



## การพัฒนารูปแบบการดำเนินงานการตรวจทางห้องปฏิบัติการอย่างสมเหตุผล (RLU) ในโรงพยาบาลเชียงแสนด้วย Six Sigma

ธนัยวัฒน์ ติงาม<sup>1</sup>, อมรศักดิ์ โพธิ์อำ<sup>2\*</sup>

### บทคัดย่อ

การวิจัยและพัฒนานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาสถานการณ์การตรวจทางห้องปฏิบัติการอย่างสมเหตุผล (Rational Laboratory Use: RLU) 2) พัฒนารูปแบบการดำเนินงาน RLU โดยใช้กระบวนการ Six Sigma DMAIC และ 3) ประเมินผลการนำรูปแบบไปใช้จริงในโรงพยาบาลเชียงแสน จังหวัดเชียงราย ดำเนินการวิจัยระหว่างเดือนมกราคม-ธันวาคม พ.ศ.2568 กลุ่มตัวอย่างคือบุคลากรทางการแพทย์ จำนวน 46 คน ซึ่งเป็นสมาชิกคณะกรรมการ RLU คัดเลือกกลุ่มตัวอย่างด้วยวิธีเฉพาะเจาะจง เก็บข้อมูลจากระบบ HIS/LIS และแบบสอบถาม วิเคราะห์ข้อมูล Sigma Level, DPMO, Pareto Analysis, Chi-square test, Paired t-test และ Linear Regression Analysis

ผลการวิจัยพบว่า ค่าพื้นฐาน Sigma Level ของกระบวนการอยู่ที่ 2.0 Sigma (DPMO = 305,495, Yield = 69.45%) มีอัตราการสั่งตรวจแบบชุดที่ไม่เหมาะสม (Inappropriate Laboratory Test Request Rate: ILTR) ในกลุ่มเป้าหมายร้อยละ 32.84 โดยกลุ่ม LFT มีปัญหาวิกฤตที่สุด (Sigma = 0.6) หลังดำเนินการ DMAIC ครบ 5 ขั้นตอนเกิด Paradoxical Outcome กล่าวคือ จำนวน ILTR เพิ่มขึ้นเป็น 79,767 ครั้ง และค่า Sigma Level ลดลงเหลือ 1.1 ซึ่งมีสาเหตุหลักจากการปรับโครงสร้างเมนู HIS ที่ทำให้การสั่งตรวจ Electrolyte Profile เพิ่มขึ้น 12,287.32% อย่างเป็นผลที่ไม่คาดหวัง อย่างไรก็ตาม ความพึงพอใจและทัศนคติเชิงบวกของบุคลากรต่อกระบวนการ RLU เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกมิติ ( $p < 0.001$ ) รูปแบบ DMAIC ที่พัฒนาขึ้นมีศักยภาพในการนำไปประยุกต์ใช้ในโรงพยาบาลชุมชนอื่น โดยต้องให้ความสำคัญกับการทดสอบนำร่องระบบ HIS ก่อนการปรับเปลี่ยน และการติดตามตัวชี้วัดอย่างต่อเนื่อง

**คำสำคัญ:** การตรวจทางห้องปฏิบัติการอย่างสมเหตุผล, Six Sigma, DMAIC, โรงพยาบาลชุมชน, ผลลัพธ์ชัดเจน

<sup>1</sup> นักเทคนิคการแพทย์ชำนาญการ กลุ่มงานเทคนิคการแพทย์ โรงพยาบาลเชียงแสน อำเภอเชียงแสน จังหวัดเชียงราย, E-mail: tanaiwat@gmail.com

<sup>2</sup> คณะสหเวชศาสตร์ วิทยาลัยนอร์ทเทิร์น, E-mail: Amornsakpoum1@gmail.com, \*ผู้วิจัยร่วม



## Development of a Rational Laboratory Use (RLU) operating model in Chiang Saen Hospital by using Six Sigma.

Tanaiwat Deengam<sup>1</sup>, Amornsak Poom<sup>2</sup>

### Abstract

This research and development study aimed to (1) assess the baseline situation of rational laboratory use (RLU), (2) develop an RLU operational model using the Six Sigma DMAIC process, and (3) evaluate implementation outcomes at Chiang Saen Hospital, Chiang Rai Province. The study was conducted from January to December 2025. A purposive sample of 46 medical personnel from the RLU committee participated. Data were collected from HIS/LIS systems and questionnaires, analyzed using Sigma Level, DPMO, Pareto Analysis, Chi-square test, Paired t-test, and Linear Regression.

Results revealed a baseline Sigma Level of 2.0 (DPMO = 305,495, Yield = 69.45%), with an Inappropriate Laboratory Test Request Rate (ILTR) of 32.84% among target test groups. The LFT group exhibited critical underperformance (Sigma = 0.6). Following full DMAIC implementation, a Paradoxical Outcome emerged: ILTR increased to 79,767 episodes and Sigma Level declined to 1.1, primarily attributable to an unintended 12,287.32% surge in Electrolyte Profile orders triggered by HIS menu restructuring. Notably, staff satisfaction and positive attitudes toward RLU improved significantly across all dimensions ( $p < 0.001$ ). The developed DMAIC model provides a replicable framework for community hospitals, emphasizing the critical importance of HIS pilot testing prior to menu restructuring and continuous performance monitoring.

**Keywords:** Rational Laboratory Use, Six Sigma, DMAIC, Community Hospital, Paradoxical Outcome

<sup>1</sup> Department of Medical Laboratory, Chiang Saen Hospital, Chiang Saen District, Chiang Rai Province. E-mail: tanaiwat@gmail.com

<sup>2</sup> Faculty of Allied Health Science, Northern College, \*Corresponding author

