

นิพนธ์ต้นฉบับ

Original Article

การประเมินและควบคุมความไม่แน่นอนในการตรวจความสมบูรณ์ของเลือด ให้อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ของห้องปฏิบัติการโลหิตวิทยา โรงพยาบาลสกลนคร

สกลเดช ไชไพบวัน วท.บ.*

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาเชิงพรรณนาแบบภาคตัดขวาง โดยเก็บรวบรวมข้อมูล IQC จำนวน 40 ค่า และข้อมูล EQA ประจำปี พ.ศ. 2567 ทำการวิเคราะห์พารามิเตอร์หลัก ได้แก่ White Blood Cell (WBC) Red Blood Cell (RBC) Hemoglobin (Hb) Hematocrit (Hct) และ Platelet (PLT)

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อคำนวณค่าความไม่แน่นอนของการวัดและกำหนดขอบเขตความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ (Tolerance Limit) สำหรับผลการตรวจ CBC โดยใช้ข้อมูลจาก IQC และ EQA ของห้องปฏิบัติการโรงพยาบาลสกลนคร โดยการคำนวณค่าความไม่แน่นอนรวม (Combined Uncertainty; CU) และค่าความไม่แน่นอนขยาย (Expanded Uncertainty; EU) ตามแนวทาง Nordtest และเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน Clinical Laboratory Improvement Amendments (CLIA)

ผลการวิเคราะห์พบว่า ค่าความไม่แน่นอนขยาย (U) ของทุกพารามิเตอร์อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ของ CLIA ได้แก่ WBC: $\pm 4.96\%$, RBC: $\pm 0.66\%$, Hb: $\pm 3.88\%$, Hct: $\pm 4.04\%$, PLT: $\pm 9.82\%$ สะท้อนว่าข้อมูลจากการควบคุมคุณภาพในห้องปฏิบัติการสามารถใช้ประเมิน MU ได้อย่างเหมาะสมและควรบูรณาการไว้ในระบบคุณภาพ เพื่อรองรับการขอรับรอง ISO 15189 ในอนาคต

คำสำคัญ: ความไม่แน่นอนของการวัด CBC ห้องปฏิบัติการ การควบคุมคุณภาพ ISO 15189

* นักเทคนิคการแพทย์ชำนาญการ งานโลหิตวิทยา กลุ่มงานเทคนิคการแพทย์และพยาธิวิทยาคลินิก โรงพยาบาลสกลนคร
รับบทความ: 25 มิถุนายน 2568 แก้ไขบทความ: 6 สิงหาคม 2568 รับผิดชอบบทความ: 15 สิงหาคม 2568

Assessment and Control of Measurement Uncertainty in Complete Blood Count to Meet Acceptable Criteria in the Hematology Laboratory of Sakon Nakhon Hospital

Sakondet Kaipraiwan B.Sc.*

Abstract

This descriptive cross-sectional study was conducted to evaluate measurement uncertainty and establish tolerance limits for complete blood count (CBC) parameters. Data collection encompassed 40 internal quality control (IQC) values and external quality assessment (EQA) data from 2024. The analysis focused on five hematological parameters: white blood cell count (WBC), red blood cell count (RBC), hemoglobin concentration (Hb), hematocrit (Hct), and platelet count (PLT).

The primary objective of this investigation was to calculate measurement uncertainty values and establish acceptable tolerance limits for CBC analytical results utilizing IQC and EQA data from the hematology laboratory at Sakon Nakhon Hospital. The methodology involved computing combined uncertainty (U_c) and expanded uncertainty (U) following Nordtest guidelines, with subsequent comparison against Clinical Laboratory Improvement Amendments (CLIA) acceptance criteria.

Analytical findings demonstrated that expanded uncertainty values for all assessed parameters remained within CLIA-acceptable thresholds: WBC $\pm 4.96\%$, RBC $\pm 0.66\%$, Hb $\pm 3.88\%$, Hct $\pm 4.04\%$, and PLT $\pm 9.82\%$. These results substantiate that quality control data derived from laboratory operations can be appropriately utilized for measurement uncertainty assessment. The findings indicate the feasibility of integrating measurement uncertainty evaluation into the laboratory's quality management system, thereby supporting future ISO 15189 accreditation requirements and enhancing analytical reliability in clinical hematology diagnostics.

