

นิพนธ์ต้นฉบับ

Original Article

Development and Evaluation of an Online Proficiency Testing System for Malaria Microscopy Diagnosis using Digital Blood Film Photography Innovation

Patcharida Boondej

Ponlawat Ruangsirarak

Rungniran Sugaram

Division of Vector Borne Diseases, Department of Disease Control

Received: February 21, 2026 | Revised: April 24, 2026 | Accepted: May 18, 2026

Abstract

This research aimed to develop and evaluate an online proficiency testing system for microscopic malaria diagnosis, utilizing digital photography innovations of actual blood films, and to assess the agreement between the online and conventional assessment methods. The sample consisted of 94 laboratory personnel assessed by the conventional method and 134 participants assessed by the online method. Nine standardized blood film cases, validated by WHO-certified level 1 and level 2 experts and confirmed by Real-time PCR, were used as test materials. Data were analyzed using one-way ANOVA, paired t-test, and Bland-Altman plot. The results showed that the conventional method yielded mean percentages of 84.75, 97.40, and 70.39 for parasite identification, parasite detection, and parasite counting, while the online method showed 81.96, 97.14, and 78.78, respectively. Paired t-test analysis revealed *p*-values of 0.53, 0.78, and 0.06 for the three competencies, respectively, indicating no statistically significant differences ($p > 0.05$). Bland-Altman analysis demonstrated that parasite detection exhibited the highest agreement with a bias of 0.26 and limits of agreement ranging from -5.15 to 5.66. User satisfaction averaged 90 percent. The study concludes that the online proficiency testing system, utilizing digital blood film photography, is an effective alternative to the conventional method. It is an appropriate tool for assessing laboratory network personnel with increased coverage, which can enhance the quality assurance system for microscopic malaria diagnosis to support Thailand's malaria elimination goals.

Correspondence: Patcharida Boondej **E-mail:** patcharida.gibb@gmail.com

การพัฒนาและประเมินระบบทดสอบความชำนาญออนไลน์สำหรับการตรวจวินิจฉัย เชื้อมาลาเรียด้วยกล้องจุลทรรศน์โดยใช้นวัตกรรมภาพถ่ายฟิล์มเลือดดิจิทัล

พัชริดา บุญเดช

พลวัชร เรืองศิริรักษ์

รุ่งนรินทร์ สุขอร่าม

กองโรคติดต่อภายในโดยแมลง กรมควบคุมโรค

วันรับ: 21 กุมภาพันธ์ 2569 | วันแก้ไข: 24 เมษายน 2569 | วันตอบรับ: 18 พฤษภาคม 2569

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและประเมินระบบทดสอบความชำนาญแบบออนไลน์สำหรับการตรวจวินิจฉัยเชื้อมาลาเรียด้วยกล้องจุลทรรศน์ พัฒนาโดยใช้นวัตกรรมภาพถ่ายดิจิทัลของฟิล์มเลือดจริง และศึกษาความสอดคล้องของผลการประเมินเมื่อเปรียบเทียบระหว่างออนไลน์กับระบบการประเมินแบบดั้งเดิม กลุ่มตัวอย่างประกอบด้วยบุคลากรห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมทดสอบด้วยวิธีดั้งเดิมจำนวน 94 ราย และวิธีออนไลน์จำนวน 134 ราย โดยใช้ฟิล์มเลือดมาตรฐานจำนวน 9 เคสที่ผ่านการยืนยันจากผู้เชี่ยวชาญระดับ level 1 และ level 2 ขององค์การอนามัยโลก และยืนยันซ้ำด้วยวิธี Real-time PCR วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติ one-way ANOVA, paired t-test และ Bland-Altman plot ผลการศึกษาพบว่าวิธีดั้งเดิมมีค่าเฉลี่ยร้อยละของสมรรถนะด้านการจำแนกชนิดเชื้อ การหาเชื้อ และการนับเชื้อ เท่ากับ 84.75, 97.40 และ 70.39 ขณะที่วิธีออนไลน์มีค่าเท่ากับ 81.96, 97.14 และ 78.78 ตามลำดับ การวิเคราะห์ด้วย paired t-test พบว่าค่า p -value ของทั้ง 3 ด้าน เท่ากับ 0.53, 0.78 และ 0.06 ซึ่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) การวิเคราะห์ความสอดคล้องด้วย Bland-Altman plot พบว่าสมรรถนะด้านการหาเชื้อมีความสอดคล้องสูงสุด โดยมีค่าความเอนเอียงเท่ากับ 0.26 และช่วงขอบเขตความสอดคล้องอยู่ระหว่าง -5.15 ถึง 5.66 ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจโดยรวมเฉลี่ยร้อยละ 90 ผลการศึกษารูปได้วาระบบทดสอบความชำนาญออนไลน์โดยใช้ภาพถ่ายฟิล์มเลือดดิจิทัลเป็นวิธีทางเลือกที่มีประสิทธิภาพสามารถใช้ทดแทนวิธีดั้งเดิมได้อย่างมีประสิทธิภาพ เป็นเครื่องมือที่เหมาะสมในการนำไปใช้ประเมินบุคลากรเครือข่ายห้องปฏิบัติการเพื่อเพิ่มความครอบคลุมซึ่งสามารถสนับสนุนส่งเสริมระบบประกันคุณภาพด้านการตรวจวินิจฉัยเชื้อมาลาเรียด้วยกล้องจุลทรรศน์ เพื่อสนับสนุนเป้าหมายการกำจัดโรคเชื้อมาลาเรียของประเทศไทย

ติดต่อผู้พิมพ์: พัทธิดา บุญเดช

อีเมล: patcharida.gibb@gmail.com

Keywords

Malaria

Proficiency testing

Microscopy diagnosis

คำสำคัญ

มาลาเรีย

การทดสอบความชำนาญ

การตรวจวินิจฉัยด้วยกล้องจุลทรรศน์

บทนำ

โรคไข้มาลาเรียเป็นโรคติดเชื้อที่เกิดจากเชื้อ *Plasmodium* spp. และยังคงเป็นปัญหาสาธารณสุขที่สำคัญของโลก โดยเฉพาะในประเทศเขตร้อน ปัจจุบันมีรายงานผู้ป่วยทั่วโลกประมาณ 282 ล้านราย⁽¹⁾ สำหรับประเทศไทย ในปี พ.ศ. 2568 พบผู้ป่วยจำนวน 12,205 ราย และยังคงมีรายงานผู้เสียชีวิตจากโรคไข้มาลาเรียจำนวน 5 ราย แม้ว่าปัจจุบันจะมียาต้านมาลาเรียที่สามารถรักษาให้หายขาดได้ แต่การวินิจฉัยที่ถูกต้องและทันต่วงที่ยังคงมีความสำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากช่วยให้ผู้ป่วยได้รับการรักษาที่เหมาะสม ลดความรุนแรงของโรค ลดการแพร่กระจายเชื้อ สนับสนุนการควบคุมและกำจัดโรคไข้มาลาเรียอย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ การวินิจฉัยที่แม่นยำยังช่วยลดการใช้ยาต้านมาลาเรียอย่างไม่เหมาะสม ซึ่งเป็นหนึ่งในปัจจัยที่นำไปสู่การเกิดปัญหาเชื้อดื้อยา

แม้ว่าปัจจุบันจะมีความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีในการตรวจวินิจฉัยโรคไข้มาลาเรีย เช่น การตรวจทางภูมิคุ้มกันวิทยาและทางอณูชีววิทยา แต่การตรวจวินิจฉัยด้วยกล้องจุลทรรศน์จากฟิล์มเลือดหนาและฟิล์มเลือดบางยังคงถือเป็นวิธีมาตรฐาน (gold standard) เนื่องจากสามารถจำแนกชนิดเชื้อมาลาเรีย ระยะการพัฒนาระยะของเชื้อ และประเมินปริมาณเชื้อในเลือดได้อย่างแม่นยำ⁽²⁾ อย่างไรก็ตามความถูกต้องของการตรวจด้วยกล้องจุลทรรศน์ขึ้นอยู่กับทักษะและความชำนาญของบุคลากรห้องปฏิบัติการเป็นสำคัญ การศึกษาหลายฉบับรายงานว่าคุณภาพการตรวจวินิจฉัยมาลาเรียด้วยกล้องจุลทรรศน์ในห้องปฏิบัติการมีความแปรปรวนสูง และพบข้อผิดพลาดทั้งในรูปแบบผลบวกปลอม (false positive) และผลลบปลอม (false negative) ซึ่งส่งผลกระทบต่อ การดูแลรักษาผู้ป่วยและการควบคุมโรคในระดับประเทศ⁽³⁻⁵⁾