## บทนำ

การตรวจทางห้องปฏิบัติการทางการแพทย์ถือเป็นองค์ประกอบที่ขาดไม่ได้ของกระบวนการวินิจฉัยโรคและการดูแลรักษาผู้ป่วย ผลการตรวจมีอิทธิพลต่อการตัดสินใจทางคลินิกของแพทย์มากถึงร้อยละ 60–70 (Plebani, 2006; Rohr et al., 2016) ทว่าหลักฐานทางวิชาการระดับนานาชาติชี้ให้เห็นอย่างสม่ำเสมอว่าการตรวจทางห้องปฏิบัติการประมาณร้อยละ 20–50 อาจมีความไม่เหมาะสม ไม่ว่าจะเป็นการสั่งตรวจมากเกินไปเกินความจำเป็น (Overutilization) หรือน้อยเกินไป (Underutilization) ซึ่งก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อความปลอดภัยของผู้ป่วยและสร้างภาระค่าใช้จ่ายที่ไม่จำเป็นต่อระบบสาธารณสุข (Zhi et al., 2013; van Walraven & Naylor, 1998) ในบริบทของประเทศไทย ข้อมูลจากกระทรวงสาธารณสุขในปีงบประมาณ 2564 ระบุว่าโรงพยาบาลสังกัดสำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุขกว่า 900 แห่ง มีมูลค่าการส่งตรวจทางห้องปฏิบัติการรวมสูงถึง 5,577 ล้านบาท (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2566) หากสัดส่วนการส่งตรวจที่ไม่เหมาะสมอยู่ที่ร้อยละ 20 ตามที่ Salinas และคณะ (2018) ประเมินไว้ การบริหารจัดการที่มีประสิทธิภาพสามารถลดค่าใช้จ่ายได้ไม่น้อยกว่า 1,000 ล้านบาทต่อปี กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข จึงพัฒนาแนวคิดการตรวจทางห้องปฏิบัติการอย่างสมเหตุผล (Rational Laboratory Use: RLU) ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2565 สอดคล้องกับแนวทาง Choosing Wisely Campaign ที่ขยายตัวแล้วกว่า 20 ประเทศทั่วโลก (Born et al., 2019; Levinson et al., 2015)

โรงพยาบาลเชียงแสนเป็นโรงพยาบาลชุมชนระดับทุติยภูมิ (F1/S) ขนาด 60 เตียง ตั้งอยู่ในเขตเศรษฐกิจพิเศษชายแดนไทย-ลาว-พม่า จังหวัดเชียงราย ให้บริการประชากรในพื้นที่ประมาณ 56,000 คน กลุ่มงานเทคนิคการแพทย์มีค่าใช้จ่ายด้านการตรวจทางห้องปฏิบัติการช่วงปี พ.ศ. 2565–2567 รวม 13,562,956.40 บาท เฉลี่ยมากกว่า 4 ล้านบาทต่อปี โดยงานเคมีคลินิกมีมูลค่าสูงสุดถึง 3,733,517.71 บาท หรือร้อยละ 27.5 ของงบประมาณรวม (โรงพยาบาลเชียงแสน, 2567) ข้อมูลเหล่านี้ชี้ให้เห็นถึงความจำเป็นเร่งด่วนในการยกระดับประสิทธิภาพการส่งตรวจ ด้วยข้อจำกัดด้านทรัพยากรและงบประมาณในบริบทโรงพยาบาลชุมชน ผู้วิจัยจึงสนใจบูรณาการกระบวนการ Six Sigma ซึ่งเป็นเครื่องมือปรับปรุงคุณภาพที่ได้รับการพิสูจน์ประสิทธิภาพในภาคการดูแลสุขภาพ (Antony et al., 2018; DelliFraine et al., 2010) เข้ากับแนวคิด RLU เพื่อพัฒนารูปแบบการดำเนินงานที่เป็นระบบ โดยมุ่งลดอัตราการส่งตรวจที่ไม่เหมาะสม (Inappropriate Laboratory Test Request Rate: ILTR) และยกระดับคุณภาพการบริการอย่างยั่งยืน

## วัตถุประสงค์

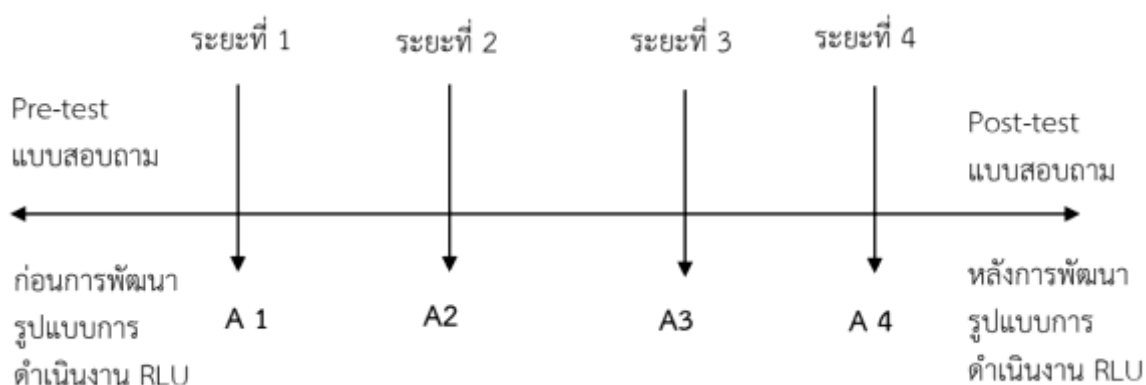
1. เพื่อศึกษาสถานการณ์ปัจจุบันของการตรวจทางห้องปฏิบัติการอย่างสมเหตุผล (RLU) ในโรงพยาบาลเชียงแสน
2. เพื่อพัฒนารูปแบบการดำเนินงานการตรวจทางห้องปฏิบัติการอย่างสมเหตุผล (RLU) โดยใช้แนวคิดกระบวนการ Six Sigma



3. เพื่อประเมินผลการนำรูปแบบการดำเนินงานที่พัฒนาขึ้นไปใช้จริงในโรงพยาบาลเชียงใหม่

### กรอบแนวคิดการวิจัย

กรอบแนวคิดการวิจัยนี้บูรณาการหลักการ Six Sigma DMAIC เข้ากับแนวคิด Rational Laboratory Use (RLU) โดยกำหนดนิยามความบกพร่อง (Defect) คือการสั่งตรวจแบบชุด (Profile Tests) ที่ไม่สอดคล้องกับข้อบ่งชี้ทางคลินิก (Inappropriate Laboratory Test Request: ILTR) เป้าหมายคือการยกระดับกระบวนการสั่งตรวจให้ถึงระดับ 4 Sigma ( $\text{Yield} \geq 99.38\%$ ,  $\text{DPMO} \leq 6,210$ ) ตัวแปรอิสระประกอบด้วย 5 กลุ่มปัจจัยหลัก ได้แก่ (1) นโยบายและการบริหาร (2) ระบบสารสนเทศ (HIS/LIS) (3) แนวทางปฏิบัติทางคลินิก (CPGs) (4) กระบวนการ DMAIC และ (5) กลยุทธ์การบริหารคุณภาพ ส่วนตัวแปรตามคือประสิทธิผลของ RLU วัดด้วย Sigma Level, DPMO, ILTR Rate และความพึงพอใจของบุคลากร



