

การเปรียบเทียบผลการพัฒนาคุณภาพการตรวจวิเคราะห์ ก๊าซในเลือด ณ จุดดูแลผู้ป่วย โรงพยาบาลศิริราช โดยการใช้มาตรฐาน ISO 22870 ในส่วนข้อกำหนดด้านวิชาการ

บุรินทร์ทิพย์ ชัยสวัสดิ์

วท.บ. (เทคนิคการแพทย์), วท.ม. (วิทยาศาสตร์ปฏิบัติการคลินิก)*¹

นิศาธน์ โอภาสเกียรติกุล

วท.บ. (เกียรตินิยมอันดับ 2), พ.บ. (เกียรตินิยมอันดับ 1),

ป. ชัยสูง (พยาธิวิทยา), ว.ว. (พยาธิวิทยาคลินิก),

อ.ว. (เวชศาสตร์ครอบครัว), ปธ.ด. (วิทยาศาสตร์การแพทย์)*

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์: เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณภาพการตรวจวิเคราะห์ก๊าซในเลือด (arterial blood gas, ABG) ก่อนและหลังการปรับปรุงคุณภาพ โดยใช้ข้อกำหนดมาตรฐาน ISO 22870 ในส่วนข้อกำหนดด้านวิชาการ เป็นแนวทางในการบริหารจัดการคุณภาพ

วิธีดำเนินการวิจัย: การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงพรรณนา เก็บรวบรวมข้อมูลจาก พยาบาลและบุคลากรทางการแพทย์ที่เกี่ยวข้องในการตรวจวิเคราะห์ก๊าซในเลือด ณ จุดดูแลผู้ป่วย โรงพยาบาลศิริราช โดยขั้นตอนที่นำมาใช้ในการปรับปรุงคุณภาพ ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่ การหาโอกาสพัฒนา กำหนดตัวชี้วัด เก็บข้อมูลของสถานการณ์ก่อนการปรับปรุง กำหนดแนวทางในการปรับปรุงกระบวนการทดลองปรับปรุง และศึกษาผล

ผลการวิจัย: ค่าของตัวชี้วัด ได้แก่ ร้อยละของบุคลากรที่ได้รับการฝึกอบรมในการตรวจวิเคราะห์ ABG และ ร้อยละของบุคลากรหลังการฝึกอบรมที่ทดสอบความรู้ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดครบร้อยละ 100 จำนวนครั้งของการสอบเทียบเครื่องมือแล้วผ่านตามเกณฑ์การทดสอบ เพิ่มขึ้นเป็น 12 ครั้งต่อปี จำนวนคู่มือปฏิบัติงานที่ได้รับการพัฒนา เพิ่มขึ้น 2 ชุด ร้อยละของการทำการควบคุมคุณภาพภายใน มีอัตราเพิ่มขึ้น 330 ครั้ง (คิดเป็นร้อยละ 98.8 ของจำนวนที่ทำทั้งหมด 334 ครั้ง) และผลการควบคุมคุณภาพภายในที่ค่าสัมประสิทธิ์ของความผันแปรน้อยกว่า 10% พบว่า มีผลที่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด 188 ค่า (คิดเป็นร้อยละ 95.0 ของจำนวนผลการวิเคราะห์ทั้งหมด 198 ค่า)

สรุป: หลังจากการปรับปรุงคุณภาพ พบว่า ค่าของตัวชี้วัด มีการเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ดีขึ้นอย่างชัดเจนทุกตัวชี้วัด

* ภาควิชาพยาธิวิทยาคลินิก คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล

¹ ผู้ติดต่อ, อีเมล: jayasvasti_qm@yahoo.com

Abstract

Quality Improvement of the Point of Care Blood Gas Testing in Siriraj Hospital after Using ISO 22870: Technical Requirements

Burinthip Jayasvasti BSc (Medical Technology), MSc (Clinical Laboratory Science)*¹

Nisarot Opartkiattikul BSc (Hons), MD (Hons), Grad Dip Clin Sc (Clin Pathol), Dip Thai Brd Clin Pathol, FRC Path (Thailand), PhD (Medical Science),
Dip Thai Brd Fam Med*

* Department of Clinical Pathology, Faculty of Medicine Siriraj Hospital, Mahidol University.