Keywords: Measurement uncertainty, complete blood count, Laboratory quality, Hematology, ISO 15189

* Medical Technologist (Senior Professional Level), Medical Technology and Clinical Pathology Department, Sakon Nakhon Hospital

Received: June 25, 2025, Revised: August 6, 2025, Accepted: August 15, 2025

บทนำ

การตรวจความสมบูรณ์ของเลือด (Complete Blood Count; CBC) เป็นหนึ่งในการตรวจวิเคราะห์พื้นฐานที่มีความสำคัญต่อการวินิจฉัยและติดตามอาการของผู้ป่วย โดยเฉพาะในกลุ่มโรคระบบเลือด ภาวะติดเชื้อ และโรคเรื้อรังต่าง ๆ ดังนั้น ความถูกต้องและความแม่นยำของผลตรวจ CBC จึงถือเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการรักษา แม้ห้องปฏิบัติการทางคลินิกจะมีการควบคุมคุณภาพภายใน (IQC) และการประเมินคุณภาพภายนอก (EQA) อย่างต่อเนื่อง แต่หลายแห่งยังไม่ได้ประเมินค่าความไม่แน่นอนของการวัด (Measurement Uncertainty; MU) อย่างเป็นระบบ ทั้งที่ MU เป็นตัวชี้วัดสำคัญที่สะท้อนคุณภาพของผลการตรวจวิเคราะห์ และเป็นข้อกำหนดในมาตรฐานสากล เช่น ISO 15189 และ ILAC G17^{1,2} แนวทางการประเมิน MU ยังมีความหลากหลาย โดยมีรายงานเสนอให้ควบคุม bias และ CV เพื่อเพิ่มความปลอดภัยในการตรวจวิเคราะห์^{3,4}

ในประเทศไทย เริ่มมีการเสนอแนวเชิงนโยบายโดยสถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ⁵ แต่แนวทางเหล่านี้ยังไม่ถูกนำมาใช้จริงในห้องปฏิบัติการส่วนใหญ่ โดยเฉพาะในโรงพยาบาลศูนย์ และโรงพยาบาลทั่วไป ปัจจุบันยังไม่มีการศึกษาที่ใช้ข้อมูลควบคุมคุณภาพจริงเป็นฐานในการประเมิน MU สำหรับ CBC อย่างแพร่หลาย งานวิจัยนี้จึงมุ่งประเมินค่าความไม่แน่นอนจากข้อมูล IQC และ EQA ที่สะท้อนสภาพการทำงานจริงของห้องปฏิบัติการ เพื่อรองรับการกำหนดเกณฑ์ Tolerance ที่เหมาะสม ซึ่งจะช่วยยกระดับคุณภาพผลตรวจ CBC ให้สอดคล้องกับแนวทางสากล และเตรียมความพร้อมสู่การรับรองมาตรฐานในอนาคต

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อกำหนดค่าความไม่แน่นอนของการวัด (Measurement Uncertainty; MU) ในการตรวจวิเคราะห์ความสมบูรณ์ของเลือด (Complete Blood Count; CBC) โดยใช้ข้อมูลจากการควบคุมคุณภาพภายใน (Internal Quality Control; IQC) และการประเมินคุณภาพภายนอก (External Quality Assessment; EQA) ตามแนวทาง Nordtest

2. เพื่อกำหนดเกณฑ์การยอมรับค่าความไม่แน่นอน (Acceptance Criteria) และขอบเขตความคลาดเคลื่อนที่

ยอมรับได้ (Tolerance Limits) สำหรับผลการตรวจวิเคราะห์ CBC ในห้องปฏิบัติการโลหิตวิทยา โรงพยาบาลสกลนคร โดยอ้างอิงแนวทางจาก ISO 15189, ILAC G17 และ CLIA¹

