemic serum grading [8] นำเลือดใส่หลอด Capillary tube ให้ได้ ¾ ของหลอด บั่นที่ระดับความเร็ว 12,000 รอบ/นาที เป็นเวลา 5 นาที แล้วอ่านค่าฮีมาโตคริตโดยใช้แอปพลิเคชันเปรียบเทียบกับวิธี Hematocrit reader และจากเครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติ

4. ศึกษาความสามารถในการอ่านค่าปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่นในกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างเป็นเลือดที่เหลือใช้จากงานประจำวัน จำนวน 171 ราย เป็นผู้มาใช้บริการโรงพยาบาลยะลาสิริรัตนรักษ์ในเวลาราชการ ตั้งแต่เดือน พฤษภาคม ถึง เดือน กรกฎาคม 2567 โดยใช้เลือดจากหลอด EDTA ที่เหลือจากการตรวจ CBC นำหลอด Capillary tube ดูดเลือดให้ได้ ¾ ของหลอด บั่นที่ระดับความเร็ว 12,000 รอบ/นาที เป็นเวลา 5 นาที แล้วอ่านค่าฮีมาโตคริตโดยใช้แอปพลิเคชันเปรียบเทียบกับวิธี Hematocrit reader และจากเครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติ แล้วนำข้อมูลที่ได้ทั้ง 3 วิธีมาเปรียบเทียบหาความสัมพันธ์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลดังกล่าว ให้นักเทคนิคการแพทย์จำนวน 2 คน เป็นผู้อ่านค่าผลจากทั้ง 3 วิธีการตรวจวัด โดยแยกดำเนินการอย่างอิสระจากกัน เพื่อประเมินระดับความสอดคล้องของผลลัพธ์ที่ได้รับ

5. ประเมินความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชันสำหรับการตรวจหาค่าปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่น

แบบประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานแอปพลิเคชัน แบ่งเป็น 4 ด้าน ได้แก่ 1. ข้อมูลทั่วไป 2. ความสะดวกในการใช้งาน 3. การทำงานของแอปพลิเคชัน 4. ความสอดคล้องในการใช้งาน

เครื่องมือฉบับนี้ผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) โดยใช้ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ (Index of Item-objective Congruence: IOC)[9-10] โดยอาศัยความเห็นจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ซึ่งประกอบด้วย อาจารย์ผู้สอนสาขาโลหิตวิทยาและนักเทคนิคการแพทย์ที่มีประสบการณ์

โดยเกณฑ์ในการให้คะแนนประกอบด้วย

+1 หมายถึง สอดคล้องกับวัตถุประสงค์

0 หมายถึง ไม่สามารถวินิจฉัยได้ว่าข้อคำถามสอดคล้องกับวัตถุประสงค์หรือไม่

-1 หมายถึง ไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์

$$\text{สูตรในการคำนวณ IOC} = \frac{\sum R}{N}$$

IOC คือ ความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์กับแบบทดสอบ

$\sum R$ คือ ผลรวมของคะแนนจากผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

N คือ จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

เกณฑ์การแปลความหมายของค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ (Index of Item-objective Congruence: IOC) มีดังนี้

ค่า IOC มากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 แสดงว่าข้อคำถามนั้นสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ สามารถนำไปใช้สร้างแบบสอบถามได้

ค่า IOC น้อยกว่า 0.5 แสดงว่าควรทำการปรับปรุงแก้ไขหรือตัดออกจากเครื่องมือ

จากนั้นจึงนำแบบประเมินไปทดลองใช้งานในกลุ่มที่มีคุณสมบัติคล้ายคลึงกับกลุ่มตัวอย่างที่ต้องการศึกษา ก่อนนำไปใช้กับผู้สนใจทดลองใช้งานแอปพลิเคชันจริง ซึ่งแบ่งเป็นบุคลากรในหอปฏิบัติการณ์ในโรงพยาบาล จำนวน 5 แห่ง และบุคลากรในหอผู้ป่วย 3 แห่งโดยเกณฑ์การประเมินความพึงพอใจต่อแอปพลิเคชันใช้รูปแบบมาตรฐานส่วนประมาณค่า (Rating scale) 5 ระดับ ดังนี้