¹ Corresponding author, e-mail address: jayasvasti_qm@yahoo.com

Objective: To compare the differences in the quality of Point of Care (POC) blood gas testing before and after implementation of the technical requirements of ISO 22870

Methods: This is a descriptive study which collected data from nurses and other medical personnel involved in the analysis of blood gas in each POC site. The steps used in quality improvement consisted of six processes which included: 1) finding opportunities for improvement, 2) establishing Key Performance Indicators (KPI), 3) collecting data from current operation conditions, 4) determining alternative process, 5) developing implementation strategy, and 6) summarizing the results.

Results: the results of the improvement were reflected by the KPIs which consisted of the percentage of personnel who obtained training in arterial blood gas analysis and percentage of personnel who passed examination after training which were 100%, the frequency of instrument calibration increased to 12 times per year, 2 sets of work instructions created, percentage of recorded internal quality control which was 98.8% and results of Internal Quality Control (IQC) which had coefficient of variation (CV) less than 10% were 188 out of 198 data which was 95.0%

Conclusion: After implementation of the quality improvement process, all KPIs change indicated clear improvement.

Keywords: quality improvement, point of care, blood gas analysis, international standard

บทนำ

การให้บริการตรวจวิเคราะห์ ณ จุดดูแลผู้ป่วย มีจุดประสงค์หลักเพื่อให้แพทย์ได้ทราบผลการวิเคราะห์ในเวลาอย่างรวดเร็ว เมื่อเปรียบเทียบกับบริการจากห้องปฏิบัติการกลาง¹⁻⁴ เนื่องจากการให้บริการตรวจวิเคราะห์ ณ จุดดูแลผู้ป่วยสามารถทำได้ในห้องผ่าตัด หออภิบาลผู้ป่วย และห้องฉุกเฉิน ทำให้การตัดสินใจให้การรักษามีประสิทธิภาพมากขึ้น⁵ การให้บริการดังกล่าว มีความแตกต่างจากการตรวจวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการกลาง ซึ่งทำการตรวจวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการโดยบุคลากรที่มีความรู้ และความชำนาญที่ได้รับการฝึกอบรมในการตรวจวิเคราะห์เหล่านั้น ในขณะที่การตรวจวิเคราะห์ ณ จุดดูแลผู้ป่วย มีการใช้งานในหลายหน่วยงาน ด้วยเครื่องมือที่หลากหลาย และบุคลากรทางการแพทย์ที่ทำการตรวจวิเคราะห์มีหลายกลุ่ม ซึ่งไม่มีความรู้เฉพาะทางห้องปฏิบัติการ⁶ การบริหารจัดการคุณภาพสำหรับการบริการตรวจวิเคราะห์ ณ จุดดูแลผู้ป่วยจึงเป็นเรื่องที่ท้าทายและสำคัญยิ่ง

การตรวจวิเคราะห์ก๊าซในเลือด เป็นหนึ่งในการตรวจวิเคราะห์ ณ จุดดูแลผู้ป่วย ที่ทำกันมาก ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ความผิดปกติจากระบบหายใจหรือกระบวนการเมแทบอลิซึมของร่างกาย เพื่อให้เข้าใจถึงการทำงานของเซลล์และพยาธิสภาพที่เกิดขึ้น โดยการวิเคราะห์ก๊าซในเลือด ณ จุดดูแลผู้ป่วย จะช่วยทำให้แพทย์ทราบผลการตรวจวิเคราะห์ที่รวดเร็วทันต่อใช้ในการรักษาผู้ป่วยที่อยู่ในชั้นวิกฤต⁷ โดยไม่ต้องรอผลการตรวจวิเคราะห์จากห้องปฏิบัติการกลาง แต่หากไม่มีระบบบริหารจัดการคุณภาพที่เหมาะสมก็อาจจะทำให้เกิดปัญหาขึ้นได้

โรงพยาบาลศิริราชเป็นโรงพยาบาลในสังกัดของรัฐ ขนาด 2,200 เตียง ได้รับการรับรองมาตรฐาน ISO 22870 สำหรับการเจาะน้ำตาลในเลือดจากปลายนิ้ว ณ จุดดูแลผู้ป่วย ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2552⁸ ระบบมาตรฐาน ISO 22870 นี้ มีขอบเขตของการนำไปใช้สำหรับการบริการการตรวจวิเคราะห์ ณ จุดดูแลผู้ป่วย ที่ดำเนินการในโรงพยาบาล ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ข้อกำหนดด้านบริหารจัดการ และข้อกำหนดด้านวิชาการ ในส่วนข้อกำหนดด้านวิชาการ ประกอบด้วย บุคลากร สถานที่และสภาวะแวดล้อม เครื่องมือในห้องปฏิบัติการ กระบวนการก่อนการวิเคราะห์ กระบวนการการวิเคราะห์ การประกันคุณภาพการวิเคราะห์ กระบวนการหลังการวิเคราะห์ และการรายงานผลการวิเคราะห์