ผู้วิจัยกำหนดระยะเวลาดำเนินการวิจัยทั้งหมด 12 เดือน ระหว่างเดือน มกราคม - ธันวาคม พ.ศ. 2568 โดยแบ่งระยะการดำเนินงานออกเป็น 4 ระยะ (Phases) ดังนี้:

ระยะที่ 1 (A1) การเก็บข้อมูลพื้นฐาน (Baseline Phase) ระยะเวลา: 2 เดือน (มกราคม - กุมภาพันธ์ 2568)

ระยะที่ 2 (A2) การดำเนินการปรับปรุง (Implementation Phase) ระยะเวลา 5 เดือน (มีนาคม - กรกฎาคม 2568)

ระยะที่ 3 (A3): การควบคุมและประเมินผลหลังการปรับปรุง (Control Phase) ระยะเวลา 3 เดือน (สิงหาคม - ตุลาคม 2568)

ระยะที่ 4 (A4) การวิเคราะห์และจัดทำรายงาน (Reporting Phase) ระยะเวลา 2 เดือน (พฤศจิกายน - ธันวาคม 2568)

## วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษานี้เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development: R&D) แบบผสมผสานหลายระยะ (Borg & Gall, 1989) โดยใช้กระบวนการ Six Sigma DMAIC (Define–Measure–Analyze–Improve–Control) เป็นกรอบแนวคิดหลัก (Pyzdek & Keller, 2014) บูรณาการกับขั้นตอน 4 ขั้นสู่ RLU Hospital ของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ (2566) เพื่อพัฒนารูปแบบการตรวจทางห้องปฏิบัติการอย่างสมเหตุผล ณ โรงพยาบาลเชียงแสน ดำเนินการวิจัยทั้งสิ้น 12 เดือน (มกราคม–ธันวาคม พ.ศ. 2568) แบ่งเป็น 4 ระยะ ได้แก่ ระยะที่ 1 การเก็บข้อมูลพื้นฐาน (มกราคม–กุมภาพันธ์), ระยะที่ 2 การดำเนินการปรับปรุง (มีนาคม–กรกฎาคม), ระยะที่ 3 การควบคุมและประเมินผล (สิงหาคม–ตุลาคม) และระยะที่ 4 การวิเคราะห์และจัดทำรายงาน (พฤศจิกายน–ธันวาคม)

## ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ศึกษาคือบุคลากรทางการแพทย์ในโรงพยาบาลเชียงแสนที่มีความเกี่ยวข้องกับการสั่งตรวจทางห้องปฏิบัติการ จำนวน 239 คน กลุ่มตัวอย่างเป็นทีมสหวิชาชีพจำนวน 46 คน คัดเลือกด้วยวิธีเฉพาะเจาะจง (Purposive Sampling) (Patton, 2015) ตามเกณฑ์คัดเข้า คือปฏิบัติงานในโรงพยาบาลไม่น้อยกว่า 1 ปีและมีบทบาทโดยตรงกับกระบวนการ Pre-analytic, Analytic หรือ Post-analytic แบ่งเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ คณะกรรมการ RLU (10 คน) แพทย์ผู้ปฏิบัติงาน (7 คน) พยาบาลจาก 5 แผนกที่มีปริมาณการส่งตรวจสูง (24 คน) และนักเทคนิคการแพทย์ (5 คน)

## เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือในการพัฒนาระบบ ได้แก่ รูปแบบการดำเนินงาน DMAIC, ระบบ CDSS (Clinical Decision Support System) พร้อม Pop-up Alert ที่ติดตั้งใน HIS, แนวทางปฏิบัติทางคลินิก (CPGs) และกลไก Poka-Yoke เครื่องมือเก็บข้อมูลประกอบด้วยข้อมูลทุติยภูมิจากระบบ HIS/LIS และแบบสอบถามความพึงพอใจและทัศนคติต่อ RLU ซึ่งผ่านการตรวจสอบความตรงของเนื้อหาโดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน (IOC  $\geq 0.67$ ) และมีค่าความเชื่อมั่น Cronbach's Alpha = 0.91–0.92 ซึ่งอยู่ในระดับดีมาก

## การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติหลายวิธี ได้แก่ Sigma Level และ DPMO สำหรับวัดระดับขีดความสามารถของกระบวนการ, Pareto Analysis สำหรับระบุรายการตรวจที่มีปัญหาสำคัญ (Vital Few), Chi-square test สำหรับทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการสั่งตรวจกับกลุ่มตรวจ, Paired t-test สำหรับเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยก่อนและหลังการดำเนินงาน, Linear Regression สำหรับวิเคราะห์แนวโน้ม และการประเมินความ



ยังยืนด้วยเกณฑ์ที่กำหนด (การเพิ่มขึ้น > ร้อยละ 20 ถือว่าไม่ยั่งยืน) กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่  $p < 0.05$

### การพิทักษ์สิทธิ์กลุ่มตัวอย่าง

การศึกษานี้ดำเนินการภายใต้หลักจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ตามปณิญาเฮลซิงกิ (Declaration of Helsinki) และพระราชบัญญัติคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคล พ.ศ. 2562 (PDPA) อย่างเคร่งครัด ได้รับการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดเชียงราย (COE No. 059/2568 ลงวันที่ 6 พฤษภาคม พ.ศ. 2568) ผู้เข้าร่วมวิจัยทุกรายได้รับการชี้แจงวัตถุประสงค์และประโยชน์ของการวิจัยเข้าร่วมด้วยความสมัครใจ และลงนามในหนังสือยินยอม โดยสามารถถอนตัวได้ในทุกขั้นตอนโดยไม่มีผลกระทบต่อการปฏิบัติงาน ข้อมูลดิบทั้งหมดถูกจัดเก็บในระบบที่ปลอดภัยเป็นระยะเวลา 5 ปีนับจากการเผยแพร่ผลงาน