ในประเทศไทย กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข มีบทบาทสำคัญในการควบคุมและกำจัดโรคไข้มาลาเรีย โดยมีกองโรคติดต่อ นำโดยแมลงเป็นหน่วยงานหลักในการดำเนินงานด้านการเฝ้าระวัง ควบคุม และกำจัดโรค ศูนย์อ้างอิงทางห้องปฏิบัติการโรคติดต่อ นำโดยแมลงมีภารกิจสำคัญในการพัฒนาศักยภาพห้องปฏิบัติการเครือข่าย รวมถึงการพัฒนาและควบคุมคุณภาพการตรวจวินิจฉัยเชื้อมาลาเรียด้วยกล้องจุลทรรศน์ เพื่อสนับสนุนเป้าหมายการกำจัดโรคไข้มาลาเรียของประเทศ โดยที่ผ่านมาได้มีการดำเนินการประเมินความชำนาญของบุคลากรห้องปฏิบัติการในเครือข่ายเป็นประจำทุกปี ด้วยการส่งฟิล์มเลือดจริงไปยังหน่วยงานเครือข่ายเพื่อทำการทดสอบ อย่างไรก็ตาม วิธีการดังกล่าวยังมีข้อจำกัดหลายประการ เช่น ปัญหาการแตกหักหรือเสียหายของฟิล์มเลือดระหว่างการขนส่ง ปริมาณฟิล์มเลือดที่ใช้ทดสอบมีจำนวนจำกัด และไม่สามารถขยายการทดสอบให้ครอบคลุมห้องปฏิบัติการทั่วประเทศได้อย่างทั่วถึง

จากข้อจำกัดดังกล่าว ในปีงบประมาณ พ.ศ. 2567 จึงได้มีการพัฒนาระบบทดสอบความชำนาญออนไลน์สำหรับการตรวจวินิจฉัยเชื้อมาลาเรียด้วยกล้องจุลทรรศน์ โดยปรับเปลี่ยนจากการใช้ฟิล์มเลือดจริงมาเป็นการใช้ภาพถ่ายฟิล์มเลือดดิจิทัล และพัฒนาแพลตฟอร์มให้สามารถดำเนินการทดสอบผ่านระบบออนไลน์ได้ แนวทางดังกล่าวช่วยลดข้อจำกัดด้านการขนส่ง เพิ่มความสะดวกในการเข้าถึงระบบการทดสอบ และสนับสนุนการพัฒนาและควบคุมคุณภาพการตรวจวินิจฉัยมาลาเรียของบุคลากรห้องปฏิบัติการในระดับประเทศ สอดคล้องกับงานวิจัยในต่างประเทศที่ให้ความสำคัญกับการนำเทคโนโลยีดิจิทัลมาใช้ในการพัฒนาระบบประเมินทักษะการตรวจวินิจฉัยมาลาเรีย เช่น Ahmed และคณะ⁽⁶⁾ ที่ใช้ภาพถ่ายดิจิทัลของฟิล์มเลือดบนเว็บไซต์เพื่อประเมินทักษะการวินิจฉัยในกลุ่มประเทศที่มีบริบทแตกต่างกัน รวมถึงงานวิจัยของ Pollak และคณะ⁽⁷⁾ และ Shambha และคณะ⁽⁸⁾ ที่แสดงให้เห็นถึงศักยภาพ

ของระบบดิจิทัลในการเพิ่มการเข้าถึงและประสิทธิภาพของการตรวจวินิจฉัยมาลาเรีย โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีข้อจำกัดด้านทรัพยากร

ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและประเมินระบบทดสอบความชำนาญออนไลน์สำหรับการตรวจวินิจฉัยเชื้อมาลาเรียด้วยกล้องจุลทรรศน์ และศึกษาความสอดคล้องของผลการประเมินเมื่อเปรียบเทียบกับระบบการทดสอบความชำนาญแบบเดิมที่ใช้ฟิล์มเลือดจริง ในเครือข่ายห้องปฏิบัติการโรคติดต่อมาโดยแมลง ผลลัพธ์ที่ได้จากการศึกษานี้จะเป็นข้อมูลสำคัญในการพัฒนาระบบทดสอบความชำนาญที่มีประสิทธิภาพ ช่วยยกระดับการควบคุมคุณภาพการตรวจวินิจฉัยมาลาเรียด้วยกล้องจุลทรรศน์ และสนับสนุนการดำเนินงานควบคุมและกำจัดโรคไข้มาลาเรียของประเทศไทยอย่างยั่งยืน

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนาระบบประเมินความชำนาญการตรวจวินิจฉัยเชื้อมาลาเรียด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบออนไลน์ โดยใช้นวัตกรรมภาพถ่ายฟิล์มเลือดดิจิทัล

2. เพื่อประเมินความสอดคล้องของผลการประเมินสมรรถนะ จากระบบออนไลน์ที่พัฒนาขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับระบบการประเมินความชำนาญแบบดั้งเดิมที่ใช้ฟิล์มเลือดจริง

วัสดุและวิธีการศึกษา

วัตถุอ้างอิง

การศึกษานี้ใช้ฟิล์มเลือดมาตรฐานจากธนาคารเลือดของศูนย์อ้างอิงทางห้องปฏิบัติการโรคติดต่อนำโดยแมลง จำนวน 9 เคส ซึ่งประกอบด้วยฟิล์มเลือดที่พบเชื้อมาลาเรียชนิดต่าง ๆ และฟิล์มเลือดที่ไม่พบเชื้อ โดยฟิล์มเลือดทุกเคสเตรียมแบบฟิล์มหนาและบางในแผ่นเดียวกันแล้วถูกนำไปย้อมด้วยสียิมซ่า และผ่านการตรวจยืนยันชนิดเชื้อด้วยกล้องจุลทรรศน์โดยผู้เชี่ยวชาญที่ผ่านการรับรองจากองค์การอนามัยโลก ระดับ level 1 และ level 2 พร้อมทั้งยืนยันผลซ้ำด้วยวิธีทางชีวโมเลกุล (Real-time PCR) การถ่ายภาพฟิล์มเลือดดำเนินการโดยใช้กล้องจุลทรรศน์ Olympus รุ่น BX51 ร่วมกับกล้องถ่ายภาพดิจิทัล DP71 และการพัฒนาระบบทดสอบความชำนาญออนไลน์ใช้เครื่องมือของ Google ได้แก่ Google Email (@gmail.com), Google Forms, Google Groups และ Google Drive เป็นแพลตฟอร์มหลักในการจัดการแบบทดสอบ การสื่อสาร และการจัดเก็บข้อมูล

วิธีการศึกษา

คัดเลือกและจัดเตรียมฟิล์มเลือดมาตรฐานจำนวน 9 เคสเพื่อใช้เป็นชุดทดสอบ โดยแต่ละเคสประกอบด้วยฟิล์มเลือดจำนวน 5 แผ่น และนำมาถ่ายภาพฟิล์มเลือดเพื่อใช้เป็นวัตถุทดสอบจำนวน 70 ภาพต่อเคส ประกอบด้วยภาพฟิล์มเลือดหนา 50 ภาพ และภาพฟิล์มเลือดบาง 20 ภาพ จากนั้นนำชุดภาพถ่ายฟิล์มเลือดไปพัฒนาเป็นแบบทดสอบออนไลน์จำนวน 5 ชุด ผ่านระบบ Google Forms พร้อมจัดทำแบบฟอร์มลงทะเบียนและแบบประเมินความพึงพอใจ วัตถุทดสอบทั้งหมดได้รับการตรวจสอบและยืนยันความถูกต้องเพื่อกำหนดค่ากลางโดยเจ้าหน้าที่ศูนย์อ้างอิงทางห้องปฏิบัติการโรคติดต่อนำโดยแมลง ที่ผ่านการรับรองจากองค์การอนามัยโลก ระดับ level 1 และ level 2 ก่อนเปิดรับสมัครบุคลากรห้องปฏิบัติการเข้าร่วมการทดสอบโดยสมัครใจและไม่มีค่าใช้จ่าย กลุ่มประชากรที่ได้ศึกษานี้จึงเป็นแบบอาสาสมัคร โดยมีจำนวนผู้เข้าทดสอบด้วยวิธีดั้งเดิม จำนวน 94 ราย และวิธีออนไลน์ จำนวน 134 ราย ซึ่งผู้ทดสอบทั้งหมดเป็นกลุ่มเจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงานทางห้องปฏิบัติการผู้ปฏิบัติงานด้านการตรวจ