เนื่องจากคณะกรรมการการตรวจวิเคราะห์ ณ จุดดูแลผู้ป่วย โรงพยาบาลศิริราช มีนโยบายที่จะนำระบบการบริหารจัดการคุณภาพ ISO 22870 มาใช้ใน 3 หน่วยงาน ที่ทำการตรวจวิเคราะห์ก๊าซ

ในเลือด ณ จุดดูแลผู้ป่วย ได้แก่ หออภิบาลผู้ป่วยทารกแรกเกิด หออภิบาลผู้ป่วยหลังผ่าตัด และห้องสังเกตอาการ คณะผู้วิจัยจึงต้องการศึกษาเพื่อหาแนวทางที่มีประสิทธิภาพในการนำระบบมาตรฐานคุณภาพ ISO 22870 มาใช้ในสถานพยาบาล และต้องการเปรียบเทียบผลการพัฒนาคุณภาพการตรวจวิเคราะห์ก๊าซในเลือด ณ จุดดูแลผู้ป่วย ก่อนและหลังการใช้มาตรฐาน ISO 22870 ในส่วนข้อกำหนดด้านวิชาการ

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย พยาบาลและบุคลากรทางการแพทย์ ที่เกี่ยวข้องในการตรวจวิเคราะห์ก๊าซในเลือด ณ จุดดูแลผู้ป่วย 3 หน่วยงาน ได้แก่ หออภิบาลผู้ป่วยทารกแรกเกิด หออภิบาลผู้ป่วยหลังผ่าตัด และห้องสังเกตอาการ โดยมีเกณฑ์การคัดเลือกและการคัดออกดังนี้

เกณฑ์การคัดเลือก

พยาบาลและบุคลากรทางการแพทย์ ที่เกี่ยวข้องในการตรวจวิเคราะห์ก๊าซในเลือด ณ จุดดูแลผู้ป่วย 3 หน่วยงาน ได้แก่ หออภิบาลผู้ป่วยทารกแรกเกิด หออภิบาลผู้ป่วยหลังผ่าตัด และห้องสังเกตอาการ ที่ปฏิบัติงานขณะที่ทำการเก็บข้อมูล และยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

เกณฑ์การคัดออก

พยาบาลและบุคลากรทางการแพทย์ ที่เกี่ยวข้องในการตรวจวิเคราะห์ก๊าซในเลือด ณ จุดดูแลผู้ป่วย ที่ไม่สามารถติดต่อได้

นิยามตัวแปร

การปรับปรุงคุณภาพ หมายถึง การเปลี่ยนแปลงหรือการปรับปรุงกิจกรรมขั้นตอนการทำงานเพื่อให้ผลที่ได้รับมีคุณภาพที่สูงขึ้น โดยขั้นตอนต่าง ๆ ได้มาจากการปรับปรุงโดยผู้ทรงคุณวุฒิ

ค่าของตัวชี้วัด หมายถึง สิ่งที่แสดงออกเป็นตัวเลขที่ชี้วัดแง่มุมต่างๆ ที่สอดคล้องกับการตัดสินใจของคณะผู้ทรงคุณวุฒิของการศึกษานี้ โดยสามารถเปรียบเทียบค่าระหว่างก่อนและหลังการปรับปรุงคุณภาพได้ อย่างเป็นมาตรฐานสากล

วิธีดำเนินการวิจัย

หลังจากได้รับการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคนของคณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล ผู้วิจัยได้ทำการประสานกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการตรวจวิเคราะห์ก๊าซในเลือด

ณ จุดดูแลผู้ป่วย ทั้ง 3 หน่วยงาน เพื่อขออนุญาตเก็บข้อมูลประกอบการทำวิจัย จากนั้นดำเนินการตามขั้นตอนการปรับปรุงคุณภาพ 6 ขั้นตอน ดังนี้