สมมติฐานการวิจัย

การคำนวณค่าความไม่แน่นอนในการตรวจ CBC ด้วยข้อมูลคุณภาพภายในห้องปฏิบัติการ จะสามารถระบุช่วงความไม่แน่นอนได้อย่างชัดเจน และค่าดังกล่าวอยู่ในเกณฑ์ที่สอดคล้องกับความถูกต้องแม่นยำของผลการตรวจ

วิธีการวิจัย

ดำเนินการในห้องปฏิบัติการโลหิตวิทยา โรงพยาบาลสกลนคร โดยใช้เครื่องตรวจ Sysmex XN-Series รุ่น XN-3000 ในการตรวจวิเคราะห์ และใช้ข้อมูลผลผลการประเมินคุณภาพภายนอก (EQA) ปี 2567 จำนวน 12 รอบ ซึ่งทุกรายการที่นำมาใช้ได้รับคะแนนผ่านเกณฑ์มาตรฐาน (Target score >80)

การเลือกวิธีการคำนวณค่าความไม่แน่นอนของการตรวจ CBC ปัจจุบันมีแนวทางในการประเมินค่าความไม่แน่นอนของการวัด (Measurement Uncertainty; MU) หลายวิธี ทั้งแบบ Bottom-up ตามแนวทาง GUM และ Top-down ซึ่งอ้างอิงจากข้อมูลการควบคุมคุณภาพ (IQC/EQA) โดยวิธีที่ได้รับความนิยมในห้องปฏิบัติการทางคลินิกคือ Top-down เนื่องจากสามารถประยุกต์ใช้ข้อมูลที่มีอยู่แล้วได้สะดวก และเหมาะสมกับการประเมินคุณภาพเชิงระบบในสภาพแวดล้อมจริง

สำหรับการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้วิธีการคำนวณแบบ Top-down โดยใช้ข้อมูลการควบคุมคุณภาพภายใน (IQC) และข้อมูลจากการประเมินคุณภาพภายนอก (EQA) เพื่อให้สะท้อนสภาพการให้บริการจริง รวมถึงใช้สำหรับการกำหนดขีดจำกัดการยอมรับ (tolerance limit) ซึ่งมีประโยชน์ต่อการควบคุมคุณภาพในห้องปฏิบัติการ

สูตรที่ใช้ในการคำนวณค่าความไม่แน่นอน

1. %CV (จาก IQC)

$$\%CV = \left(\frac{SD}{Mean} \right) \times 100$$

2. Bias (จาก EQA)

$$Bias = \left[\frac{\text{Measured value} - \text{Target value}}{\text{Target value}} \right] \times 100$$

3. Combined uncertainty (MU_c)

$$MU_c = \sqrt{(\%CV)^2 + (\text{Bias})^2}$$

4. Expanded uncertainty (MU_e)

$$MU_e = MU_c \times k \text{ (โดยทั่วไปใช้ } k = 2 \text{)}$$

5. Tolerance limit (TL)

$$TL = \text{Mean} \pm MU_e$$

ข้อพิจารณาทางด้านจริยธรรม

การศึกษาวิจัยฉบับนี้ได้รับการพิจารณาและอนุมัติจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ โรงพยาบาลสกลนคร (Sakon Nakhon Hospital Human Research Ethics Committee) ตามหนังสืออนุมัติเลขที่ SKNH REC No.079/2567 วันที่ 13 พฤษภาคม พ.ศ. 2568 โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาบนพื้นฐานของหลักคุณธรรมและจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์อย่างเคร่งครัด ไม่เปิดเผยชื่อหรือข้อมูลส่วนบุคคลของผู้เกี่ยวข้อง และใช้ข้อมูลผลการตรวจทางห้องปฏิบัติการที่ได้รับอนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่สามารถระบุตัวตนของผู้ป่วยได้ (de-identified data) ทั้งนี้เพื่อประโยชน์ทางวิชาการและการพัฒนาระบบคุณภาพในห้องปฏิบัติการ โดยไม่ก่อให้เกิดความเสี่ยงหรือผลกระทบต่อผู้ป่วยหรือบุคลากรแต่อย่างใด