### ผลการศึกษาวิจัย

#### สถานการณ์พื้นฐาน RLU (DEFINE และ MEASURE PHASE) ข้อมูลปี พ.ศ. 2565

Define Phase: แต่งตั้งคณะกรรมการ RLU จำนวน 11 คน (สหวิชาชีพ) เมื่อวันที่ 1 มิถุนายน 2567 และประกาศนโยบาย RLU เมื่อวันที่ 1 กรกฎาคม 2567 กำหนดนิยาม ILTR คือการสังเคราะห์แบบชุด (Profile Tests) ที่ไม่มีข้อบ่งชี้ทางคลินิกชัดเจน การวิเคราะห์ Force Field Analysis พบว่าพฤติกรรม Defensive Medicine จากความกังวลด้านกฎหมายเป็นแรงต้านสำคัญ การวิเคราะห์งบประมาณพบว่างานเคมีคลินิกใช้งบประมาณสูงสุดร้อยละ 31.17 รองลงมาคือ Immunology (ร้อยละ 27.32) และ Hematology (ร้อยละ 12.58)

Measure Phase: ข้อมูล Baseline ปี 2565 พบภาระงานรวม 64,642 รายการ แบ่งเป็นการสังเคราะห์แบบชุด (Profile Tests) ร้อยละ 19.19 (12,408 รายการ) และรายการเดี่ยว (Single Tests) ร้อยละ 80.81 (52,234 รายการ) การวิเคราะห์ Pareto ระบุ Vital Few 11 รายการ ครอบคลุมร้อยละ 78.48 ของปริมาณงานทั้งหมด กำหนดกลุ่มเป้าหมาย 4 กลุ่ม ได้แก่ LFT Profile, Lipid Profile, Electrolyte Profile และ Renal Function (BUN + Creatinine)

**ตารางที่ 1** ระดับ SIGMA LEVEL และ ILTR RATE ของกลุ่มตรวจเป้าหมาย ปี พ.ศ. 2565 (BASELINE)

| กลุ่มตรวจ              | จำนวน ILTR | จำนวนโอกาส | ILTR Rate (%) | Sigma Level | DPMO    |
|------------------------|------------|------------|---------------|-------------|---------|
| LFT Profile            | 7,168      | 8,934      | 80.31%        | 0.6         | 803,100 |
| Renal (BUN+Creatinine) | 7,508      | 21,224     | 46.48%        | 1.6         | 464,800 |
| Lipid Profile          | 1,122      | 4,956      | 29.16%        | 2.0         | 291,600 |
| Electrolyte Profile    | 286        | 15,299     | 1.87%         | 3.6         | 18,700  |
| รวม                    | 16,084     | 48,973     | 32.84%        | 2.0         | 305,495 |

**หมายเหตุ:** Chi-square test ยืนยันความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการสั่งตรวจกับกลุ่มตรวจ ( $\chi^2 = 16,451.30$ ,  $df = 2$ ,  $p < 0.001$ ); DPMO = Defects Per Million Opportunities; Yield = สัดส่วนการสั่งตรวจที่เหมาะสม

### รูปแบบการดำเนินงาน RLU ที่พัฒนาขึ้น (ANALYZE และ IMPROVE PHASE)

Analyze Phase: วิเคราะห์สาเหตุรากเหง้าด้วย Fishbone Diagram (4M Analysis) และ 5 Whys พบสาเหตุสำคัญ 4 ด้าน ได้แก่ (1) Man: พฤติกรรม Defensive Ordering ของแพทย์จากความกังวลด้านความรับผิดชอบกฎหมายและความขัดแย้งในองค์กร (2) Method: ขาดแนวทางปฏิบัติทางคลินิก (CPGs) ที่ชัดเจนและปฏิบัติได้จริงในบริบทโรงพยาบาลชุมชน (3) Measurement: ขาดระบบติดตามผลแบบ Real-time และการ Feedback รายบุคคล และ (4) Machine: ระบบ HIS/LIS ที่ไม่มีระบบเตือนการสั่งซ้ำและไม่แสดงประวัติการตรวจก่อนหน้านี้

IMPROVE PHASE: พัฒนา 4 มาตรการหลัก ได้แก่ (1) ระบบ CDSS พร้อม POKA-YOKE ALERTS: ติดตั้ง POP-UP ALERT เตือนการสั่งตรวจซ้ำหรือไม่สอดคล้องกับ CPGs พร้อมระบบแสดงผลสำหรับคำผิดปกติ (2) CPGs สำหรับ 4 กลุ่มตรวจเป้าหมาย อ้างอิงจาก CHOOSING WISELY, WHO และราชวิทยาลัยแพทย์ไทย (3) การปรับโครงสร้างเมนู HIS (UNBUNDLING): แยกรายการตรวจออกจากชุดเพื่อส่งเสริมการสั่งตรวจรายการเดี่ยวตามข้อบ่งชี้ และ (4) การบริหารการเปลี่ยนแปลง: จัดอบรม WORKSHOP, สื่อสารนโยบาย และ FEEDBACK SESSION รายไตรมาส



### ผลที่ 3: การประเมินประสิทธิผล (CONTROL PHASE) ปี พ.ศ. 2567 เทียบกับ BASELINE ปี 2565

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบตัวชี้วัดด้านกระบวนการ ปี พ.ศ. 2565, 2566 และ 2567

| ตัวชี้วัด                   | ปี 2565<br>(Baseline) | ปี 2566 (ระหว่าง<br>ดำเนินการ) | ปี 2567<br>(ผลลัพธ์) |
|-----------------------------|-----------------------|--------------------------------|----------------------|
| ปริมาณงานรวม (รายการ)       | 64,642                | 79,178                         | 136,784              |
| ILTR (ครั้ง)                | 4,063                 | 14,027                         | 79,767               |
| Profile Test Ratio (%)      | 23.57                 | 36.80                          | 58.30 ↑              |
| Sigma Level                 | 2.0                   | 1.5                            | 1.1 ↓ (Paradox)      |
| DPMO                        | 305,495               | 418,240                        | 583,100              |
| Electrolyte Profile (ครั้ง) | 284                   | 3,412                          | 35,180 (+12,287%)    |