1. หาโอกาสพัฒนา

ใช้แบบสำรวจที่เกี่ยวข้องกับการตรวจวิเคราะห์ก๊าซในเลือด ณ จุดดูแลผู้ป่วย ในการเก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับประเมินสถานการณ์ก่อนการปรับปรุงคุณภาพ โดยดัดแปลงมาจากมาตรฐาน ISO 22870 ในส่วนข้อกำหนดด้านวิชาการ และให้ผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 4 ท่าน ซึ่งมีความเชี่ยวชาญในบริบทของการตรวจวิเคราะห์ก๊าซในเลือด ณ จุดดูแลผู้ป่วย และการรับรองจากระบบมาตรฐาน ISO 22870 ตรวจสอบความเที่ยงตรงและความสมบูรณ์ของเนื้อหา ก่อนนำไปใช้ในการเก็บข้อมูลจริง จากนั้นนำแบบสำรวจที่ได้ไปใช้ในการสัมภาษณ์บุคลากรซึ่งดูแลเครื่องตรวจวิเคราะห์ก๊าซในเลือดในแต่ละหน่วยงาน และนำผลที่เก็บรวบรวมได้ มาทำการคัดเลือกปัญหาที่ควรนำมาแก้ไขก่อน โดยใช้เทคนิคการลงคะแนนตามเกณฑ์ถ่วงน้ำหนัก ดังนี้

1.1. กำหนดเกณฑ์ โดยให้คณะผู้ทรงคุณวุฒิ 4 ท่าน (คณะผู้ทรงคุณวุฒิฯ) พิจารณาคัดเลือกปัญหา ได้แก่ ความสำคัญของปัญหา ระดับของปัญหา โอกาสที่จะได้รับความร่วมมือและประสบความสำเร็จในการพัฒนา ผู้บริหารเห็นความสำคัญ

1.2. กำหนดน้ำหนักสำหรับแต่ละเกณฑ์ โดยให้คณะผู้ทรงคุณวุฒิฯ พิจารณถึงความสำคัญของแต่ละเกณฑ์ที่ได้คัดเลือก โดยกำหนดเป็นจำนวนเท่า

1.3. ลงคะแนนโดยพิจารณาที่ละเกณฑ์ ให้ผู้ทรงคุณวุฒิแต่ละคนให้คะแนนปัญหาในแต่ละหัวข้อ จากนั้นนำคะแนนของทุกคนมาหาค่าเฉลี่ย โดยกำหนดคะแนนที่จะให้เป็นช่วง 1 ถึง 5 คือ 1 หมายถึง ระดับน้อยที่สุด และ 5 หมายถึง ระดับมากที่สุด

1.4. เมื่อคณะผู้ทรงคุณวุฒิฯ ลงคะแนนครบทุกเกณฑ์แล้ว นำน้ำหนักเกณฑ์ไปคูณคะแนนดิบจากเกณฑ์นั้น ในทุกช่องที่ให้คะแนนไว้

1.5. ผู้วิจัยรวมคะแนนที่ถ่วงน้ำหนักแล้วของทุกเกณฑ์ในแต่ละประเด็นปัญหาเข้าด้วยกัน แล้วเรียงลำดับคะแนนเพื่อจัดอันดับความสำคัญในการแก้ปัญหา

2. กำหนดตัวชี้วัด

หลังจากได้ปัญหาที่ต้องดำเนินการแก้ไขในลำดับเร่งด่วนจากการใช้เทคนิคการลงคะแนนตามเกณฑ์ถ่วงน้ำหนัก ผู้วิจัยได้กำหนดตัวชี้วัดที่สอดคล้องกับแต่ละประเด็นปัญหา โดยพิจารณาจากการนำมาใช้เก็บข้อมูลได้ง่าย วัดผลลัพธ์ที่เป็นเป้าหมายของกระบวนการ และสะท้อนผลของการปรับปรุงจากนั้นปรึกษาร่วมกับ

คณะผู้ทรงคุณวุฒิฯ ก่อนนำไปใช้ ทั้งนี้ได้กำหนดค่าจำกัดความในการเก็บข้อมูลด้วย เพื่อให้ข้อมูลที่ได้น่าเชื่อถือ และได้ผลถูกต้องมากยิ่งขึ้น

3. เก็บข้อมูลของสถานการณ์ก่อนการปรับปรุง

โดยการสัมภาษณ์บุคลากรซึ่งดูแลเครื่องตรวจวิเคราะห์ก๊าซในเลือดในแต่ละหน่วยงานโดยตรง โดยใช้แบบสำรวจที่ได้จากขั้นตอนที่ 1 ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับตัวชี้วัดที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