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ใช้ข้อมูลจากสารควบคุมคุณภาพภายใน (IQC) ที่ใช้กับเครื่อง XN-3000 และผลประเมินคุณภาพภายนอก (EQA) ของรายการตรวจ CBC ได้แก่ เม็ดเลือดขาว (WBC) เม็ดเลือดแดง (RBC) ฮีโมโกลบิน (Hb) ฮีมาโตคริต (Hct) เกล็ดเลือด (PLT)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องวิเคราะห์ความสมบูรณ์ของเม็ดเลือด (Automated Hematology Analyzer) ใช้เครื่อง Sysmex XN-Series ซึ่งเป็นเครื่องตรวจวิเคราะห์ CBC อัตโนมัติที่ผ่านการสอบเทียบและควบคุมคุณภาพตามมาตรฐานห้องปฏิบัติการ

2. สารควบคุมคุณภาพ (Quality Control Material) ใช้สารควบคุมระดับปกติ (L1), ต่ำ (L2) และสูง (L3) จากบริษัท Sysmex ซึ่งมีค่าเฉลี่ยและค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานกำกับไว้ชัดเจน

3. โปรแกรมหรือสูตรการคำนวณค่าความไม่แน่นอน (Measurement Uncertainty: MU) ใช้การคำนวณตาม

แนวทาง GUM (Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement) และ ILAC-G17¹ โดยอิงข้อมูลจากค่า CV, S.D. ของสารควบคุมในช่วงระยะเวลาที่กำหนด

4. แบบฟอร์มบันทึกข้อมูลออกแบบโดยผู้วิจัย เพื่อบันทึกข้อมูล control, ค่าเฉลี่ย, ค่า CV และค่าคำนวณ MU, Tolerance limit สำหรับการวิเคราะห์ผล

การเก็บรวบรวมข้อมูล

วิจัยเก็บข้อมูลจากผลการควบคุมคุณภาพภายใน (IQC) ของเครื่องตรวจ CBC ย้อนหลังเป็นระยะเวลา 6 เดือน (ต.ค. 2567 – มี.ค. 2568) โดยรวบรวมค่าผลการตรวจ CBC ของสารควบคุมระดับต่าง ๆ (L1, L2, L3) ที่มีการสอบเทียบและควบคุมคุณภาพอย่างต่อเนื่อง แล้วนำข้อมูลมาคำนวณค่าความไม่แน่นอนของการวัด (Measurement Uncertainty: MU) และวิเคราะห์เปรียบเทียบกับช่วงค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ในแต่ละพารามิเตอร์

การวิเคราะห์ข้อมูล

การควบคุมคุณภาพภายในใช้ในการตรวจสอบค่าผลตรวจด้วยแนวคิด multirole ของ Westgard ซึ่งเป็นมาตรฐานที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในห้องปฏิบัติการทางคลินิก⁶ ข้อมูลที่ได้จากสารควบคุมคุณภาพภายในจะนำมาคำนวณค่าความไม่แน่นอนของการวัด (Measurement Uncertainty: MU) ตามแนวทางของ GUM และ ILAC-G17² โดยใช้ค่าความแปรปรวน (Standard Deviation: S.D.) และค่าความเบี่ยงเบนสัมพัทธ์ (Coefficient of Variation: %CV) จากผลควบคุมคุณภาพรายวัน แล้ววิเคราะห์เปรียบเทียบกับช่วงค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ (Tolerance Limit) เพื่อประเมินความเหมาะสมของระบบการรายงานผล CBC

ผลการวิจัย

สำหรับการประเมิน MU จากข้อมูล IQC และ EQA ในการศึกษาครั้งนี้ ได้คำนวณค่า U run และ U target โดยใช้ข้อมูลจากการควบคุมคุณภาพภายในและภายนอกตามลำดับ โดย

U run หมายถึง ค่า uncertainty จาก IQC ที่ได้จากการคำนวณค่า %CV ของแต่ละพารามิเตอร์จากผลการควบคุมคุณภาพภายในของห้องปฏิบัติการ