หมายเหตุ: Paired t-test เปรียบเทียบปี 2565 กับปี 2567:  $t = -2.44$ ,  $df = 3$ ,  $p = 0.093$  (ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากข้อจำกัดของ  $df$ )

ปัจจัยขับเคลื่อนหลักของ ILTR ที่เพิ่มขึ้นคือ Electrolyte Profile ที่เพิ่มจาก 284 ครั้ง (ปี 2565) เป็น 35,180 ครั้ง (ปี 2567) คิดเป็นการเพิ่มขึ้น 12,287.32% อันเป็นผลจากการปรับโครงสร้างเมนู HIS ที่รวม Na, K, Cl, CO2 เข้าใน Electrolyte Profile ส่งผลให้แพทย์หันมาสั่งตรวจแบบชุดแทนรายการเดี่ยว ข้อยกเว้นที่ประสบความสำเร็จคือ Renal Function โดย BUN/Creatinine Ratio อยู่ที่ร้อยละ 49.8 ในปี 2567 แสดงให้เห็นว่าเมื่อมี CPGs ที่ชัดเจนและปฏิบัติได้จริง แพทย์สามารถปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการสั่งตรวจได้

การวิเคราะห์ Linear Regression ของ ILTR รายปีพบ Slope = 31,841.50 ครั้งต่อปี ( $R^2 = 0.978$ ) บ่งชี้แนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง การประเมินความยั่งยืนพบว่าทุกกลุ่มตรวจมีการเพิ่มขึ้นเกินเกณฑ์ร้อยละ 20 (Electrolyte +53.09%, Lipid +63.75%, BUN +22.55%, LFT +20.56%) โดย Lipid Profile เป็นกลุ่มเดียวที่มีนัยสำคัญทางสถิติ (Slope = 5,925.50/ปี,  $R^2 = 0.996$ ,  $p = 0.038$ )

ตารางที่ 3 ความพึงพอใจของบุคลากรต่อการดำเนินงาน RLU ก่อนและหลังการพัฒนารูปแบบ (n = 46)

| ตัวแปร                                           | ก่อน (Mean, SD) | หลัง (Mean, SD) | t      | p-value  |
|--------------------------------------------------|-----------------|-----------------|--------|----------|
| ทัศนคติต่อการดำเนินงาน RLU                       | 4.37 (0.345)    | 4.75 (0.200)    | 21.936 | < 0.001* |
| ความพึงพอใจในกระบวนการให้บริการทางห้องปฏิบัติการ | 3.90 (0.675)    | 4.41 (0.415)    | 5.391  | 0.023*   |

| ตัวแปร                                                           | ก่อน (Mean, SD) | หลัง (Mean, SD) | t      | p-value |
|------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------|--------|---------|
| ความพึงพอใจในคุณภาพผลตรวจทางห้องปฏิบัติการ                       | 4.11 (0.659)    | 4.47 (0.389)    | 5.342  | 0.023*  |
| ความพึงพอใจในการดำเนินงานการตรวจทางห้องปฏิบัติการอย่างสมเหตุสมผล | 4.14 (0.589)    | 4.58 (0.300)    | 10.050 | 0.002*  |

หมายเหตุ: \* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05; Paired t-test; ช่วงความเชื่อมั่น 95%

## การประเมินทัศนคติและความพึงพอใจของบุคลากรต่อการพัฒนารูปแบบการดำเนินงาน RLU

### โรงพยาบาลเชียงแสน ด้วย Six Sigma

#### ลักษณะของกลุ่มตัวอย่าง

การศึกษาครั้งนี้ใช้รูปแบบการวิจัยและพัฒนา (R&D) แบบกลุ่มเดียววัดก่อนและหลัง (One group pretest-posttest design) โดยมีกลุ่มตัวอย่างรวม 46 คน ประกอบด้วยบุคลากรทางการแพทย์ในโรงพยาบาลเชียงแสน ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง (ร้อยละ 84.78) มีอายุเฉลี่ย 41.24 ปี (S.D. = 9.19) ตำแหน่งงานส่วนใหญ่เป็นพยาบาลวิชาชีพ (ร้อยละ 65.22) รองลงมาคือแพทย์ (ร้อยละ 17.39) และนักเทคนิคการแพทย์ (ร้อยละ 15.22) ระดับการศึกษาส่วนใหญ่อยู่ในระดับปริญญาตรี (ร้อยละ 86.96) และมีอายุงานเฉลี่ย 16.96 ปี (S.D. = 10.29)

#### ผลการประเมินทัศนคติต่อการดำเนินงาน RLU

ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบทัศนคติของบุคลากรต่อการดำเนินงาน RLU ด้วยสถิติ Paired t-test พบว่า ภายหลังจากพัฒนารูปแบบ กลุ่มตัวอย่างมีคะแนนเฉลี่ยทัศนคติสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากค่าเฉลี่ยก่อนการพัฒนา 4.37 (S.D. = 0.345) เป็น 4.75 (S.D. = 0.200) หลังการพัฒนา ( $t = 21.936$ ,  $df = 90$ ,  $p < 0.001$ ) โดยค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ลดลงสะท้อนให้เห็นว่าบุคลากรมีความเห็นพ้องต้องกันในทิศทางเดียวกันมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับปรัชญาการลดความผันแปรของ Six Sigma

เมื่อพิจารณารายข้อ พบว่าทัศนคติที่เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ในทุกด้าน ได้แก่ ความเชื่อว่า RLU จะช่วยปรับปรุงคุณภาพการรักษาผู้ป่วย ( $t = 125.859$ ,  $p < 0.001$ ) และความเห็นว่าบุคลากรทุกระดับควรได้รับการอบรมเกี่ยวกับ RLU ( $t = 97.963$ ,  $p < 0.001$ ) อย่างไรก็ตาม ยังพบว่าทัศนคติในประเด็นที่ว่า "การปรับเปลี่ยนแนวทางการส่งตรวจจะสร้างความยุ่งยากต่อกระบวนการทำงาน" ยังไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $t = 3.538$ ,  $p = 0.063$ ) บ่งชี้ถึงความกังวลที่ยังคงอยู่บางส่วนในกลุ่มบุคลากร