4. กำหนดแนวทางในการปรับปรุงกระบวนการ

คณะผู้ทรงคุณวุฒิฯ พิจารณานำแนวทางในการปรับปรุงคุณภาพที่เหมาะสมที่สุด โดยคำนึงถึงประสิทธิภาพ ความสามารถในการลดปัญหา งบประมาณ โอกาสที่จะได้รับความร่วมมือหรือโอกาสที่จะประสบความสำเร็จ ความสอดคล้องกับวัฒนธรรมในองค์กร และผลกระทบต่อระบบงานอื่น ๆ โดยใช้ความเห็นเอกฉันท์ในที่ประชุมเป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจ

5. ทดลองปรับปรุง

คณะผู้วิจัยใช้กิจกรรมพัฒนาคุณภาพ ในการทดลองปรับปรุงกระบวนการทำงานแบบใหม่ และติดตามความก้าวหน้าการดำเนินการอย่างต่อเนื่อง โดยพิจารณาตามตัวชี้วัดคุณภาพที่ได้กำหนดขึ้น

6. ศึกษาผล

ผู้วิจัยประมวลผลว่า หลังจากทำกิจกรรมพัฒนาคุณภาพ สามารถลดหรือขจัดสาเหตุของปัญหา โดยการเปรียบเทียบข้อมูลจากตัวชี้วัดก่อนและหลังการปรับปรุงคุณภาพ

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Microsoft Excel 2007 และ Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) software (version 19.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) โดยข้อมูลเชิงคุณภาพรายงานเป็นจำนวน ความถี่ และร้อยละ ส่วนข้อมูลเชิงปริมาณรายงานเป็นค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตามความเหมาะสม

ผลการวิจัย

1. สถานการณ์ก่อนการปรับปรุงคุณภาพและผลการคัดเลือกปัญหาที่สำคัญ

ผู้วิจัยได้นำแบบสำรวจที่พัฒนาตามวิธีการที่กล่าวข้างต้น มาสัมภาษณ์บุคลากรซึ่งดูแลเครื่องตรวจวิเคราะห์ก๊าซในเลือด ทั้ง 3 หน่วยงาน จำนวน 3 คน เพื่อประเมินสถานการณ์ก่อนการปรับปรุง

ตารางที่ 1 ปัญหาที่สำคัญของระบบการตรวจวิเคราะห์ก๊าซในเลือด ณ จุดดูแลผู้ป่วย ที่ได้รับการสัมภาษณ์

ลำดับที่	ประเด็นปัญหา	คะแนน
1	ไม่มีตารางเวลาการทำการควบคุมคุณภาพของเครื่องตรวจวิเคราะห์ซึ่งมีรายละเอียดเช่น ช่วงเวลาในการทำ IQC แต่ละครั้ง	8.6
2	ไม่มีการบันทึกการแก้ไขเมื่อค่า QC ออกนอกเกณฑ์	8.4
3	ไม่มีเอกสารแสดงเกณฑ์การปฏิเสธสิ่งส่งตรวจ	8.4
4	ไม่มีคู่มือวิธีปฏิบัติในการตรวจวิเคราะห์ก๊าซในเลือด ณ จุดดูแลผู้ป่วย	8.2
5	ไม่มีคู่มือวิธีปฏิบัติอยู่ในพื้นที่ปฏิบัติการ	8.2
6	กรณีตัวอย่างที่ได้รับไม่มีคุณภาพ/ไม่เหมาะสมสำหรับการตรวจวิเคราะห์ ไม่มีแจ้งไว้ในใบรายงานผล	8.0
7	ไม่มีคู่มือการเก็บสิ่งส่งตรวจ	8.0

คุณภาพ พบว่า มี 29 ประเด็นปัญหาที่พบตรงกัน จากนั้นคณะผู้ทรงคุณวุฒิ ได้พิจารณาคัดเลือกปัญหาที่ควรนำมาแก้ไขก่อน โดยใช้เทคนิคการลงคะแนนตามเกณฑ์ถ่วงน้ำหนัก พบประเด็นปัญหาสำคัญที่ควรนำมาแก้ไขก่อน 7 ประเด็น โดยมีคะแนนที่ได้แสดงดังตารางที่ 1