U target หมายถึง ค่า uncertainty ที่ได้จากค่า

Bias โดยเปรียบเทียบค่าผลตรวจกับค่าที่ได้รับการยอมรับ รวมกันเป็น Combined Uncertainty ก่อนขยายเป็น หรือค่ากลางจาก EQA Expanded เพื่อใช้ในการประเมินผลในขั้นตอนต่อไป
จากนั้นจึงนำค่า U run และ U target มาคำนวณ

ข้อมูลควบคุมคุณภาพภายใน (IQC)

ตารางที่ 1 ตารางแสดงค่าเฉลี่ย, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.), และร้อยละความแปรปรวน พารามิเตอร์(CV%) ของแต่ละพารามิเตอร์

พารามิเตอร์	Mean (IQC)	S.D. (IQC)	CV% (IQC)	Allowable CV%	Result
WBC	2.93	0.07	2.39	4.0	Acceptable
RBC	4.29	0.01	0.23	3.0	Acceptable
Hb	11.6	0.11	0.95	2.5	Acceptable
HCT	34.4	0.37	1.08	3.0	Acceptable
PLT	165.6	6.9	4.17	7.0	Acceptable

โดยจากตารางพบว่าทุกพารามิเตอร์ผ่านเกณฑ์ ทำให้มั่นใจได้ว่า ข้อมูล IQC ที่ใช้คำนวณ MU และ allowable CV% ตามมาตรฐาน CLSI/Manufacturer, Tolerance มีความเสถียรสูง ค่าความไม่แน่นอนที่คำนวณ PLT แม้จะมี CV สูงสุด (4.17%) แต่ก็ยังผ่านเกณฑ์ (7.0%) ได้

ตารางที่ 2 ตารางแสดงค่าความไม่แน่นอนที่คำนวณได้

พารามิเตอร์	CV%	Bias%	Combined Uncertainty (uc)	Expanded Uncertainty (U)
WBC	2.39	-0.68	2.48	4.96
RBC	0.23	-0.23	0.33	0.66
Hb	0.95	-1.69	1.94	3.88
HCT	1.08	-1.71	2.02	4.04
PLT	4.17	-2.59	4.91	9.82

จากค่าการคำนวณทำให้ทราบว่าค่าความไม่แน่นอน พารามิเตอร์ ส่วน RBC ควบคุมความไม่แน่นอนได้ดีที่สุดในระดับที่ควบคุมได้ PLT มีค่า U สูงตามธรรมชาติของ (U = ± 0.66%)

การเปรียบเทียบกับเกณฑ์ Tolerance Limit

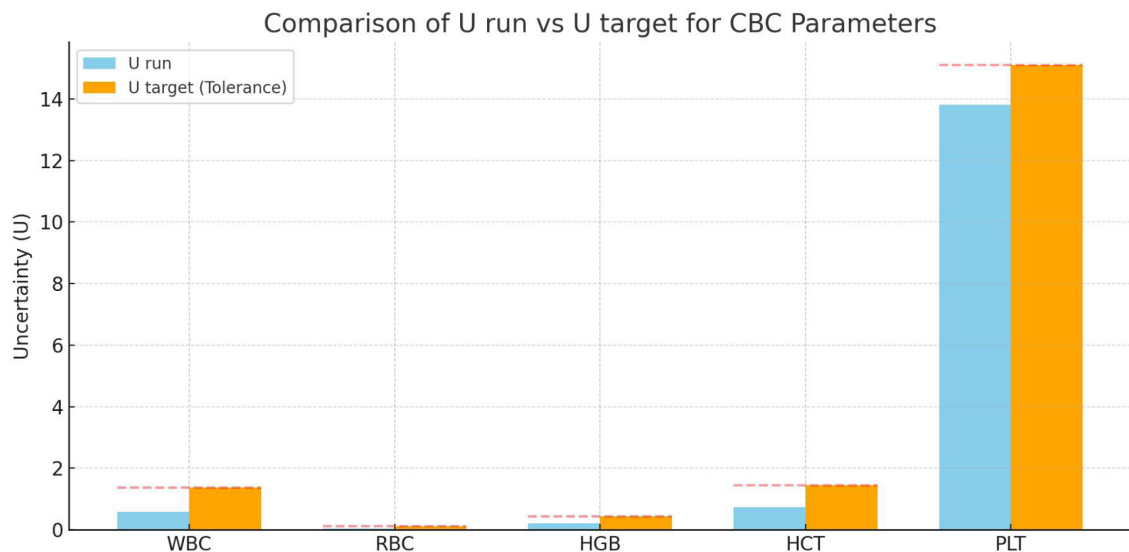
ตารางที่ 3 ตารางแสดงการเปรียบเทียบกับเกณฑ์ Tolerance Limit