วินิจฉัยมาลาเรียและมีพื้นฐานความรู้ที่ใกล้เคียงกัน โดยผู้เข้าร่วมทดสอบถูกจัดกลุ่มเป็น 5 กลุ่ม และได้รับแบบทดสอบผ่านอีเมล โดยใช้ Google Groups เป็นช่องทางประสานงานและส่งข้อมูล การรวบรวมผลการทดสอบนำมาคำนวณคะแนนเป็นร้อยละเพื่อประเมินสมรรถนะและระดับคุณภาพการตรวจวินิจฉัย เชื่อมมาลาเรียด้วยกล้องจุลทรรศน์ และประเมินความสอดคล้องของผลการทดสอบจากระบบออนไลน์ ที่พัฒนาขึ้นเปรียบเทียบกับระบบการประเมินสมรรถนะแบบดั้งเดิมที่ใช้ฟิล์มเลือดจริง

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์

ทดสอบความไม่แตกต่างกันระหว่างกลุ่มของวิธีการทดสอบออนไลน์ที่พัฒนาขึ้น ด้วยสถิติ one-way ANOVA เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างวิธีการทดสอบระหว่างวิธีดั้งเดิมและวิธีออนไลน์ paired sample t-test และการวิเคราะห์ความสอดคล้อง (agreement analysis) ด้วยวิธี Bland-Altman plot

เกณฑ์การแปลผล

การประเมินสมรรถนะด้านการจำแนกชนิดเชื้อมาลาเรีย วิเคราะห์ผลเชิงคุณภาพ สรุปผลวิเคราะห์ของสมาชิกเปรียบเทียบกับค่าเป้าหมาย (target value) ในกรณีที่ตัวอย่างทดสอบเป็นเชื้อมาลาเรีย ชนิดเดียว ให้คะแนนเมื่อผลวิเคราะห์ชนิดเชื้อของสมาชิกตรงกับค่าเป้าหมายได้ 2 คะแนน และได้ 0 คะแนนเมื่อตอบผิด ในกรณีที่ตัวอย่างทดสอบเป็นเชื้อมาลาเรียมากกว่าหนึ่งชนิด (mixed infection) เมื่อจำแนกชนิดเชื้อได้ถูกต้องตามค่าเป้าหมายทุกชนิด ได้ 2 คะแนน เมื่อจำแนกชนิดเชื้อได้ถูกต้องบางส่วนโดยจำนวนชนิดเชื้อไม่เกินกว่าค่าเป้าหมาย ได้ 1 คะแนน เมื่อจำแนกชนิดเชื้อได้ถูกต้องบางส่วน แต่ตอบจำนวนชนิดเชื้อเกินกว่าค่าเป้าหมาย ได้ 0.5 คะแนน

การประเมินสมรรถนะด้านการหาเชื้อมาลาเรีย วิเคราะห์ผลเชิงคุณภาพ สรุปผลวิเคราะห์ของสมาชิกเปรียบเทียบกับค่าเป้าหมาย (target value) ให้คะแนนเมื่อผลวิเคราะห์ของสมาชิกตรงกับค่าเป้าหมายได้ 2 คะแนน เมื่อตอบได้ว่ามีเชื้อหรือไม่ ได้ถูกต้อง และได้ 0 คะแนนเมื่อตอบผิด

การประเมินสมรรถนะด้านการนับเชื้อมาลาเรีย สรุปผลวิเคราะห์ของสมาชิกเปรียบเทียบกับค่าเป้าหมาย (target value) ได้ 1 คะแนน เมื่อค่าความหนาแน่นของเชื้อที่นับได้อยู่ในช่วง $\pm 25\%$ ของค่ากลาง ได้ 0.5 คะแนน เมื่อ ค่าอยู่ในช่วง $\pm 26-50\%$ และได้ 0 คะแนน เมื่อค่าความหนาแน่นของเชื้อที่นับได้เกินกว่าช่วง $\pm 50\%$

รวมคะแนนของผลการประเมินในแต่ละวัตถุประสงค์ทดสอบทั้ง 9 ข้อ โดยแยกผลสมรรถนะทั้ง 3 ด้าน รวบรวมคะแนนและคำนวณผลการประเมินในแต่ละสมรรถนะเป็นค่าร้อยละ ระดับคุณภาพการตรวจวิเคราะห์พิจารณาจากคะแนนมาตรฐานดังนี้

การประเมินสมรรถนะด้านการจำแนกชนิดเชื้อมาลาเรียและการหาเชื้อมาลาเรีย

ดีเยี่ยม (excellent)	มากกว่าร้อยละ 90
ดีมาก (very good)	ร้อยละ 80-89
ดี (good-acceptable)	ร้อยละ 70-79
ปรับปรุง (to be improved)	น้อยกว่าร้อยละ 70

การประเมินสมรรถนะด้านการนับเชื้อมาลาเรีย

ดีเยี่ยม (excellent)	มากกว่าร้อยละ 70
ดีมาก (very Good)	ร้อยละ 60–69
ดี (good-acceptable)	ร้อยละ 50–59
ปรับปรุง (to be improved)	น้อยกว่าร้อยละ 50

เงื่อนไขการผ่านเกณฑ์การประเมิน ของศูนย์อ้างอิงทางห้องปฏิบัติการโรคติดต่อมาโดยแมลง
เมื่อระดับสมรรถนะทั้ง 3 ด้าน อยู่ในระดับ “ดี” ขึ้นไป

ผลการศึกษาวิจัย

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและประเมินระบบทดสอบความชำนาญออนไลน์สำหรับการตรวจวินิจฉัยเชื้อมาลาเรียด้วยกล้องจุลทรรศน์ โดยใช้นวัตกรรมภาพถ่ายฟิล์มเลือดดิจิทัลแทนการใช้ฟิล์มเลือดจริง ผลการศึกษาจะแบ่งออกเป็น 5 ส่วน คือ 1) ผลการประเมินการทดสอบความชำนาญด้านการตรวจวินิจฉัยเชื้อมาลาเรียด้วยกล้องจุลทรรศน์ ด้วยวิธีดั้งเดิมและการทดสอบด้วยแบบทดสอบออนไลน์ 2) ผลการทดสอบแปรปรวนของค่าเฉลี่ยร้อยละของชุดทดสอบออนไลน์ (one-way ANOVA) 3) ผลเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างวิธีดั้งเดิมและวิธีออนไลน์ 4) การวิเคราะห์ความสอดคล้อง (agreement analysis) ด้วยวิธี Bland–Altman plot เพื่อดูว่าวิธีการประเมินสมรรถนะแบบออนไลน์สามารถทดแทนวิธีมาตรฐาน (gold standard) ได้หรือไม่ และ 5) ผลสำรวจความพึงพอใจในการทดสอบสมรรถนะด้านการตรวจวินิจฉัยเชื้อมาลาเรียแบบออนไลน์

1. จากการรวบรวมข้อมูลผลการทดสอบของกลุ่มเจ้าหน้าที่ทางห้องปฏิบัติการ

ในการตรวจวิเคราะห์หัตถุทดสอบจำนวนทั้งหมด 9 ข้อ โดยมีผู้เข้าทดสอบแบบดั้งเดิม จำนวน 94 ราย และผู้ทดสอบแบบออนไลน์ จำนวน 134 ราย ซึ่งได้แสดงผลคะแนนเฉลี่ยรายข้อของผู้เข้าร่วมทดสอบทั้งวิธี รายละเอียดดังตารางที่ 1 ดังแสดงต่อไปนี้

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยร้อยละของผลการประเมินการทดสอบความชำนาญด้านการตรวจวินิจฉัยเชื้อมาลาเรียด้วยกล้องจุลทรรศน์ ด้วยวิธีดั้งเดิม และการทดสอบด้วยแบบทดสอบออนไลน์