#### ผลการประเมินความพึงพอใจ

##### 1) ความพึงพอใจในกระบวนการให้บริการทางห้องปฏิบัติการ

บุคลากรมีความพึงพอใจในกระบวนการให้บริการทางห้องปฏิบัติการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากค่าเฉลี่ย 3.90 (S.D. = 0.675) เป็น 4.41 (S.D. = 0.415) ( $t = 5.391$ ,  $df = 90$ ,  $p = 0.023$ ) โดยด้านที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญคือ การเข้าถึงข้อมูลเกี่ยวกับการตรวจทางห้องปฏิบัติการที่สะดวกและรวดเร็วยิ่งขึ้น ( $t = 10.524$ ,  $p = 0.002$ ) ในขณะที่ความพึงพอใจในด้านระยะเวลาให้บริการ ความชัดเจนของขั้นตอน และความสะดวกรวดเร็วในการส่งตรวจยังไม่มีเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

## 2) ความพึงพอใจในคุณภาพของผลตรวจทางห้องปฏิบัติการ

บุคลากรมีความพึงพอใจในคุณภาพของผลตรวจเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากค่าเฉลี่ย 4.11 (S.D. = 0.659) เป็น 4.47 (S.D. = 0.389) ( $t = 5.342$ ,  $df = 90$ ,  $p = 0.023$ ) ที่น่าสังเกตคือ ค่า S.D. ที่ลดลงอย่างชัดเจนสะท้อนถึงความน่าเชื่อถือ (Reliability) ของระบบงานที่เพิ่มสูงขึ้น ซึ่งเป็นผลโดยตรงจากการที่ Six Sigma ช่วยจับจุดบกพร่องในกระบวนการ ทำให้ผลการตรวจมีความเสถียรมากขึ้น โดยด้านที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญคือการบริการให้คำแนะนำเพิ่มเติมเกี่ยวกับผลตรวจเมื่อจำเป็น ( $t = 4.140$ ,  $p = 0.045$ )

## 3) ความพึงพอใจในการดำเนินงาน RLU โดยรวม

บุคลากรมีความพึงพอใจต่อการดำเนินงาน RLU โดยรวมเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากค่าเฉลี่ย 4.14 (S.D. = 0.589) เป็น 4.58 (S.D. = 0.300) ( $t = 10.050$ ,  $df = 90$ ,  $p = 0.002$ ) ด้านที่มีความพึงพอใจสูงสุดหลังการพัฒนา ได้แก่ การดำเนินงาน RLU ช่วยให้เกิดการใช้ทรัพยากรทางห้องปฏิบัติการอย่างคุ้มค่าและเหมาะสม ( $t = 12.427$ ,  $p < 0.001$ ) และการดำเนินงาน RLU ช่วยให้ผู้รับบริการได้รับบริการที่เหมาะสมและปลอดภัยยิ่งขึ้น ( $t = 11.611$ ,  $p < 0.001$ )

ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า การพัฒนารูปแบบการดำเนินงาน RLU โดยประยุกต์ใช้แนวคิด Six Sigma ส่งผลให้บุคลากรทางการแพทย์ในโรงพยาบาลเชียงใหม่หัตถ์ศัลยกรรมที่ดีขึ้นและมีความพึงพอใจต่อกระบวนการให้บริการทางห้องปฏิบัติการสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกมิติที่ประเมิน ทั้งด้านกระบวนการ คุณภาพผลตรวจ และการดำเนินงาน RLU โดยรวม ซึ่งการลดลงของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในทุกมิติเป็นหลักฐานเชิงประจักษ์ที่สำคัญที่สอดคล้องกับปรัชญาหลักของ Six Sigma ในด้านการลดความผันแปรของกระบวนการ อย่างไรก็ตาม ยังพบประเด็นที่ต้องพัฒนาต่อเนื่อง โดยเฉพาะการแก้ไขความกังวลของบุคลากรเกี่ยวกับภาระงานที่อาจเพิ่มขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงแนวทางการส่งตรวจ และการพัฒนาระบบแจ้งเตือนในระบบสารสนเทศให้ตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

## การอภิปรายผลและสรุปผล

### 1. สถานการณ์ RLU BASELINE

ผลการศึกษาศถานการณ์พื้นฐานปี 2565 พบ Sigma Level ที่ 2.0 และ ILTR Rate ร้อยละ 32.84 ในกลุ่มเป้าหมาย 4 กลุ่ม สอดคล้องกับมาตรฐาน Six Sigma ที่ระบุว่ากระบวนการต่ำกว่าระดับ 3.0 Sigma ต้องการการปรับปรุงอย่างเร่งด่วน (Pyzdek & Keller, 2014) ค่าที่พบสะท้อนแนวโน้มระดับนานาชาติที่ Zhi และคณะ (2013) และ van Walraven & Naylor (1998) รายงานว่าการตรวจที่ไม่จำเป็นมีสัดส่วนสูงถึงร้อยละ 20–50 สาเหตุหลักมาจากพฤติกรรม Defensive Medicine ซึ่งเป็นอุปสรรคสำคัญที่ Cadamuro และคณะ (2019) รายงานไว้ในกรณีการดำเนินโครงการ Rational Test Use ทั่วโลก

### 2. รูปแบบ DMAIC ที่พัฒนาขึ้น

กระบวนการ DMAIC ครบ 5 ขั้นตอนที่พัฒนาขึ้นถือเป็นนวัตกรรมทางวิธีวิทยาที่โดดเด่น เนื่องจากไม่มีงานวิจัยในประเทศไทยที่บูรณาการ Six Sigma กับ RLU ในบริบทโรงพยาบาลชุมชนมาก่อน การมีส่วนร่วมของสหวิชาชีพตั้งแต่ Define Phase ช่วยสร้าง Buy-in และลดแรงต้านต่อการเปลี่ยนแปลง สอดคล้องกับ Kotter (1996) ที่เน้นความสำคัญของการสร้างแนวร่วมที่เข้มแข็งในการบริหารการเปลี่ยนแปลงองค์กร การนำ Nudge Theory (Thaler & Sunstein, 2008) มาออกแบบระบบ CDSS และ Pop-up Alert สะท้อนแนวทางที่ Bates และคณะ (2003) พบว่าสามารถลด ILTR ได้ร้อยละ 15–30 ในสภาพแวดล้อมที่ออกแบบอย่างเหมาะสม