พารามิเตอร์	U (%)	CLIA Limit (%)	Acceptable / Not acceptable
WBC	4.78	15%	Acceptable
RBC	0.66	-	Not Applicable
Hb	2.09	7%	Acceptable
HCT	2.41	6%	Acceptable
PLT	8.89	25%	Acceptable

จากตารางแสดงให้เห็นว่าค่าความไม่แน่นอนที่ขยายแล้ว (Expanded Uncertainty; U) ของแต่ละพารามิเตอร์อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดโดย CLIA ทั้งหมด ยกเว้น RBC

ซึ่งไม่ปรากฏเกณฑ์เปรียบเทียบโดยตรงในคู่มือ CLIA แต่ค่าที่ได้ยังอยู่ในระดับต่ำและสอดคล้องกับการควบคุมคุณภาพภายในที่มีประสิทธิภาพ

กราฟที่ 1 กราฟแสดงการควบคุมคุณภาพของห้องปฏิบัติการโลหิตวิทยา โรงพยาบาลสกลนคร



กราฟผลการเปรียบเทียบแสดงให้เห็นว่าค่าความไม่แน่นอนจากการรันจริง (U run) ของทุกพารามิเตอร์ต่ำกว่าขอบเขตที่ยอมรับได้ (U target) สะท้อนถึงประสิทธิภาพของระบบควบคุมคุณภาพในห้องปฏิบัติการ

วิจารณ์และสรุป

การศึกษานี้ประเมินค่าความไม่แน่นอนของการวัด (Measurement Uncertainty: MU) ในการตรวจ Complete Blood Count (CBC) โดยใช้ข้อมูลจากการควบคุมคุณภาพภายใน (IQC) และภายนอก (EQA) ตามแนวทาง Data-driven โดยใช้แนวคิดจาก Nordtest และ GUM¹ ซึ่งสอดคล้องกับข้อเสนอของ Yavuz² และ Braga⁷ ที่เห็นว่า MU ควรประเมินจากข้อมูลจริง เพื่อสะท้อนคุณภาพการตรวจที่แท้จริง ไม่ใช่เพียงคำนวณตามทฤษฎีเท่านั้น

จากผลการวิเคราะห์พบว่า พารามิเตอร์ CBC ที่ศึกษาทั้ง 5 รายการ (WBC, RBC, Hb, HCT และ PLT) ให้ค่า %CV, Bias และ MU ที่อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้เมื่อเปรียบเทียบกับค่า allowable CV% และค่า tolerance limit ตามเอกสารอ้างอิงมาตรฐาน เช่น CLSI^{3,4} หรือค่าจากผู้ผลิต⁵ แสดงให้เห็นว่าห้องปฏิบัติการมีความสามารถในการวิเคราะห์ CBC ได้อย่างมีความแม่นยำและเชื่อถือได้ อีกทั้ง

ยังแสดงศักยภาพในการใช้แนวคิด MU เพื่อยืนยันความถูกต้องของผลการตรวจในเชิงคุณภาพได้จริง จึงควรส่งเสริมให้มีการประเมิน MU อย่างต่อเนื่องในห้องปฏิบัติการ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของระบบประกันคุณภาพในเชิงรุก

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอเชิงนโยบายคือ ห้องปฏิบัติการควรมีระบบติดตามและประเมินค่าความไม่แน่นอนของการวัดรายพารามิเตอร์อย่างต่อเนื่อง เพื่อใช้ในการควบคุมคุณภาพเชิงรุกและวางแผนบริหารความเสี่ยงอย่างเป็นระบบ แนวทางการรายงานค่าความไม่แน่นอนควรได้รับการส่งเสริมให้เป็นแนวปฏิบัติในระดับห้องปฏิบัติการ