5	หมายถึง	ดีมาก
4	หมายถึง	ดี
3	หมายถึง	ปานกลาง
2	หมายถึง	น้อย
1	หมายถึง	ควรปรับปรุง

การวิเคราะห์ข้อมูล

แบ่งเป็น 3 หมวด ได้แก่ 1. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ 2. การวิเคราะห์ความพึงพอใจ และ 3. การแปลผลคะแนนเฉลี่ย โดยข้อมูลที่ได้จะวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม SPSS เวอร์ชัน 17.0

1. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของผลการตรวจ ดำเนินการโดยใช้สถิติสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ Pearson correlation (r), สถิติสหสัมพันธ์ภายในชั้น (ICC) และความเชื่อมั่น 95%

2. การประเมินความสอดคล้องระหว่างวิธีการวัด ใช้การวิเคราะห์กราฟ Bland-Altman plot โดยแสดงขอบเขตความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ที่ช่วง ± 1.96 เท่าของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (± 1.96 SD)

3. ผลการประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานแอปพลิเคชัน จะนำมาคำนวณค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก (Weighted Mean) รายข้อ และแปลผลโดยใช้เกณฑ์สัมบูรณ์ตามแนวทางของเบสต์ [11] ดังนี้

สูตรสำหรับการประเมินระดับความพึงพอใจของแบบสอบถาม

$$\text{คะแนนเฉลี่ย} = \frac{5(n_5)+4(n_4)+3(n_3)+2(n_2)+1(n_1)}{N}$$

โดยที่ N = จำนวนผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมดในข้อนั้น

n_5, n_4, \dots, n_1 = จำนวนผู้ตอบแบบสอบถามที่เลือกคะแนนระดับ 5 ถึง 1 ตามลำดับ

ผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาความสามารถในการอ่านค่าปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่นในตัวอย่างที่มีค่าในระดับต่าง ๆ

ในการศึกษานี้คณะผู้วิจัยได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพการอ่านค่าฮีมาโตคริต โดยใช้แอปพลิเคชันหาความแม่นยำ (Accuracy) คำนวณผลต่าง % bias ของค่าฮีมาโตคริต พบว่าเท่ากับ -2.4, -2.1 และ -2.2 ดังแสดงในตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่าแอปพลิเคชันในการอ่านค่าฮีมาโตคริตมีความถูกต้อง

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพแอปพลิเคชันในการอ่านค่าปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่นโดยดูจากความแม่นยำ (Accuracy) (n = 20)

การเปรียบเทียบค่าปริมาณเม็ดเลือดแดงที่อ่านได้ (%) (เฉลี่ย)							
ความเข้มข้นของ ค่าฮีมาโตคริต (%)	Microhematocrit reader		Mean \pm SD	แอปพลิเคชัน		Mean \pm SD	ร้อยละความ แตกต่าง (% bias)
	คนที่ 1	คนที่ 2		คนที่ 1	คนที่ 2		
20-25	23.1	23.0	23.1 \pm 0.2	23.5	23.8	23.7 \pm 0.4	-2.4
40-45	44.3	44.3	44.3 \pm 0.4	45.1	45.3	45.2 \pm 0.8	-2.1
60-65	63.1	63.1	63.1 \pm 0.2	64.5	64.4	64.5 \pm 0.7	-2.2

เมื่อนำค่าที่ตรวจวัดได้ไปคำนวณหาตัวร้อยละสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (%CV) ของค่าปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่นทั้ง 3 ระดับ เท่ากับ 0.9, 1.3 และ 0.8 ดังแสดงในตารางที่ 2 แสดงว่าแอปพลิเคชันในการอ่านค่าฮีมาโตคริตมีความเที่ยงตรงในการวัด