2. กำหนดแนวทางในการปรับปรุงกระบวนการ

เนื่องจากระหว่างการวิจัยนี้ ทางคณะกรรมการการตรวจวิเคราะห์ ณ จุดดูแลผู้ป่วย โรงพยาบาลศิริราช ได้ดำเนินการจัดหาเครื่องตรวจวิเคราะห์ก๊าซในเลือด ชนิดใหม่ที่ตอบสนองต่อการใช้งานในปัจจุบัน มาติดตั้งไว้ที่หออภิบาลผู้ป่วยหลังผ่าตัด และห้องสังเกตอาการ คณะผู้วิจัยจึงตัดสินใจดำเนินการพัฒนาคุณภาพและเก็บข้อมูลตัวชี้วัดเฉพาะที่หออภิบาลผู้ป่วยทารกแรกเกิดซึ่งยังคงมีการใช้เครื่องตรวจวิเคราะห์ก๊าซในเลือดรุ่นเดิมอยู่เพียงหน่วยงานเดียว โดยดำเนินการตามแนวทางที่ผู้วิจัยเห็นว่าเหมาะสมที่สุดในการตอบสนองต่อปัญหาของหน่วยงานและข้อกำหนดด้านวิชาการที่สำคัญของ ISO 22870 ดังต่อไปนี้

2.1 จัดให้มีการฝึกอบรมบุคลากรในการตรวจวิเคราะห์ ABG จากทางบริษัทหรือผู้มีความเชี่ยวชาญ โดยผู้อบรมต้องมีใบรับรองที่เป็นมาตรฐานสากล

ผู้วิจัยดำเนินการร่วมกับทางบริษัทผู้แทนจำหน่าย ในการจัดการฝึกอบรมบุคลากรที่เกี่ยวข้องในการตรวจวิเคราะห์ ABG กลุ่มบุคลากรที่เข้ารับการอบรมเป็นพยาบาลวิชาชีพและผู้ช่วยพยาบาล จำนวน 52 คน แบ่งการฝึกอบรมเป็น 3 กลุ่ม แต่ละกลุ่มใช้เวลา 1 ชั่วโมง หัวข้อในการฝึกอบรมภาคทฤษฎี ได้แก่ หลักการเบื้องต้นในการตรวจวิเคราะห์ก๊าซในเลือด กระบวนการก่อนตรวจวิเคราะห์

และหลักการใช้งานของเครื่อง การอบรมภาคปฏิบัติ ได้แก่ วิธีการใช้งานและการบำรุงรักษาเครื่อง โดยสาธิตวิธีการใช้เครื่องรวมทั้งลงมือปฏิบัติจริง

2.2 จัดให้มีการประเมินผลหลังการฝึกอบรม

ภายหลังการอบรม ผู้วิจัยได้จัดทำข้อสอบเพื่อประเมินความรู้ของผู้รับการอบรม และกำหนดเกณฑ์ผ่านการทดสอบอยู่ที่มากกว่าร้อยละ 80

2.3 จัดทำแผนการสอบเทียบเครื่องมือโดยขอคำแนะนำจากทางบริษัท และมีการติดตามผลอย่างต่อเนื่อง

ผู้วิจัยได้ออกแบบแผนการสอบเทียบเครื่องมือ ซึ่งรายละเอียดประกอบด้วย ช่วงเวลา ความถี่ในการสอบเทียบ โดยพิจารณาจากคู่มือการใช้งาน ประวัติการใช้งาน ความละเอียดและความถูกต้องแม่นยำที่ต้องการ และกำหนดให้เจ้าหน้าที่จากทางบริษัทผู้แทนจำหน่ายเป็นผู้สอบเทียบเครื่องมือ เดือนละ 1 ครั้ง ยกเว้นกรณีที่เครื่องเกิดการขัดข้อง ให้เจ้าหน้าที่จากทางบริษัทฯ เข้ามาทำการสอบเทียบทันที

2.4 จัดทำคู่มือปฏิบัติงานที่จำเป็นสำหรับการตรวจวิเคราะห์ ABG ตามเกณฑ์มาตรฐานสากล

ผู้วิจัยได้จัดทำทำคู่มือปฏิบัติงานที่จำเป็นในการตรวจวิเคราะห์ก๊าซในเลือด ณ จุดดูแลผู้ป่วย จำนวน 2 ชุด ได้แก่ คู่มือการเจาะเลือดเพื่อตรวจวิเคราะห์ก๊าซในเลือด ณ จุดดูแลผู้ป่วย และคู่มือการตรวจวิเคราะห์ก๊าซในเลือด ณ จุดดูแลผู้ป่วย โดยเครื่อง Rapidlab 348 โดยมีรายละเอียดของคู่มือ ได้แก่ วัตถุประสงค์ ขอบข่าย อุปกรณ์/เครื่องมือ ความรับผิดชอบ คำจำกัดความ เอกสารอ้างอิง หลักการ วิธีดำเนินการ และภาคผนวก คู่มือที่ถูกสร้างเสร็จแล้วถูกตรวจสอบและอนุมัติจากคณะผู้ทรงคุณวุฒิ