วิธีทดสอบ	สมรรถนะ การประเมิน	ค่าเฉลี่ยผลการประเมินหัตถุทดสอบ (ร้อยละ)								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
แบบดั้งเดิม (n=94)	ID	95.75	90.43	82.98	96.81	95.75	93.62	73.40	63.83	70.21
	PD	95.75	96.81	98.94	98.94	95.75	100.00	100.00	93.62	96.81
	PC	95.75	50.00	71.81	78.72	95.75	61.70	68.06	65.43	46.28
ออนไลน์ ชุดที่ 1 (n=29)	ID	93.10	68.97	76.72	89.66	89.66	87.07	69.83	82.76	74.14
	PD	93.10	96.55	100.00	96.55	89.66	100.00	100.00	100.00	100.00
	PC	93.10	56.90	91.38	84.48	89.66	84.48	70.69	79.31	77.59
ออนไลน์ ชุดที่ 2 (n=29)	ID	82.76	65.52	81.90	87.07	100.00	79.31	68.97	73.28	93.97
	PD	82.76	100.00	100.00	93.10	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
	PC	82.76	32.76	74.14	56.90	100.00	74.14	60.34	75.86	70.69
ออนไลน์ ชุดที่ 3 (n=25)	ID	96.00	70.00	78.00	88.00	92.00	96.00	70.00	89.00	92.00
	PD	96.00	96.00	100.00	92.00	92.00	100.00	96.00	100.00	96.00
	PC	96.00	72.00	92.00	84.00	92.00	90.00	62.00	82.00	90.00

วิธีทดสอบ	สมรรถนะ การประเมิน	ค่าเฉลี่ยผลการประเมินวัตถุทดสอบ (ร้อยละ)								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
ออนไลน์ ชุดที่ 4 (n=30)	ID	100.00	73.33	80.83	93.33	100.00	80.00	65.83	93.33	78.33
	PD	100.00	100.00	96.67	96.67	100.00	100.00	96.67	96.67	96.67
	PC	100.00	78.33	85.00	80.00	100.00	95.00	68.33	85.00	56.67
ออนไลน์ ชุดที่ 5 (n=22)	ID	90.91	63.64	69.32	81.82	81.82	72.73	57.95	77.27	92.05
	PD	90.91	100.00	100.00	100.00	81.82	100.00	100.00	95.45	100.00
	PC	95.45	68.18	81.82	79.55	86.36	79.55	61.36	59.09	70.45
แบบทดสอบ ออนไลน์ (n=134)	ID	92.55	68.29	77.35	87.98	92.69	83.02	66.52	83.13	86.10
	PD	92.55	98.51	99.33	95.66	92.69	100.00	98.53	98.42	98.53
	PC	93.46	61.63	84.87	76.98	93.60	84.63	64.54	76.25	73.08

หมายเหตุ: ID = Parasite identification (การจำแนกชนิดเชื้อมาลาเรีย) , PD = Parasite detection (การหาเชื้อมาลาเรีย), PC = Parasite counting (การนับเชื้อมาลาเรีย)

จากตารางที่ 1 พบว่าจากจำนวนฟิล์มเลือดทดสอบทั้งหมด 9 แผ่น เปรียบเทียบผลการประเมินสมรรถนะด้านการตรวจวินิจฉัยเชื้อมาลาเรียด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบดั้งเดิม มีผลค่าเฉลี่ยของคะแนนการประเมินสมรรถนะด้านการจำแนกชนิดเชื้อ การตรวจหาเชื้อ และการนับเชื้อ มีค่าเท่ากับ ร้อยละ 84.75, 97.40 และ 70.39 ตามลำดับ ส่วนวิธีการประเมินสมรรถนะแบบออนไลน์ มีผลค่าเฉลี่ยของคะแนนการประเมินสมรรถนะด้านการจำแนกชนิดเชื้อ การตรวจหาเชื้อ และการนับเชื้อ มีค่าเท่ากับ ร้อยละ 81.96, 97.14 และ 78.78 ตามลำดับ ซึ่งผลค่าเฉลี่ยของคะแนนการประเมินทั้งสองวิธีมีแนวโน้มของค่าเฉลี่ยเมื่อเรียงตามลำดับจากมากไปน้อยเหมือนกัน ได้แก่ คะแนนสมรรถนะด้าน การตรวจหาเชื้อ การจำแนกชนิดเชื้อ และการนับเชื้อ ตามลำดับ

2. ผลการทดสอบแปรปรวนของค่าเฉลี่ยร้อยละของชุดทดสอบออนไลน์ด้วยสถิติ one way ANOVA

ได้รวบรวมการทดสอบแบบออนไลน์ ทั้งหมด 5 ชุดทดสอบ โดยผู้ทำการทดสอบรวมทั้งสิ้น 134 ราย ชุดข้อสอบที่ 1-5 มีจำนวนผู้ทดสอบ 29, 29, 25, 30 และ 22 ตามลำดับ จึงได้วิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยร้อยละของชุดทดสอบออนไลน์จำนวน 5 ชุด เพื่อทดสอบว่าแบบทดสอบออนไลน์แต่ละชุดมีความแตกต่างกันหรือไม่ ดังแสดงผลในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สรุปค่าความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยร้อยละของชุดทดสอบออนไลน์จำนวน 5 ชุด (n=134)

สมรรถนะการประเมิน	แหล่งความแปรปรวน	Sum of Squares	df	Mean square	F	p-value
การจำแนกชนิดเชื้อ	ระหว่างกลุ่ม	492.48	4	123.12	1.02	0.41
	ภายในกลุ่ม	4,806.38	40	120.16		
การหาเชื้อ	ระหว่างกลุ่ม	18.18	4	4.54	0.22	0.92
	ภายในกลุ่ม	818.02	40	20.45		
การนับเชื้อ	ระหว่างกลุ่ม	1,317.84	4	329.46	1.73	0.16
	ภายในกลุ่ม	7617.75	40	190.44		

จากตารางที่ 2 พบว่าเมื่อวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยร้อยละของการประเมินสมรรถนะด้านการตรวจวินิจฉัยมาลาเรียทั้ง 3 สมรรถนะด้วยสถิติเชิงอนุมาน one-way ANOVA มีค่า *p-value* ของการจำแนกชนิดเชื้อ การหาเชื้อ และการนับเชื้อ เท่ากับ 0.41, 0.92 และ 0.16 ตามลำดับ ซึ่งทุกค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 จึงสรุปได้ว่าความแปรปรวนของผลระหว่างชุดทดสอบออนไลน์ทั้ง 5 ชุด ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าชุดทดสอบออนไลน์ทั้ง 5 ชุด มีความเท่าเทียมกันในการประเมินสมรรถนะ ดังนั้นจึงสามารถนำค่าเฉลี่ยร้อยละของชุดทดสอบแบบออนไลน์ไปเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างการทดสอบกับวิธีดั้งเดิม เนื่องจากการวิเคราะห์ one-way ANOVA สามารถบ่งชี้ได้เพียงว่า การทดสอบแบบดั้งเดิมและแบบออนไลน์ไม่มีความแตกต่างกัน แต่ไม่สามารถบ่งบอกวิธีการแบบดั้งเดิมและออนไลน์มีความสอดคล้องกันหรือไม่อย่างไร จึงมีความจำเป็นต้องมีการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างวิธี และวิเคราะห์ Bland–Altman plot เพื่อศึกษาความสอดคล้องของวิธีการทดสอบทั้ง 2 แบบต่อไป

3. ผลเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างวิธีดั้งเดิมและวิธีออนไลน์

การวิเคราะห์และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยร้อยละระหว่างการทดสอบด้วยวิธีดั้งเดิมและการทดสอบแบบออนไลน์ด้วยสถิติ paired t-test พบว่าค่า *p-value* ของสมรรถนะด้านการจำแนกชนิดเชื้อ การหาเชื้อ และการนับเชื้อ มีค่าเท่ากับ 0.53, 0.78 และ 0.06 ตามลำดับ ซึ่งทุกค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 จึงสรุปได้ว่าการประเมินสมรรถนะการตรวจวินิจฉัยเชื้อมาลาเรียด้วยกล้องจุลทรรศน์ ด้วยวิธีดั้งเดิมและนวัตกรรมภาพถ่ายฟิล์มเลือดดิจิทัล ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 3