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันในการอ่านปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่นโดยดูจากความเที่ยงตรง (Precision) วิธี Within run (n= 20)

Within run		
ค่าปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่น (%)	Mean ± SD	% CV
20-25	24.2 ± 0.2	0.9
40-45	44.0 ± 0.6	1.3
60-65	63.7 ± 0.5	0.8

2. ผลการศึกษาความสามารถในการอ่านค่าปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่นในตัวอย่างที่มีเม็ดเลือดแดงแตก (Hemolysis)

ผลการอ่านค่าฮีมาโตคริตตัวอย่างเลือดที่มี Hemolysis 1+, 2+, 3+, 4+ นั้น ปรากฏว่าแอปพลิเคชัน วิธีไมโครฮีมาโตคริตและเครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติ สามารถอ่านค่าได้ดังแสดงในตารางที่ 3 แสดงถึงประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันในการอ่านค่าฮีมาโตคริตของตัวอย่างที่ Hemolysis ได้จนถึงระดับการแตกของเม็ดเลือดแดงที่ระดับ 4+ เช่นเดียวกับแอปพลิเคชันและการอ่านค่าโดยใช้ Microhematocrit reader

ตารางที่ 3 ผลการอ่านค่าปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่นในตัวอย่างที่มี Hemolysis โดยใช้แอปพลิเคชัน Hematocrit reader และ เครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติ (n = 4)

Hemolysis	ค่าเฉลี่ยปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่น (%)									
	Microhematocrit reader		เฉลี่ย Sysmex XN1000*	แอปพลิเคชัน						
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 1 โหมต Automatic	ครั้งที่ 2 โหมต Automatic	เฉลี่ย	ครั้งที่ 1 โหมต Manual	ครั้งที่ 2 โหมต Manual	เฉลี่ย	
			ครั้งที่ 1							ครั้งที่ 2
1+	34.0	33.0	33.5	33.7	34.5	34.6	34.6	34.4	36.7	35.5
2+	24.0	24.0	24.0	24.7	24.9	24.4	24.7	24.4	23.6	24.0
3+	27.0	27.0	27.0	27.9	28.4	27.4	27.9	27.3	27.5	27.4
4+	32.0	32.0	32.0	34.4	34.0	32.7	33.3	32.9	33.2	33.1

หมายเหตุ : * เครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติ Sysmex XN1000

3. ผลการศึกษาความสามารถในการอ่านค่าปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่นในตัวอย่างที่มีความขุ่นหรือใส

การทดสอบประสิทธิภาพในการอ่านค่าฮีมาโตคริตในตัวอย่างที่มีความขุ่นใสในระดับ 1+ ถึง 4+ พบว่าแอปพลิเคชันและการอ่านค่าโดยใช้ Microhematocrit reader สามารถอ่านค่าได้จนถึงตัวอย่างเลือดที่มีความขุ่นถึงระดับ 4+ ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ตารางบันทึกผลการอ่านค่าปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่นที่มีความขุ่นหรือใสโดยใช้แอปพลิเคชัน Hematocrit reader และ เครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติ (n = 4)

ระดับ ความ ขุ่น/ใส	ค่าปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่น (%)									
	Microhematocrit reader		เฉลี่ย	Auto Matic	แอปพลิเคชัน					
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2
			อัตโนมัติ	อัตโนมัติ				มือถือ	มือถือ	เฉลี่ย
1+	47.0	47.0	47.0	47.3	47.7	48.1	47.9	48.0	47.4	47.7
2+	47.0	47.0	47.0	47.7	47.3	47.4	47.4	47.2	47.2	47.2
3+	42.0	43.0	42.5	41.7	43.3	42.8	43.0	42.8	42.5	42.7
4+	45.0	45.0	45.0	48.4	45.8	46.1	45.9	46.2	45.7	45.9