ตารางที่ 2 ผลของตัวชี้วัด ก่อนและหลังการปรับปรุงคุณภาพ และแนวทางที่นำมาใช้ในการปรับปรุง

ชื่อตัวชี้วัด	ข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์	ผลของ ตัวชี้วัด ก่อนปรับปรุง	แนวทางในการปรับปรุงกระบวนการ	ผลของ ตัวชี้วัด หลังปรับปรุง
1. ร้อยละของบุคลากรที่ได้รับการฝึกอบรมในการตรวจวิเคราะห์ ABG	บุคลากรไม่เคยได้รับการอบรมอย่างเป็นทางการ เป็นเพียงการสอนการใช้งานเบื้องต้นจากทางบริษัทเท่านั้น	ร้อยละ 0	จัดให้มีการฝึกอบรมบุคลากรในการตรวจวิเคราะห์ ABG จากทางบริษัท หรือผู้มีความเชี่ยวชาญ โดยผู้อบรมต้องมีใบรับรองที่เป็นมาตรฐานสากล	ร้อยละ 100
2. ร้อยละของบุคลากรหลังการฝึกอบรมที่ทดสอบความรู้ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด	ไม่มีการบันทึกประวัติการฝึกอบรมของเจ้าหน้าที่	ร้อยละ 0	จัดให้มีการประเมินผลหลังการฝึกอบรม	ร้อยละ 100
3. จำนวนครั้งของการสอบเทียบเครื่องมือแล้วผ่านตามเกณฑ์การทดสอบ	ไม่มีแผนการสอบเทียบเครื่องมือ ที่หน่วยงานและไม่มีบันทึกข้อมูลจากแบบฟอร์มอื่น ๆ	0 ครั้ง / ปี	จัดทำแผนการสอบเทียบเครื่องมือโดยขอคำแนะนำจากทางบริษัท และมีการติดตามผลอย่างต่อเนื่อง	12 ครั้ง / ปี
4. จำนวนคู่มือปฏิบัติงานที่ได้รับการพัฒนา	มีคู่มือบางส่วนใช้ร่วมกับห้องปฏิบัติการกลาง และบางส่วนเป็นคู่มือของทางบริษัท แต่ไม่มีคู่มือของการตรวจวิเคราะห์ จุดดูแลผู้ป่วยนั้นโดยตรง	0 ชุด	จัดทำคู่มือปฏิบัติงานที่จำเป็นสำหรับการตรวจวิเคราะห์ ABG ตามเกณฑ์มาตรฐานสากล	2 ชุด
5. ร้อยละของการทำการควบคุมคุณภาพภายใน	ไม่มีบันทึกช่วงเวลาในการทำการควบคุมคุณภาพภายในของแต่ละวัน เจ้าหน้าที่จากบริษัทเป็นผู้ทำ และระยะเวลาในการทำไม่แน่นอน	ร้อยละ 0	จัดทำแบบฟอร์มบันทึกผลของการทำการควบคุมคุณภาพภายใน	ร้อยละ 98.8
6. ผลการควบคุมคุณภาพภายในที่ค่าสัมประสิทธิ์ของความผันแปรน้อยกว่า 10%	เจ้าหน้าที่แจ้งว่า ผลการควบคุมคุณภาพภายใน เก็บอยู่ที่ระบบ Laboratory Information System (LIS) แต่ไม่ได้ถูกนำมาวิเคราะห์ ซึ่งเมื่อผู้วิจัยทำการค้นหาข้อมูลในระบบพบว่า ไม่พบข้อมูลดังกล่าวทราบว่า ขณะนั้นระบบ LIS ยังไม่สมบูรณ์	ไม่พบข้อมูล	จัดให้มีการปรับปรุงระบบ LIS ที่เชื่อมโยงกับผลการควบคุมคุณภาพภายในให้สมบูรณ์ และตรวจสอบการทำงานอย่างสม่ำเสมอ นอกจากนี้ให้มีการสร้างโปรแกรม Excel สำหรับการคำนวณผล การควบคุมคุณภาพภายใน เพื่อทำเป็นข้อมูลสำรอง	ร้อยละ 95.0