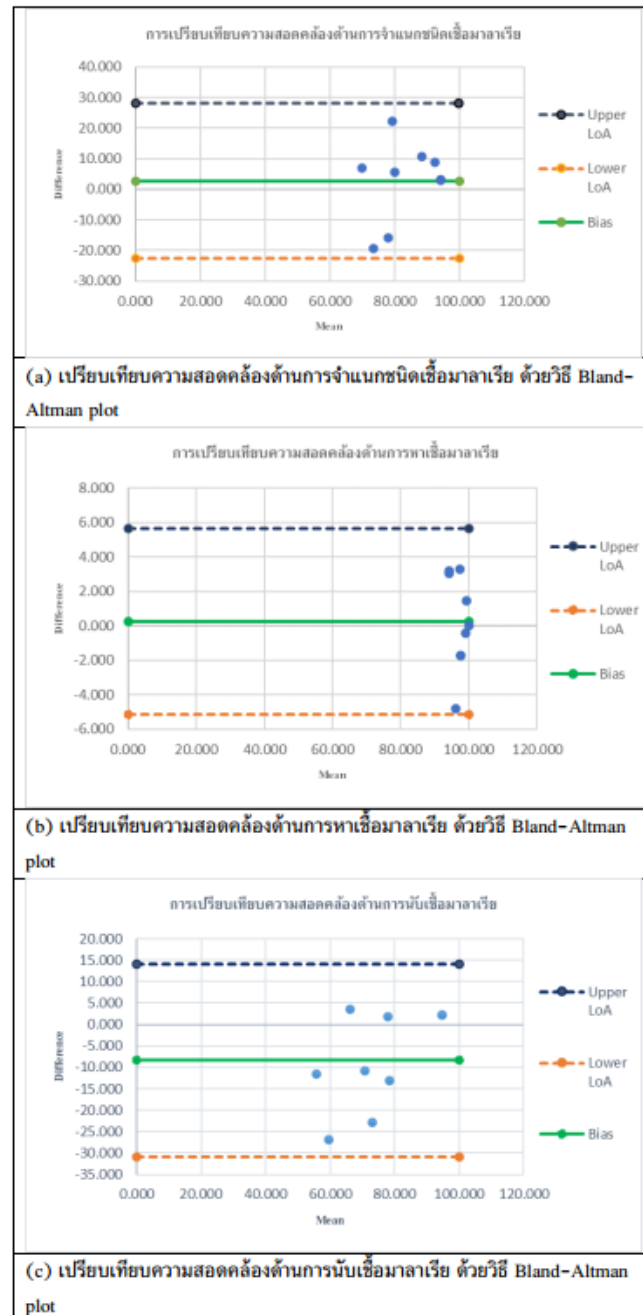
ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยร้อยละระหว่างการทดสอบด้วยวิธีดั้งเดิมและการทดสอบแบบออนไลน์

สมรรถนะการประเมิน	วิธีการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	ความแปรปรวน	<i>p-value</i>
การจำแนกชนิดเชื้อ	แบบดั้งเดิม	84.75	159.86	0.53
	แบบออนไลน์	81.96	91.23	
การหาเชื้อ	แบบดั้งเดิม	97.40	4.84	0.78
	แบบออนไลน์	97.14	7.92	
การนับเชื้อ	แบบดั้งเดิม	70.39	307.48	0.06
	แบบออนไลน์	78.78	130.67	

4. ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้อง (agreement analysis) ด้วยวิธี Bland–Altman plot

การวิเคราะห์ความสอดคล้องของผลการทดสอบระหว่างวิธีดั้งเดิมและวิธีออนไลน์ด้วยวิธี Bland–Altman plot จะเห็นได้ว่าการกระจายตัวของค่าเฉลี่ยสมรรถนะด้านการจำแนกชนิดเชื้อ ของสองวิธี (X-axis) เทียบกับส่วนต่างของสองวิธี (Y-axis) โดยกำหนดค่า limits of agreement (LoA) ที่ ± 1.96 SD พบว่าสมรรถนะด้านการจำแนกชนิดเชื้อมีความเอนเอียง (bias) เท่ากับ 2.79 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 12.91 และช่วงขอบเขตความสอดคล้อง (limits of agreement) อยู่ระหว่าง -22.51 ถึง 28.10 สมรรถนะด้านการหาเชื้อมีความเอนเอียงเท่ากับ 0.26 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.76 และช่วงขอบเขตความสอดคล้องอยู่ระหว่าง -5.15 ถึง 5.66 ส่วนสมรรถนะด้านการนับเชื้อมีความเอนเอียงเท่ากับ -8.40 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 11.50 และช่วงขอบเขตความสอดคล้อง

อยู่ระหว่าง -30.94 ถึง 14.15 จากผลการวิเคราะห์ข้างต้นแสดงให้เห็นว่าสมรรถนะด้านการหาเชื้อมาลาเรียมีความสอดคล้องสูงที่สุด โดยมีค่าความเอนเอียงและช่วงขอบเขตความสอดคล้องที่แคบที่สุด รองลงมาคือสมรรถนะด้านการจำแนกชนิดเชื้อ และสมรรถนะด้านการนับเชื้อตามลำดับ โดยได้ผลการเปรียบเทียบความสอดคล้องแต่ละสมรรถนะ ในภาพที่ 1 ซึ่งผลการเปรียบเทียบจำนวน 9 คู่ทดสอบในแต่ละสมรรถนะอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ทั้งหมด



ภาพที่ 1 แผนภาพแสดงความสอดคล้องของผลการทดสอบของค่าคะแนนเฉลี่ยร้อยละของการจำแนกชนิดเชื้อมาลาเรีย ด้วยวิธี Bland-Altman plot

5. ผลสำรวจความพึงพอใจในการทดสอบสมรรถนะด้านการตรวจวินิจฉัยเชื้อมาลาเรียแบบออนไลน์

การสำรวจความพึงพอใจของผู้เข้าร่วมทดสอบสมรรถนะด้านการตรวจวินิจฉัยเชื้อมาลาเรียแบบออนไลน์ ประจำปีงบประมาณ 2567 พบว่าผู้ใช้งานมีความพึงพอใจโดยรวมเฉลี่ยร้อยละ 90 โดยประเด็นที่ได้รับความพึงพอใจสูงสุดคือรูปแบบของสื่อคำถาม การแนะนำผู้อื่นเข้าร่วมโครงการ ความถูกต้องชัดเจนของรายงานผล และการนำไปประยุกต์ใช้กับการปฏิบัติงาน ซึ่งมีค่าความพึงพอใจร้อยละ 93 เท่ากัน ประเด็นที่ได้รับความพึงพอใจต่ำสุดคือความชัดเจนของภาพถ่าย ซึ่งมีค่าความพึงพอใจร้อยละ 86 ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ร้อยละผลสำรวจความพึงพอใจในการทดสอบสมรรถนะด้านการตรวจวินิจฉัยเชื้อมาลาเรียแบบออนไลน์ ปีงบประมาณ 2567 (n=52)

ประเด็นความพึงพอใจ	ร้อยละความพึงพอใจ
1. รูปแบบของสื่อคำถามมีความเหมาะสม	93
2. จำนวนรอบที่ทำการทดสอบ 1 รอบ/ปี	90
3. จำนวนฟิล์มเลือดที่ทดสอบในแต่ละรอบ (10 แผ่น/รอบ)	91
4. ความชัดเจนของภาพถ่าย	86
5. ระยะเวลาที่เปิดระบบให้ทำการทดสอบ (1 สัปดาห์)	87
6. คุณจะแนะนำผู้อื่นเพื่อเข้าร่วมโครงการประเมินสมรรถนะด้านการตรวจวินิจฉัยเชื้อมาลาเรียด้วยกล้องจุลทรรศน์ในครั้งถัดไป	93
7. การสื่อสาร การให้ข้อมูลเกี่ยวกับโครงการ	87
8. ความถูกต้องชัดเจนและครบถ้วนของรายงานผล	93
9. สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการปฏิบัติงานได้	93
ความพึงพอใจเฉลี่ย	90

สรุปผลการวิจัย

การศึกษานี้มุ่งเน้นการพัฒนาและประเมินระบบทดสอบความชำนาญออนไลน์สำหรับการตรวจวินิจฉัยเชื้อมาลาเรียด้วยกล้องจุลทรรศน์ โดยใช้นวัตกรรมภาพถ่ายฟิล์มเลือดดิจิทัลแทนการใช้ฟิล์มเลือดจริง ซึ่งเป็นการพัฒนาระบบประกันคุณภาพการตรวจวินิจฉัยเชื้อมาลาเรียของประเทศไทยให้มีประสิทธิภาพและครอบคลุมมากยิ่งขึ้น

ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการประเมินสมรรถนะการตรวจวินิจฉัยเชื้อมาลาเรียด้วยกล้องจุลทรรศน์ ด้วยวิธีดั้งเดิมที่ใช้ฟิล์มเลือดจริงกับวิธีออนไลน์ที่ใช้ภาพถ่ายฟิล์มเลือดดิจิทัลไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการวิเคราะห์ด้วย paired t-test พบว่าค่า *p-value* ของสมรรถนะด้านการจำแนกชนิดเชื้อ การหาเชื้อ และการนับเชื้อ มีค่าเท่ากับ 0.53, 0.78 และ 0.06 ตามลำดับ ซึ่งทุกค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

ผลการประเมินสมรรถนะด้วยวิธีดั้งเดิมจากผู้เข้าร่วมทดสอบจำนวน 94 ราย เปรียบเทียบกับวิธีออนไลน์จากผู้เข้าทดสอบ 134 ราย พบว่าค่าเฉลี่ยร้อยละของสมรรถนะด้านการจำแนกชนิดเชื้อ การหาเชื้อ และสมรรถนะด้านการนับเชื้อแสดงให้เห็นว่าทั้งสองวิธีให้ผลการประเมินที่ใกล้เคียงกัน

การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยร้อยละระหว่างชุดทดสอบออนไลน์ทั้ง 5 ชุด ด้วยสถิติเชิงอนุมาน one-way ANOVA พบว่าค่า p -value ของทุกสมรณะมากกว่า 0.05 แสดงให้เห็นว่าชุดทดสอบออนไลน์ทั้ง 5 ชุดมีความเท่าเทียมกันในการประเมินสมรณะ

การวิเคราะห์ความสอดคล้องของผลการทดสอบด้วยวิธี Bland–Altman plot พบว่าสมรณะด้านการหาเชื้อมาลาเรียมีความสอดคล้องสูงที่สุด โดยมีค่าความเอนเอียง (bias) เท่ากับ 0.26 และช่วงขอบเขตความสอดคล้อง (limits of agreement) อยู่ระหว่าง -5.15 ถึง 5.66 ซึ่งถือว่าแคบมาก แสดงถึงความสอดคล้องที่ระหว่างทั้งสองวิธี รองลงมาคือสมรณะด้านการจำแนกชนิดเชื้อที่มีค่าความเอนเอียงเท่ากับ 2.79 และช่วงขอบเขตความสอดคล้องอยู่ระหว่าง -22.51 ถึง 28.10 ในขณะที่สมรณะด้านการนับเชื้อมีค่าความเอนเอียงเท่ากับ -8.40 และช่วงขอบเขตความสอดคล้องอยู่ระหว่าง -30.94 ถึง 14.15 ซึ่งมีช่วงกว้างกว่าสมรณะอื่น โดยวิธี Bland–Altman plot เป็นเครื่องมือทางสถิติที่ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางในการประเมินความสอดคล้องระหว่างสองวิธีการวัด Bland และคณะ^(12–14)

ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าระบบทดสอบความชำนาญออนไลน์สำหรับการตรวจวินิจฉัยเชื้อมาลาเรียด้วยกล้องจุลทรรศน์ที่พัฒนาขึ้นโดยใช้นวัตกรรมภาพถ่ายฟิล์มเลือดดิจิทัล สามารถใช้ทดแทนการทดสอบด้วยวิธีดั้งเดิมได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างทั้งสองวิธี อีกทั้งยังได้รับความพึงพอใจจากผู้ใช้งานในระดับสูง

วิจารณ์

จากผลการศึกษาที่ได้นำเสนอ สามารถวิจารณ์และอภิปรายประเด็นสำคัญได้หลายประการ ประเด็นแรกคือการพิจารณาความเหมาะสมของการใช้ภาพถ่ายฟิล์มเลือดดิจิทัลทดแทนฟิล์มเลือดจริง ผลการศึกษพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างทั้งสองวิธีในทุกสมรณะที่ประเมิน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ของ Rosado และคณะ⁽¹⁵⁾ ที่ศึกษาการใช้ภาพถ่ายดิจิทัลในการวินิจฉัยเชื้อมาลาเรียและพบว่าภาพถ่ายดิจิทัลสามารถให้ข้อมูลเพียงพอสำหรับการประเมินสมรณะของบุคลากรได้ และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Marchevsky และคณะ⁽⁹⁾ ที่พบว่าการใช้ภาพถ่ายดิจิทัลในการทดสอบความชำนาญด้านเซลล์วิทยานั้นมีประสิทธิภาพเทียบเท่ากับการใช้สไลด์จริง เป็นวิธีที่มีความคุ้มค่าและสามารถดำเนินการได้สะดวกมากกว่า ในการศึกษาพบว่าผลสำรวจความพึงพอใจประเด็นความชัดเจนของภาพถ่ายได้ระดับความพึงพอใจต่ำสุดคือร้อยละ 86 เมื่อเทียบกับประเด็นอื่น สะท้อนให้เห็นว่าคุณภาพของภาพถ่ายยังคงเป็นสิ่งที่ต้องพัฒนาต่อไปสอดคล้องกับการศึกษาของ Beck และคณะ⁽¹⁶⁾ ที่ชี้ให้เห็นว่าคุณภาพของภาพถ่ายดิจิทัลมีผลโดยตรงต่อความแม่นยำในการตรวจวินิจฉัย

ประเด็นที่สองคือสมรณะด้านการนับเชื้อมาลาเรียมีช่วงขอบเขตความสอดคล้องกว้างกว่าสมรณะอื่น (limits of agreement อยู่ระหว่าง -30.94 ถึง 14.15) และมีค่าความเอนเอียงติดลบ (-8.40) แสดงว่าการทดสอบออนไลน์มีแนวโน้มให้คะแนนการนับเชื้อสูงกว่าวิธีดั้งเดิมเฉลี่ยร้อยละ 8.40 ซึ่งอาจจะเกิดได้จากหลายสาเหตุ เช่น การนับเชื้อต้องอาศัยการมองเห็นพื้นที่ในวงกว้าง การเลื่อนดูภาพอย่างต่อเนื่อง รวมไปถึงความชัดเจนของภาพถ่ายเนื่องจากไม่สามารถปรับความชัดโดยปุ่มปรับละเอียดได้เหมือนกล้องจุลทรรศน์ ทำให้การใช้ภาพถ่ายไม่สามารถจำลองรูปแบบการมองผ่านกล้องจุลทรรศน์ได้อย่างสมบูรณ์

ประเด็นที่สามคือความสอดคล้องด้านการหาเชื้อ ซึ่งมีค่าความเอนเอียงต่ำมาก (0.26) และช่วงขอบเขตความสอดคล้องแคบ (-5.15 ถึง 5.66) สะท้อนให้เห็นว่าการหาเชื้อมาลาเรียเป็นทักษะที่ผู้เข้าทดสอบสามารถปฏิบัติได้ใกล้เคียงกันทั้งสองวิธี ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Maguire และคณะ⁽¹⁷⁾ ที่พบว่าการตรวจหาเชื้อมาลาเรียเป็นทักษะที่มีความน่าเชื่อถือสูงและแปรปรวนน้อยกว่าการจำแนกชนิดและการนับเชื้อ และการศึกษาของ Tegegne และคณะ⁽¹⁸⁾ พบว่าการตรวจหาเชื้อมาลาเรียและการจำแนกชนิด เป็นทักษะที่มีความแปรปรวนน้อยเมื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบระหว่างกลุ่มผู้ตรวจวินิจฉัยพบว่า มีผลตรงกันคิดเป็นร้อยละ 97.31 และ 94.6 ตามลำดับ การวิเคราะห์ความแปรปรวนระหว่างชุดทดสอบออนไลน์ทั้ง 5 ชุดพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงถึงความสม่ำเสมอของชุดทดสอบที่พัฒนาขึ้น ผลนี้มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการนำไปใช้งานจริง เนื่องจากการทดสอบความชำนาญต้องมีความยุติธรรมและให้ผลที่เปรียบเทียบได้ระหว่างผู้เข้าทดสอบในกลุ่ม แต่อย่างไรก็ตามการที่คะแนนแต่ละกลุ่มไม่แตกต่างกันอาจจะแปลได้ว่าแต่ละกลุ่มมีความเชี่ยวชาญไม่ต่างกัน ดังนั้นวิธีการศึกษานี้จึงได้แบ่งกลุ่มผู้ทดสอบแบบสุ่มโดยแต่ละกลุ่มมีผู้ทดสอบที่มีระดับความเชี่ยวชาญที่ละกันเพื่อช่วยลด Confounding factor เช่นความเชี่ยวชาญของผู้ทดสอบระหว่างกลุ่ม ซึ่งสอดคล้องกับหลักการพัฒนาชุดทดสอบความชำนาญขององค์การอนามัยโลกที่กำหนดให้ชุดทดสอบต้องมีความสม่ำเสมอและสามารถวัดสมรรถนะได้อย่างเที่ยงตรง⁽¹⁰⁾ นอกจากนี้ ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Ashraf และคณะ⁽¹¹⁾ ที่พัฒนามาตรฐานการประเมินสมรรถนะการตรวจวินิจฉัยมาลาเรียในภูมิภาคเอเชียแปซิฟิก และพบว่าการใช้ชุดทดสอบที่มีมาตรฐานช่วยให้ผลการประเมินมีความน่าเชื่อถือ