4. ผลการศึกษาความสามารถในการอ่านค่าปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่นในกลุ่มตัวอย่าง

จากตารางที่ 5 ผลการเปรียบเทียบค่าฮีมาโตคริตที่ได้จากแอปพลิเคชันกับค่าที่อ่านจากผู้เชี่ยวชาญในกลุ่มตัวอย่างเลือดจำนวน 171 ราย พบว่าค่าดังกล่าวมีความสัมพันธ์เชิงเส้นในระดับสูงมาก โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (r) เท่ากับ 0.993 และนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.001) นอกจากนี้ การวิเคราะห์ค่าความตรงกันในระดับสูงมากกับผู้เชี่ยวชาญ โดยมีค่า ICC เท่ากับ 0.993 (ช่วงความเชื่อมั่น 95% ที่ 0.987-0.996) การวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนโดยใช้กราฟ Bland-Altman พบว่าค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเข้าใกล้ศูนย์และส่วนใหญ่ของข้อมูลอยู่ภายในช่วง ±1.96 SD ซึ่งบ่งชี้ว่าแอปพลิเคชันสามารถอ่านค่าปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่นได้ใกล้เคียงกับการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 5 ตารางแสดงวิธีการเปรียบเทียบสถิติสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ Pearson correlation (r) และสถิติสหสัมพันธ์ภายในชั้น (ICC) (n = 171)

Method	r	ICC	95% CI	P
Auto vs HCT	0.990	0.995	(0.993-0.996)	<0.001**
Manual vs HCT	0.990	0.995	(0.993-0.996)	<0.001**
Automatic vs Automate	0.974	0.987	(0.982-0.990)	<0.001**
Manual vs Automate	0.973	0.986	(0.981-0.990)	<0.001**
Automatic vs Manual	0.992	0.996	(0.994-0.997)	<0.001**
HCT vs Automate	0.981	0.990	(0.987-0.993)	<0.001**

หมายเหตุ : ** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed)

Auto = Application Automatic mode

Manual = Application Manual mode

HCT = Hematocrit reader

Automate = เครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติ รุ่น Sysmex XN1000

5. ผลการประเมินความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชันสำหรับการตรวจหาค่าปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่น

ผลการประเมินความพึงพอใจต่อการทดลองใช้แอปพลิเคชันในการอ่านค่าฮีมาโตคริตโดยให้ผู้ที่สนใจทดลองใช้แอปพลิเคชันนี้จากห้องปฏิบัติการ 5 แห่ง หอผู้ป่วยและโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลจำนวน 3 แห่ง โดยผลการประเมินประกอบด้วย 1. ด้านความสะดวกในการใช้งาน 2. ด้านการทำงานของแอปพลิเคชัน และ 3. ด้านความสัมพันธ์ในการใช้งานแอปพลิเคชัน โดยรวมเฉลี่ยอยู่ที่ 4.43 ± 0.64

ตารางที่ 6 ผลการประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานเครื่องต้นแบบสำหรับอ่านค่าปริมาณเม็ดเลือดแดงอัดแน่น (n=8)

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย \pm SD	การแปลความหมาย
ด้านความสะดวกในการใช้งาน		
1. สะดวกต่อการใช้งาน	4.38 \pm 0.74	ดี
2. สะดวกในการพกพาสำหรับใช้งาน	4.75 \pm 0.46	ดีมาก
3. มีความง่ายต่อการใช้งาน	4.63 \pm 0.52	ดีมาก
4. แอปพลิเคชันมีความรวดเร็วต่อการวัดค่า	4.38 \pm 0.74	ดี
5. ค่าที่วัดได้จากแอปพลิเคชันมีความถูกต้องเมื่อเทียบกับวิธีมาตรฐาน	4.50 \pm 0.53	ดี
6. รูปแบบการทำงานของแอปพลิเคชันมีความน่าสนใจ	4.50 \pm 0.53	ดี
7. แอปพลิเคชันนี้เหมาะแก่การนำไปใช้	4.50 \pm 0.53	ดี
8. มีประโยชน์ต่อผู้ใช้งาน	4.63 \pm 0.52	ดีมาก
9. มีความปลอดภัยต่อผู้ใช้งาน	4.50 \pm 0.76	ดี