### 3. PARADOXICAL OUTCOME และบทเรียนที่ได้

การที่บุคลากรมีทัศนคติที่ดีขึ้นแต่พฤติกรรมการสั่งตรวจกลับเพิ่มขึ้น อธิบายได้ด้วย "ช่องว่างระหว่างเจตนาและพฤติกรรม (Intention-Behavior Gap)" (Prochaska & DiClemente, 1983) บุคลากรผ่านระยะแรกของการสร้างทัศนคติที่ดีต่อ RLU แต่ยังไม่สามารถแปรเจตนาออกมาเป็นพฤติกรรมที่พึงประสงค์ได้ภายใน 2 ปี ซึ่งสอดคล้องกับ Kotter (1996) ที่ระบุว่า การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมองค์กรต้องใช้เวลาอย่างน้อย 3–5 ปี รวมถึงต้องมีแรงจูงใจเชิงโครงสร้างที่เพียงพอ

สาเหตุหลักของ Paradoxical Outcome คือการปรับโครงสร้างเมนู HIS ในขั้นตอน Improve Phase ที่ทำให้ Electrolyte Profile เพิ่มขึ้น 12,287.32% ปรากฏการณ์นี้สนับสนุน Choice Architecture Theory (Thaler & Sunstein, 2008) ที่เน้นว่าการออกแบบสภาพแวดล้อมการตัดสินใจที่ไม่เหมาะสม แม้มีเจตนาดี อาจนำไปสู่ผลลัพธ์ที่ไม่พึงประสงค์ ผลการวิจัยยังสอดคล้องกับ van der Sijs และคณะ (2006) ที่อธิบาย Alert Fatigue ว่าเป็นข้อจำกัดสำคัญของระบบ CDSS ที่ต้องได้รับการออกแบบอย่างรอบคอบ

อย่างไรก็ตาม ความสำเร็จในการควบคุม BUN/Creatinine Ratio ให้อยู่ที่ร้อยละ 49.8 พิสูจน์ว่าเมื่อมี CPGs ที่ชัดเจนและปฏิบัติได้จริง แพทย์สามารถปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการสั่งตรวจได้ ในแง่สถิติ แม้ Paired



t-test จะไม่มีนัยสำคัญ ( $p = 0.093$ ) เนื่องจากข้อจำกัดด้านกำลังทางสถิติ ( $df = 3$ ) แต่ขนาดของการเปลี่ยนแปลงเชิงปฏิบัติ โดยเฉพาะต้นทุนความสูญเสีย (COPQ) ที่เพิ่มขึ้นกว่า 9.5 ล้านบาท มีความสำคัญเชิงนโยบายอย่างยิ่ง (Kelley & Preacher, 2012)

### สรุปผลการศึกษาวิจัย

การวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่ากระบวนการ DMAIC สามารถสร้างการเปลี่ยนแปลงเชิงบวกในมิติทัศนคติและความพึงพอใจของบุคลากรได้อย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.001$  ในทุกมิติ) อย่างไรก็ตาม ตัวชี้วัดด้านกระบวนการ (ILTR, Sigma Level) กลับเคลื่อนไปในทิศทางตรงข้ามกับที่ตั้งเป้าหมายไว้ สาเหตุหลักเกิดจาก Unintended Consequences ของการปรับโครงสร้างเมนู HIS ผลการวิจัยนี้เน้นย้ำว่าการพัฒนาคุณภาพในระบบสุขภาพต้องอาศัยการออกแบบระบบสารสนเทศที่รอบคอบ การทดสอบนำร่องก่อนการปรับใช้จริง และการมองภาพรวมของระบบที่ครอบคลุมทั้งมิติพฤติกรรมมนุษย์และเทคโนโลยี

### ข้อจำกัดของการศึกษาวิจัย

การวิจัยนี้มีข้อจำกัดสำคัญที่ต้องพิจารณา ได้แก่ (1) ขนาดกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก ( $N = 46$ ) ส่งผลต่อกำลังทางสถิติในการวิเคราะห์ ( $DF = 3$  ในบางการทดสอบ) (2) การศึกษาดำเนินการในโรงพยาบาลชุมชนแห่งเดียว อาจจำกัด GENERALIZABILITY สู่บริบทอื่น (3) ระยะเวลาติดตาม 12 เดือนอาจไม่เพียงพอสำหรับการประเมินการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมระยะยาว และ (4) ขาดกลุ่มควบคุม ทำให้ไม่สามารถแยกผลของการแทรกแซงจากปัจจัยภายนอกได้อย่างสมบูรณ์

### ข้อเสนอแนะ

#### ข้อเสนอแนะเร่งด่วนสำหรับโรงพยาบาลเชียงแสน

1. ทบทวนและแก้ไขโครงสร้างเมนู HIS โดยเร่งด่วน โดยเฉพาะ Electrolyte Profile ให้ตั้งค่า Default เป็นรายการเดี่ยว และกำหนดให้ต้องระบุเหตุผลทางคลินิกก่อนสั่ง Profile
2. ติดตามและประเมินผลรายเดือนด้วย Control Chart พร้อม Feedback รายบุคคล เพื่อให้แพทย์ทราบสถิติการสั่งตรวจของตนเองเปรียบเทียบกับเพื่อนร่วมงาน
3. จัดทำ Case Conference รายเดือนเพื่อทบทวนกรณีที่มีการสั่งตรวจแบบชุดโดยใช้ CPGs เป็นเกณฑ์อ้างอิง สร้างพื้นที่ปลอดภัยสำหรับการเรียนรู้ร่วมกัน (Edmondson, 1999)
4. ปรับแผน Control Phase โดยเพิ่มกลไกทบทวนรายไตรมาสอย่างเป็นทางการ พร้อม Action Plan เมื่อ ILTR เกินเกณฑ์ที่กำหนด

## ข้อเสนอแนะเชิงระเบียบวิธีสำหรับงานศึกษาวิจัยในอนาคต

งานวิจัยในอนาคตควรใช้การวิเคราะห์ Interrupted Time Series (ITS) หรือ Difference-in-Differences (DiD) เพื่อแยกผลของการแทรกแซงจากปัจจัยภายนอกอย่างมีความน่าเชื่อถือ ควรปรับตัวชี้วัดเป็น ILTR Rate ต่อ 100 Encounters เพื่อควบคุมผลของการเปลี่ยนแปลงปริมาณผู้ป่วย ทดสอบ Usability ของระบบ HIS/CDSS ก่อนและหลังปรับเปลี่ยน เก็บข้อมูลผลลัพธ์ทางคลินิกเพื่อประเมินผลกระทบต่อคุณภาพการดูแลผู้ป่วย และศึกษาเปรียบเทียบระหว่างโรงพยาบาลชุมชนเพื่อยืนยัน Generalizability ของรูปแบบที่พัฒนาขึ้น