การศึกษาครั้งนี้ใช้ฟิล์มเลือดมาตรฐานที่ผ่านการยืนยันโดยผู้เชี่ยวชาญระดับ level 1 และ level 2 ที่ได้รับรองโดยองค์การอนามัยโลก ซึ่งเป็นแนวทางที่สอดคล้องกับโครงการประเมินสมรรถนะเจ้าหน้าที่ด้านการตรวจวินิจฉัยเชื้อมาลาเรียด้วยกล้องจุลทรรศน์ระดับสากล External Competency Assessment of Malaria Microscopists (ECAMM) ที่ดำเนินการในภูมิภาคเอเชียแปซิฟิก⁽¹¹⁾ และทำการตรวจยืนยันชนิดเชื้อของวัตถุทดสอบทุกตัวอย่างด้วยวิธีทางอนุชีววิทยา

เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่ได้ศึกษาในต่างประเทศพบว่า คะแนนเฉลี่ยของสมรรถนะด้านการตรวจหาเชื้อมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าร้อยละ 97 ซึ่งใกล้เคียงกับผลการศึกษาของ Mukadi และคณะ⁽⁵⁾ ที่ทำศึกษาในสาธารณรัฐประชาธิปไตยคองโกที่พบว่าผู้ทดสอบมีสมรรถนะด้านการตรวจหาเชื้อได้ถูกต้องมากกว่าร้อยละ 90 ในขณะที่สมรรถนะด้านการจำแนกชนิดเชื้อและการนับเชื้อมีความแปรปรวนที่สูงกว่า

ระบบประเมินสมรรถนะแบบออนไลน์ที่ได้พัฒนาขึ้นมีข้อดีกว่าวิธีดั้งเดิม โดยสามารถขยายขอบข่ายการเข้าถึงของเจ้าหน้าที่ทางห้องปฏิบัติการทั่วประเทศโดยไม่มีข้อจำกัดด้านระยะทางและประหยัดต้นทุนการขนส่ง ลดการเสียหายและการเสื่อมสภาพของฟิล์มเลือดระหว่างการขนส่ง แต่อย่างไรก็ตามระบบออนไลน์ก็ยังมีข้อจำกัดที่ต้องพิจารณา เนื่องจากภาพถ่ายเฉพาะบางส่วนของฟิล์มเลือดไม่สามารถจำลองรูปแบบให้เหมือนการมองผ่านกล้องจุลทรรศน์ได้อย่างสมบูรณ์ โดยเฉพาะการปรับโฟกัสและการเลื่อนดูฟิล์มเลือดอย่างต่อเนื่อง อีกทั้งยังต้องอาศัยอุปกรณ์คอมพิวเตอร์และอินเทอร์เน็ตที่มีคุณภาพซึ่งอาจจะเป็นอุปสรรคสำหรับห้องปฏิบัติการที่อยู่ในพื้นที่ห่างไกล และคุณภาพของภาพถ่ายให้มีความชัดเจนนั้นขึ้นอยู่กับอุปกรณ์การถ่ายภาพและเทคนิคการถ่ายภาพ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Holmström และคณะ⁽¹⁹⁾ ที่แสดงให้เห็นว่าการพัฒนาภาพถ่ายดิจิทัลให้มีความชัดเจนมีผลต่อความถูกต้อง

การนำวิธี Bland-Altman plot มาวิเคราะห์หาความสอดคล้องระหว่างวิธีการทดสอบแบบดั้งเดิม และแบบออนไลน์ที่พัฒนาขึ้นนี้เป็นแนวทางที่เหมาะสม เนื่องจากเป็นวิธีที่ใช้เปรียบเทียบวิธีการวัดที่ได้รับการยอมรับในวงการแพทย์และวิทยาศาสตร์สุขภาพ⁽¹²⁻¹³⁾ โดยวิเคราะห์ข้อมูลของความเอนเอียงเชิงระบบ (systematic bias) และขอบเขตความแปรปรวน (limits of agreement) ซึ่งช่วยให้เข้าใจลักษณะของความแตกต่างระหว่างทั้งสองวิธี

ประเทศไทยมีเป้าหมายในการกำจัดโรคไข้มาลาเรียในปี พ.ศ. 2567 ดังนั้นการพัฒนาระบบ ประกันคุณภาพให้เข้มแข็งและมีประสิทธิภาพนับว่ามีความสำคัญอย่างยิ่ง การศึกษาของ Sudathip และคณะ⁽²⁰⁾ ระบุว่าความท้าทายสำคัญในระยะกำจัดโรคคือการรักษาสรรณะของบุคลากรในพื้นที่ที่มี อุบัติการณ์โรคต่ำ ซึ่งอาจทำให้ขาดโอกาสในการฝึกปฏิบัติ ระบบทดสอบออนไลน์ที่พัฒนาขึ้นจึงเป็น เครื่องมือสำคัญในการติดตามและรักษาสรรณะของบุคลากรอย่างต่อเนื่อง แม้ในพื้นที่ที่ไม่พบผู้ป่วยโรค มาลาเรียก็ตาม

ข้อเสนอแนะ

ในการพัฒนาระบบทดสอบความชำนาญออนไลน์ครั้งนี้ คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการคัดเลือก เครื่องมือและโปรแกรมที่สามารถเข้าถึงได้โดยไม่มีค่าใช้จ่าย เพื่อให้สอดคล้องกับบริบทการใช้งานและ ความเหมาะสมด้านงบประมาณ โดยเลือกใช้ชุดเครื่องมือของ Google (Google Tools) เป็นแพลตฟอร์ม หลักในการดำเนินงาน ซึ่งประกอบด้วยฟังก์ชันการทำงานที่หลากหลาย ได้แก่ บริการไปรษณีย์ อิเล็กทรอนิกส์ (Gmail) สำหรับการติดต่อสื่อสาร Google Groups สำหรับการจัดกลุ่มและบริหารจัดการ สมาชิก Google Drive สำหรับการจัดเก็บข้อมูล Google Forms สำหรับการสร้างแบบทดสอบ และ Google Sheets สำหรับการประมวลผลและวิเคราะห์ข้อมูล อย่างไรก็ตาม จากการดำเนินงานพบข้อจำกัดที่สำคัญ คือ พื้นที่จัดเก็บข้อมูลมีความจุเพียง 15 กิกะไบต์ ซึ่งอาจไม่เพียงพอสำหรับการดำเนินงานในระยะยาว หรือการขยายขอบเขตการทดสอบในอนาคต นอกจากนี้ กระบวนการดำเนินงานในแต่ละขั้นตอน ไม่ว่าจะเป็น การการจัดกลุ่มสมาชิก การจัดส่งแบบทดสอบไปยังผู้เข้าร่วม การสื่อสารข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสมาชิก ตลอดจนการรายงานและสรุปผลการทดสอบ ล้วนยังคงต้องอาศัยการดำเนินการด้วยวิธีการแบบ manual ทั้งสิ้น ซึ่งส่งผลให้เกิดความล่าช้าและอาจเพิ่มโอกาสในการเกิดความคลาดเคลื่อน ด้วยเหตุนี้ทิศทางการ พัฒนาในระยะต่อไปจึงควรมุ่งเน้นการออกแบบและพัฒนาระบบเฉพาะที่มีความสามารถในการดำเนินงาน โดยอัตโนมัติมากยิ่งขึ้น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ ลดภาระงาน และยกระดับความแม่นยำของกระบวนการ ทดสอบโดยรวม