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย \pm SD	การแปลความหมาย
ด้านการทำงานของแอปพลิเคชัน		
1. องค์ประกอบของแอปพลิเคชันครบถ้วน	4.00 \pm 0.93	ดี
2. ตำแหน่งองค์ประกอบการทำงานของแอปพลิเคชันมีความเหมาะสม	4.50 \pm 0.53	ดี
3. ตัวเลขแสดงค่าปริมาณเม็ดเลือดแดงมีความชัดเจน อ่านง่าย	4.50 \pm 0.53	ดี
4. คำสั่งของแอปพลิเคชันใช้งานง่าย	4.38 \pm 0.74	ดี
5. โหมดการอ่านค่าแบบ Automatic ใช้งานง่าย	4.50 \pm 0.53	ดี
6. โหมดการอ่านค่าแบบ Manual ใช้งานง่าย	3.75 \pm 0.89	ดี
7. ท่านชอบการทำงานของทั้ง 2 โหมด	4.25 \pm 0.71	ดี
ด้านความสัมพันธ์ในการใช้งาน		
1. แอปพลิเคชันมีความรวดเร็วในการตอบสนองต่อการใช้งาน	4.63 \pm 0.52	ดี
2. มีเมนูให้ใช้งานได้สะดวกและครบถ้วน	4.50 \pm 0.76	ดี
3. แต่ละเมนูบนแอปพลิเคชันมีความสัมพันธ์กัน	4.38 \pm 0.74	ดี
4. มีความพึงพอใจโดยรวมต่อการใช้งานแอปพลิเคชันนี้	4.50 \pm 0.53	ดี

อภิปรายผล

ผลการประเมินประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันในการอ่านค่าปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัตโนมัติพบว่าความแม่นยำของค่าฮีมาโตคริต 3 ระดับ เท่ากับ -2.4, -2.1 และ -2.2 ตามลำดับ และการทดสอบความเที่ยงตรง พบว่าค่าร้อยละสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (%CV) ของค่าฮีมาโตคริตทั้ง 3 ระดับ เท่ากับ 0.9, 1.3 และ 0.8 ตามลำดับ ซึ่งค่าผลต่าง % Bias และ %CV อยู่ในเกณฑ์ของ CLIA Acceptable Test Performance Criteria ถ้าผลต่าง %Bias และ %CV เกินกว่าค่าที่กำหนดอาจส่งผลให้เกิดความผิดพลาดที่จะเกิดขึ้นในกระบวนการรักษาผู้ป่วยได้ และเมื่อนำไปทดสอบการตรวจหาค่าฮีมาโตคริตในตัวอย่างตรวจที่มี Hemolysis โดยใช้อาสาสมัครเพียงคนเดียว พบว่า แอปพลิเคชันสามารถอ่านค่าได้ที่ตัวอย่างที่มี Hemolysis 4+ เช่นเดียวกับ Microhematocrit reader ในการอ่านผล ส่วนการคำนวณโดยใช้เครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติ นั้นสามารถรายงานผลได้ เมื่อนำไปทดสอบในตัวอย่างที่มีความขุ่นใสคัดจากผู้มาใช้บริการห้องปฏิบัติการโรงพยาบาลยะลาสิริรัตนรักษ์ระดับความขุ่นละ 1 ตัวอย่าง พบว่า แอปพลิเคชันทั้งโหมด Automatic และโหมด Manual สามารถอ่านค่าได้ในตัวอย่างที่มีความขุ่นตั้งแต่ 1+ ถึง 4+ ได้ทั้ง 3 วิธี ส่วนความขุ่นระดับ 4+ แอปพลิเคชันโหมด Automatic และโหมด Manual สามารถอ่านค่าได้ใกล้เคียงกับวิธี Microhematocrit reader แต่เครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติคำนวณค่าปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัตโนมัติได้สูงกว่า 2 วิธี เนื่องจากค่าที่ได้จากเครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัตินั้นคำนวณค่าจากเลือดครบส่วน ทั้งนี้ ภาวะเม็ดเลือดแดงแตกและในตัวอย่างที่มีความขุ่นใสอาจทำให้ผลการตรวจคลาดเคลื่อนของค่าฮีมาโตคริตได้