## เอกสารอ้างอิง

- กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. (2566). รายงานสถิติการตรวจทางห้องปฏิบัติการ โรงพยาบาลสังกัดสำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข ปีงบประมาณ 2564. กรุงเทพมหานคร: กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์.
- โรงพยาบาลเชียงใหม่. (2567). รายงานประจำปีกลุ่มงานเทคนิคการแพทย์ ปีงบประมาณ 2565–2567. เชียงราย: โรงพยาบาลเชียงใหม่.
- Antony, J., Snee, R., & Hoerl, R. (2018). Lean Six Sigma: yesterday, today and tomorrow. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 35(1), 36–51. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-03-2017-0054>
- Bates, D. W., Kuperman, G. J., Wang, S., Gandhi, T., Kittler, A., Volk, L., Wald, J. S., & Middleton, B. (2003). Ten commandments for effective clinical decision support: making the practice of evidence-based medicine a reality. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 10(6), 523–530. <https://doi.org/10.1197/jamia.M1376>
- Borg, W. R., & Gall, M. D. (1989). *Educational Research: An Introduction* (5th ed.). New York: Longman.
- Born, K., Levinson, W., & Sharpe, N. (2019). How the Choosing Wisely Campaign is improving care in Canada. *BMJ*, 364, l849. <https://doi.org/10.1136/bmj.l849>
- Cadamuro, J., Ibarz, M., Cornes, M., Nybo, M., Haschke-Becher, E., von Meyer, A., Lippi, G., Vermeersch, P., Mrazek, C., Hanon, E., Brugnoli, D., & Simundic, A. M. (2019). Managing inappropriate requesting in laboratory diagnostics. *Diagnosis*, 6(3), 273–281. <https://doi.org/10.1515/dx-2019-0024>
- Choosing Wisely. (2012). *Choosing Wisely: An initiative of the ABIM Foundation*. Philadelphia: American Board of Internal Medicine Foundation.



- DelliFraine, J. L., Langabeer, J. R., & Nembhard, I. M. (2010). Assessing the evidence of Six Sigma and Lean in the health care industry. *Quality Management in Healthcare*, 19(3), 211–225. <https://doi.org/10.1097/QMH.0b013e3181e2e10c>
- Edmondson, A. C. (1999). Psychological safety and learning behavior in work teams. *Administrative Science Quarterly*, 44(2), 350–383. <https://doi.org/10.2307/2666999>
- Fryer, A. A., & Smellie, W. S. B. (2013). Managing demand for laboratory tests: a laboratory toolkit. *Journal of Clinical Pathology*, 66(1), 62–72. <https://doi.org/10.1136/jclinpath-2011-200524>
- Kelley, K., & Preacher, K. J. (2012). On effect size. *Psychological Methods*, 17(2), 137–152. <https://doi.org/10.1037/a0028086>
- Kotter, J. P. (1996). *Leading Change*. Boston: Harvard Business School Press.
- Levinson, W., Kallewaard, M., Bhatia, R. S., Wolfson, D., Shortt, S., & Kerr, E. A. (2015). ‘Choosing Wisely’: a growing international campaign. *BMJ Quality & Safety*, 24(2), 167–174. <https://doi.org/10.1136/bmjqs-2014-003552>
- Lundberg, G. D. (1994). The need for an outcomes research agenda for clinical laboratory testing. *JAMA*, 272(22), 1762.
- Patton, M. Q. (2015). *Qualitative Research & Evaluation Methods* (4th ed.). Thousand Oaks, CA: SAGE Publications.
- Plebani, M. (2006). Errors in clinical laboratories or errors in laboratory medicine? *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine*, 44(6), 750–759. <https://doi.org/10.1515/CCLM.2006.109>
- Prochaska, J. O., & DiClemente, C. C. (1983). Stages and processes of self-change of smoking: toward an integrative model of change. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 51(3), 390–395. <https://doi.org/10.1037/0022-006X.51.3.390>
- Pyzdek, T., & Keller, P. (2014). *The Six Sigma Handbook* (4th ed.). New York: McGraw-Hill.
- Rohr, U. P., Binder, C., Dieterle, T., Giusti, G., Messina, C. G. M., Toerien, E., Wiesner, L. J., & Schmitz, S. F. H. (2016). The value of in vitro diagnostic testing in medical practice: a status report. *PLOS ONE*, 11(3), e0149856. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0149856>

- Salinas, M., López-Garrigós, M., Flores, E., & Leiva-Salinas, C. (2018). Laboratory test inappropriate use worldwide: a systematic review. *Clinical Biochemistry*, 62, 1–17. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiochem.2018.07.011>
- Thaler, R. H., & Sunstein, C. R. (2008). *Nudge: Improving decisions about health, wealth, and happiness*. New Haven: Yale University Press.
- van der Sijs, H., Aarts, J., Vulto, A., & Berg, M. (2006). Overriding of drug safety alerts in computerized physician order entry. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 13(2), 138–147. <https://doi.org/10.1197/jamia.M1809>
- van Walraven, C., & Naylor, C. D. (1998). Do we know what inappropriate laboratory utilization is? A systematic review of laboratory clinical audits. *JAMA*, 280(6), 550–558. <https://doi.org/10.1001/jama.280.6.550>
- Westgard, J. O., & Westgard, S. A. (2006). The quality of laboratory testing today: an assessment of sigma metrics for analytic quality using performance data from proficiency testing surveys and the CLIA criteria for acceptable performance. *American Journal of Clinical Pathology*, 125(3), 343–354. <https://doi.org/10.1309/U7GYQ84PDJY4KBAH>
- Zhi, M., Ding, E. L., Theisen-Toupal, J., Whelan, J., & Arnaout, R. (2013). The landscape of inappropriate laboratory testing: a 15-year meta-analysis. *PLOS ONE*, 8(11), e78962. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0078962>