ในอนาคตเพื่อให้ระบบการทดสอบนี้สามารถใช้งานได้ดีและใช้เพื่อช่วยส่งเสริมการประกัน คุณภาพทางห้องปฏิบัติการให้เจ้าหน้าที่มีสมรรถนะในการตรวจวินิจฉัยเชื้อมาลาเรียที่ดี ต้องปรับปรุง คุณภาพของภาพถ่ายฟิล์มเลือดดิจิทัลให้มีความชัดเจนยิ่งขึ้น ใช้เลนส์วัตถุกำลังขยาย 100 เท่า เพื่อให้ได้ ภาพที่ใกล้เคียงกับการมองผ่านกล้องจุลทรรศน์ พัฒนาระบบให้สามารถแสดงภาพแบบเสมือนจริงที่ สามารถเลื่อนภาพในแนวระนาบรวมถึงปรับโฟกัสได้คล้ายกับการใช้กล้องจุลทรรศน์จริงรวมถึงพัฒนา โปรแกรมเฉพาะที่ช่วยให้ระบบการสมัคร ระบบการทดสอบและการรายงานผลมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ควรเพิ่มจำนวนและความหลากหลายของชุดทดสอบ เพิ่มความท้าทายในการตรวจวินิจฉัย เช่น วัตถุตัวอย่างแบบติดเชื้อมากกว่าหนึ่งชนิด (mixed infection) และมีระดับความหนาแน่นของเชื้อ

ที่หลากหลาย เพื่อประเมินทักษะของผู้ทดสอบได้อย่างครอบคลุมสอดคล้องกับแนวทางการขององค์การอนามัยโลกที่แนะนำให้ใช้ชุดทดสอบความชำนาญที่ครอบคลุมเชื้อมาลาเรียทุกชนิดที่พบในภูมิภาค⁽¹⁰⁾ ควรพัฒนารูปแบบการรายงานผลให้แสดงเฉลยและคำอธิบายเกี่ยวกับลักษณะของเชื้อ เพื่อให้ผู้ทดสอบสามารถเรียนรู้และพัฒนาทักษะได้อย่างมีประสิทธิภาพ ควรขยายการดำเนินงานให้ครอบคลุมห้องปฏิบัติการทั่วประเทศ โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีการระบาดของโรคไข้มาลาเรีย เพื่อส่งเสริมการประเมินสมรรถนะของบุคลากรทุกระดับอย่างครอบคลุมและสนับสนุนเป้าหมายการกำจัดโรคไข้มาลาเรีย

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงต่อผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องและคณะผู้ร่วมงานทุกท่าน ที่ได้ให้คำแนะนำ ข้อเสนอแนะ และการสนับสนุนอันมีคุณค่า ซึ่งมีส่วนสำคัญอย่างยิ่งต่อความสำเร็จของงานวิจัยฉบับนี้ ขอขอบคุณหน่วยงานต้นสังกัด ที่ให้การสนับสนุนด้านสถานที่ เครื่องมือ และทรัพยากรต่างๆ ที่เอื้อต่อการดำเนินงานวิจัยให้เป็นไปอย่างราบรื่นขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือในการเก็บรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ และการประสานงานในทุกขั้นตอนของการดำเนินงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

1. World Health Organization. World malaria report 2024. Geneva: World Health Organization [Internet]. 2024 [cited 2025 Dec 25]. Available from: <https://www.who.int/teams/global-malaria-programme/reports/world-malaria-report-2024>.
2. World Health Organization. Basic malaria microscopy: Part 1 Learner's Guide. 1991.
3. Ishengoma D, Rwegoshora R, Mdira K, Kamugisha M, Anga E, Bygbjerg I, et al. Health laboratories in the Tanga region of Tanzania: the quality of diagnostic services for malaria and other communicable diseases. *Ann Trop Med Parasitol*. 2009;103(5):441–53.
4. Milne L, Kyi M, Chiodini P, Warhurst D. Accuracy of routine laboratory diagnosis of malaria in the United Kingdom. *J Clin Pathol*. 1994;47(8):740–2.
5. Mukadi P, Gillet P, Lukuka A, Atua B, Kahodi S, Lokombe J, et al. External quality assessment of malaria microscopy in the Democratic Republic of the Congo. *Malar J*. 2011;10(1):308. doi: 10.1186/1475-2875-10-308
6. Ahmed L, Seal LH, Ainley C, De la Salle B, Brereton M, Hyde K, et al. Web-based virtual microscopy of digitized blood slides for malaria diagnosis: an effective tool for skills assessment in different countries and environments. *J Med Internet Res*. 2016;18(8):e213. doi: 10.2196/jmir.6027
7. Pollak JJ, Hourì-Yafin A, Salpeter SJ. Computer vision malaria diagnostic systems—progress and prospects. *Front Public Health*. 2017;5:219. doi: 10.3389/fpubh.2017.00219
8. Shambhu S, Koundal D, Das P, Hoang VT, Tran-Trung K, Turabieh H. Computational methods for automated analysis of malaria parasite using blood smear images: recent advances. *Comput Intell Neurosci*. 2022;2022(1):3626726. doi: 10.1155/2022/3626726

9. Marchevsky AM, Wan Y, Thomas P, Krishnan L, Evans–Simon H, Haber H. Virtual microscopy as a tool for proficiency testing in cytopathology: a model using multiple digital images of Papanicolaou tests. *Arch Pathol Lab Med.* 2003;127(10):1,320–4.
10. World Health Organization. *Malaria Microscopy Quality Assurance Manual–Version 2.* 2016.
11. Ashraf S, Kao A, Hugo C, Christophel EM, Fatunmbi B, Luchavez J, et al. Developing standards for malaria microscopy: external competency assessment for malaria microscopists in the Asia–Pacific. *Malar J.* 2012;11:352. doi: 10.1186/1475–2875–11–352
12. Bland JM, Altman D. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *The lancet.* 1986;327(8476):307–10.
13. Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *International journal of nursing studies.* 2010;47(8):931–6.
14. Gerke O. Reporting standards for a Bland–Altman agreement analysis: A review of methodological reviews. *Diagnostics.* 2020;10(5):334. doi: 10.3390/diagnostics10050334
15. Rosado L, Da Costa JMC, Elias D, Cardoso JS. Automated detection of malaria parasites on thick blood smears via mobile devices. *Procedia Computer Science.* 2016;90:138–44.
16. Beck HP. Digital microscopy and artificial intelligence could profoundly contribute to malaria diagnosis in elimination settings. *Front Artif Intell.* 2022;5:510483. doi: 10.3389/frai.2022.510483.
17. Maguire JD, Lederman ER, Barcus MJ, O’Meara WAP, Jordon RG, Duong S, et al. Production and validation of durable, high quality standardized malaria microscopy slides for teaching, testing and quality assurance during an era of declining diagnostic proficiency. *Malar J.* 2006;5:92. doi: 10.1186/1475–2875–5–92
18. Tegegne B, Ejigu K, Alemu G, Fetene Y, Endaylalu K, Melese M. Performance of malaria microscopy external quality assessment and networking among health facilities in west Amhara region, Ethiopia. *BMC Infect Dis.* 2020;20(1):355. doi: 10.1186/s12879–020–05077–5
19. Holmström O, Linder N, Ngasala B, Mårtensson A, Linder E, Lundin M, et al. Point – of–care mobile digital microscopy and deep learning for the detection of soil–transmitted helminths and *Schistosoma haematobium*. *Glob Health Action.* 2017;10(sup3):1337325. doi: 10.1080/16549716.2017.1337325
20. Sudathip P, Saejeng A, Khantikul N, Thongrad T, Kitchakarn S, Sugaram R, et al. Progress and challenges of integrated drug efficacy surveillance for uncomplicated malaria in Thailand. *Malar J.* 2021;20(1):261. doi: 10.1186/s12936–021–03791–2