จากการทดสอบในการอ่านค่าฮีมาโตคริตโดยใช้แอปพลิเคชันโดยใช้สมาร์ตโฟนระบบ Android รุ่น vivo 1906 Android เวอร์ชัน 11 มีการทำงานในการประมวลผลตรวจเร็ว เหมาะแก่การพกพาไปได้ทุกที่ การถ่ายภาพในการอ่านค่าฮีมาโตคริตโดยใช้แอปพลิเคชันนี้จำเป็นต้องถ่ายภาพในมุมตรง เพื่อให้แอปพลิเคชันคำนวณหาฮีมาโตคริตได้แม่นยำขึ้น การอ่านค่าในตัวอย่างที่ศึกษามีทั้งหมด 2 โหมด คือ โหมด Automatic และโหมด Manual ซึ่งโหมด Manual นั้นสามารถใช้งานได้เมื่อผู้ทดสอบไม่มีอินเทอร์เน็ตหรือเมื่อระบบเซิร์ฟเวอร์เกิดการขัดข้องและยังสามารถเก็บรูปภาพเพื่อนำมาวัดค่าฮีมาโตคริตภายหลังได้ ในการอ่านค่าฮีมาโตคริตโดยใช้แอปพลิเคชัน อ่านค่าโดยใช้ Microhematocrit reader และคำนวณโดยใช้เครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติ มาเปรียบเทียบกันเพื่อทดสอบดูค่าของ

ผลสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์โดยใช้สถิติ Pearson correlation หาความสัมพันธ์ในการวัดค่าปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่น ทั้ง 3 วิธี ผลที่ได้มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.71-1.00 แสดงให้เห็นถึงการมีความสัมพันธ์กันสูง บ่งบอกว่าแอปพลิเคชันนี้ สามารถนำมาใช้ในการอ่านค่าปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่นที่ให้ความน่าเชื่อถือได้ เมื่อทดสอบสถิติสหสัมพันธ์ภายใน ชั้น (ICC) ผลที่ได้มีค่าใกล้เคียง 1 คือการทดสอบมีความสอดคล้องกันสูง เมื่อนำไปทดสอบเพื่อหาความสอดคล้องกันโดยใช้หลักการ Bland-Altman analysis จากกราฟพบว่าข้อมูลส่วนมากอยู่ในช่วง Limits of agreement แสดงให้เห็นว่าการอ่านค่าปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่นโดยใช้แอปพลิเคชันทั้งโหมด Automatic และโหมด Manual สามารถนำไปใช้แทนการอ่านค่าโดยวิธีไมโครฮีมาโตคริต และจากเครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติได้

จากการประเมินความพึงพอใจต่อการทดลองใช้แอปพลิเคชันในการอ่านค่าฮีมาโตคริตนั้น โดยแบ่งเป็นด้าน ข้อมูลทั่วไป ด้านความสะดวกในการใช้งาน ด้านการทำงานของแอปพลิเคชัน และด้านความสัมพันธ์ในการใช้งาน จากแบบสอบถามความพึงพอใจ พบว่าผู้ใช้งานส่วนใหญ่ให้คะแนนระดับมาก