นอกจากนี้ ควรพิจารณาใช้ MU ควบคู่กับค่า Total Error เพื่อประเมินคุณภาพผลตรวจที่รอบด้าน ซึ่งสอดคล้องกับข้อเสนอของ Kallner⁹ ขณะเดียวกันประเทศไทยควรมีแนวทางกลางที่ช่วยให้ห้องปฏิบัติการสามารถประเมิน MU ได้อย่างสอดคล้องกัน เพื่อรองรับระบบคุณภาพระดับประเทศ ตามแนวทางของ Sciacovelli และคณะ¹⁰

สุดท้าย การจัดทำฐานข้อมูล MU อย่างต่อเนื่องจะเป็นรากฐานที่ดีในการเตรียมความพร้อมของห้องปฏิบัติการเข้าสู่การรับรองมาตรฐาน ISO 15189 และใช้เป็นหลักฐาน

ทางวิชาการสำหรับพัฒนาแนวทางปฏิบัติร่วมในระดับประเทศในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ให้คำแนะนำและให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยอย่างละเอียด รอบด้าน และเสนอแนะแนวทางการแก้ไขข้อบกพร่องอย่างตรงจุด เพื่อควบคุมคุณภาพเครื่องมือให้สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

ขอขอบคุณคณะทำงาน งานโลหิตวิทยา กลุ่มงานเทคนิคการแพทย์และพยาธิวิทยาคลินิก โรงพยาบาลสกลนคร ที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดียิ่งตลอดกระบวนการศึกษา รวมถึงขอบคุณทีมสนับสนุนงานควบคุมคุณภาพที่ช่วยจัดเตรียมข้อมูลที่เกี่ยวข้องอย่างเป็นระบบท้ายที่สุดนี้ ข้าพเจ้าขอขอบคุณทุกกำลังใจจากผู้ร่วมงานและครอบครัว ที่เป็นแรงสนับสนุนทางใจอันสำคัญยิ่งตลอดระยะเวลาการดำเนินงานวิจัยฉบับนี้

เอกสารอ้างอิง

1. International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC). ILAC G17: Introducing the concept of uncertainty of measurement. ILAC; 2021.
2. Joint Committee for Guides in Metrology (JCGM). Evaluation of measurement data: guide to the expression of uncertainty in measurement [Internet]. 2008 [Cited 2025 Jan 10]. Available from: https://www.bipm.org/documents/20126/2071204/JCGM_100_2008_E.pdf
3. Yavuz HB, Akyüz D, Gündüz E, Köroğlu M. Two approaches for measurement uncertainty estimation: which role for bias?. Turk J Biochem 2021;46(6):639–45
4. White GH. The effect of analytical bias on the clinical interpretation of laboratory data. Clin Chim Acta 2001;307(1–2):135–141.
5. สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ. ร่างเอกสารประชาพิจารณ์เกี่ยวกับแนวทางความไม่แน่นอนของการวัด. กรุงเทพฯ: สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ; 2567
6. Westgard JO, Barry PL, Hunt MR, Groth T. A multi-rule Shewhart chart for quality control in clinical chemistry. Clin Chem 1981;27(3):493–501.
7. Braga F, Panteghini M. Generation, propagation, and reporting of measurement uncertainty in laboratory medicine. Clin Biochem 2016;49(13–14):1015–1019.
8. Zorzi A, Plebani M. The importance of measurement uncertainty in laboratory medicine. Clin Biochem 2010;43(4–5):285–291.
9. Kallner A. Uncertainty of measurement and total error: friends or foes?. Clin Chem Lab Med 2008;46(9):1183–1189.
10. Sciacovelli L, Secchiero S, Zardo L, et al. Criteria and tools to harmonize laboratories for measurement uncertainty estimation. Clin Chem Lab Med 2021;59(7):1232–1240.