ข้อจำกัดในการใช้งานของแอปพลิเคชัน คือ อาจเกิดความล่าช้าในการประมวลผลเมื่อเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ไม่เสถียร อย่างไรก็ตาม ในกรณีดังกล่าวยังสามารถใช้งานในโหมดแมนนวลได้ และในอนาคตมีแผนการพัฒนาระบบให้สามารถส่งข้อมูลจากภาคสนามไปยังระบบส่วนกลางเพื่อการดูแลรักษาได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น และอนาคตจะพัฒนาให้สามารถใช้ได้ทั้งระบบ IOS และ Android

สรุปผลการวิจัย

ในการศึกษานี้ คณะผู้วิจัยได้ทดสอบประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันสำหรับอ่านค่าปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่น โดยประเมินความแม่นยำ (Accuracy) จากการคำนวณร้อยละความคลาดเคลื่อน (%Bias) ในตัวอย่างเลือดระดับต่าง ๆ ผลการศึกษาเปรียบเทียบแสดงให้เห็นว่าแอปพลิเคชันสามารถอ่านค่าได้ถูกต้องใกล้เคียงกับวิธีการมาตรฐาน ได้แก่ วิธีไมโครฮีมาโตคริต

เมื่อประเมินค่าความเที่ยงตรง (Precision) ด้วยการคำนวณค่าร้อยละสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (%CV) ในตัวอย่างเลือดที่มีค่าฮีมาโตคริต 3 ระดับ พบว่าแอปพลิเคชันมีค่าความแปรปรวนในระดับต่ำ แสดงถึงความสม่ำเสมอของผลการอ่าน นอกจากนี้ยังสามารถใช้อ่านค่าฮีมาโตคริตในตัวอย่างที่มีภาวะ Hemolysis และความขุ่นได้

จากการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ด้วยสถิติ Pearson correlation พบว่าค่าที่ได้จากการอ่านโดยแอปพลิเคชันทั้งในโหมด Automatic และโหมด Manual มีความสัมพันธ์กับค่าที่อ่านด้วยวิธี microhematocrit method และค่าที่ได้จากเครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติในระดับสูง (ความสัมพันธ์ใกล้เคียง 1) ผลการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในชั้น (Intraclass Correlation Coefficient: ICC) ยังแสดงให้เห็นว่าค่าที่วัดจากแอปพลิเคชันทั้งสองโหมดมีความสอดคล้องกันสูงกับค่ามาตรฐานโดยมีค่า ICC ใกล้เคียง 1 เมื่อนำค่าฮีมาโตคริตที่ได้จากทุกวิธีมาเปรียบเทียบ พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.001$) ซึ่งแสดงถึงความสอดคล้องกันสูง

ผลการวิเคราะห์ Bland-Altman พบว่าค่าที่วัดจากแอปพลิเคชันทั้งโหมดอัตโนมัติและโหมดแมนนวล อยู่ในช่วงขอบเขตความเชื่อมั่น (Limit of agreement) เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีไมโครฮีมาโตคริตและเครื่องวิเคราะห์เม็ดเลือดอัตโนมัติ แสดงว่าแอปพลิเคชันสามารถใช้งานได้ในระดับที่ใกล้เคียงกัน

เมื่อทดลองนำแอปพลิเคชันไปใช้ในหอผู้ป่วยและห้องปฏิบัติการอื่น พบว่าผู้ใช้งานมีความพึงพอใจต่อการใช้งานอยู่ในช่วงระดับดี โดยมีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมากในทุกด้าน

ข้อเสนอแนะ

1. ก่อนใช้แอปพลิเคชันในการคำนวณค่าฮีมาโตคริตควรเช็คสัญญาณอินเทอร์เน็ตให้พร้อมใช้งาน
2. เนื่องจากผู้ดูแลระบบอาจจะอยู่ไกลจากผู้ทดลองใช้งานแอปพลิเคชัน อาจทำให้ในการวัดค่าปริมาณเม็ดเลือดแดงอัตโนมัติเกิดการประมวลผลได้ช้าบ้าง

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ให้ความกรุณาเป็นผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจสอบเครื่องมือวิจัยและให้คำแนะนำทำให้ดำเนินการวิจัยจนสำเร็จ ขอขอบคุณอาสาสมัครทุกคนที่มีส่วนร่วมกับงานวิจัยในครั้งนี้และขอขอบคุณโรงพยาบาลยะลาสิริรัตนรักษ์ที่เป็นสถานที่ทำวิจัยให้สำเร็จไปได้ด้วยดี และผู้วิจัยขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัยและคณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวรที่สนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้ จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

เอกสารอ้างอิง

- [1] The Thai Society of Hematology. Self-interpretation of complete blood count results [Internet]. [cited 2023 Feb 28]. Available from: <http://www.tsh.or.th/Knowledge/Details/34>. (In Thai)
- [2] Erythrocytosis [Internet]. Cleveland Clinic; 2022 [cited 2.25 Apr 8]. Available from: <https://my-clevelandclinic-org.translate.google/health/diseases/23468>.
- [3] Bull BS, Fujimoto K, Houwen B, Klee G, van Hove L, van Assendelft OW, et al. International Council for Standardization in Haematology (ICSH) recommendations for “surrogate reference” method for the packed cell volume. Lab Hematol [Internet]. 2003 [cited 2022 Oct 2];9(1):1–9. Available from: <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=b450bdb0a58a54bae00e81f7e670b413e47a795c>.
- [4] CLIA Acceptable Test Performance Criteria [Internet]. [cited 2023 Feb 27]. Available from: <http://www.clinlabnavigator.com/clia-acceptable-test-performance-criteria.html>.
- [5] Ngamman S. Evaluation of CBC analysis performance using Sigma metric of Sysmex XT2000i automated hematology analyzer at Charoenkrung Pracharak Hospital (Research report). Bangkok: Charoenkrung Pracharak Hospital; 2014. (In Thai)
- [6] Oosterhuis WP. Gross overestimation of total allowable error based on biological variation. Clin Chem. 2011;57(9):1334-6. doi: 10.1373/clinchem.2011.165308. Available from: <https://academic.oup.com/clinchem/article/57/9/1334/5620979?login=false>
- [7] Visual grading for serum and plasma. Color images [Internet]. [cited 2024 Feb 27]. Available from: www.liebertpub.com/bio.
- [8] Lipemic images – Browse stock photos, vectors, and videos [Internet]. Adobe Stock. [cited 2025 Feb 7]. Available from: <https://stock.adobe.com/th/search?k=lipemic>. (In Thai)

- [9] Asst. Prof. Surapong Kongsat and Thirachart Thamwong. Determining the content validity of questionnaires (IOC) [Internet]. 2008 [cited 2023 Feb 28]. Available from: <https://www.mcu.ac.th/article/detail/14329>. (In Thai)
- [10] Index of Item-Objective Congruence (IOC) [Internet]. [cited 2023 Feb 28]. Available from: <https://www.sites.google.com/site/prapasara/26?tmpl=%2Fsystem%2Fapp%2Ftemplates%2Fprint%2F&showPrintDialog=1>.
- [11] Gebretsadkan G. The comparison between microhematocrit and automated methods for hematocrit determination. *Int J Blood Res Disord* [Internet]. 2015 [cited 2022 Oct];2(1). Available from: <https://clinmedjournals.org/articles/ijbrd/ijbrd-2-012.pdf>.
- [12] Foxbith. 10 most popular programming languages in 2024 [Internet]. Bangkok: Foxbith; 2024 Feb 8 [cited 2024 Sep 7]. Available from: <https://www.foxbith.com/blog/languages-for-software-development>. (In Thai)