2.5 จัดทำแบบฟอร์มบันทึกผลของการทำการควบคุมคุณภาพภายใน

ผู้วิจัยได้จัดทำแบบฟอร์มบันทึกผลของการทำการควบคุมคุณภาพภายใน Internal Quality Control (IQC) สำหรับเครื่องที่ใช้ จำนวน 2 เครื่อง ซึ่งมีรายละเอียด คือ แต่ละเครื่องทำ IQC 3 ระดับ แต่ละระดับ มีการทำ IQC 3 parameters คือ pH, pCO₂ และ pO₂ เมื่อสร้างแบบฟอร์มดังกล่าวแล้ว ผู้วิจัยได้ขอให้ผู้ตรวจวิเคราะห์เป็นผู้ลงบันทึกผลของการทำ IQC โดยเริ่มเก็บข้อมูลตั้งแต่ มกราคม 2553 ถึง พฤศจิกายน 2553

2.6 จัดให้มีการปรับปรุงระบบ LIS ที่เชื่อมโยงกับผลการควบคุมคุณภาพภายในให้สมบูรณ์ และตรวจสอบการทำงานอย่างสม่ำเสมอ นอกจากนี้ให้มีการสร้างโปรแกรม Excel สำหรับการคำนวณผลการควบคุมคุณภาพภายใน เพื่อทำเป็นข้อมูลสำรอง

3. ผลภายหลังการดำเนินการปรับปรุงคุณภาพ

ภายหลังการดำเนินการปรับปรุงคุณภาพ 11 เดือน ผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลเพื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบผลของตัวชี้วัดก่อนและหลังการปรับปรุงคุณภาพ รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 2

วิจารณ์

ขั้นตอนของการปรับปรุงคุณภาพในการวิจัยนี้ ได้ถูกออกแบบอย่างเหมาะสม เพื่อให้เกิดการปรับปรุงที่สามารถจะเป็นไปได้และตรงกับความต้องการของบุคลากรมากที่สุด^{10,11} มีการใช้เทคนิคการลงคะแนนแบบถ่วงน้ำหนักในการกำหนดลำดับความสำคัญของปัญหา¹² โดยเทคนิคนี้จะเสริมสร้างให้เกิดการเรียนรู้ แลกเปลี่ยนประสบการณ์ และสามารถรวบรวมความคิดเห็นที่ยอมรับกันภายในทีมได้ จากผลของการวิจัย เครื่องมือนี้ช่วยผู้วิจัยในการคัดเลือกปัญหาจาก 29 ประเด็น จนเหลือเพียง 7 ประเด็น ซึ่งเป็นประเด็นที่เกี่ยวข้องกับความต้องการและความเป็นไปได้ที่จะทำการปรับปรุง

วิธีการหนึ่งที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลในการศึกษานี้คือการสัมภาษณ์ผู้ที่ปฏิบัติงานเครื่องตรวจวิเคราะห์นั้นโดยตรง ซึ่งอาจจะส่งผลต่อการปรับปรุงให้มีเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ดีขึ้นอย่างชัดเจน เนื่องจากทำให้เราทราบถึงสาเหตุที่แท้จริงของแต่ละปัญหาที่เกิดขึ้น และในขณะที่ทำการสัมภาษณ์ ผู้วิจัยยังได้รับทราบข้อมูลต่าง ๆ ในการปฏิบัติงานเพิ่มขึ้น เนื่องจากเป็นการสัมภาษณ์ในขณะที่บุคลากรกำลังปฏิบัติงาน นอกจากนี้ยังสร้างความสัมพันธ์อันดีระหว่างผู้ที่ถูกสัมภาษณ์และผู้วิจัย ซึ่งเป็นส่วนช่วยสนับสนุนให้การดำเนินการเก็บข้อมูลสำหรับงานวิจัยได้อย่างต่อเนื่อง

งานวิจัยนี้ได้นำปัญหาที่เกิดขึ้น มาใช้ในการกำหนดตัวชี้วัดที่สอดคล้องกับเป้าหมายที่ต้องการในการพัฒนาคุณภาพ ซึ่งพบว่าตัวชี้วัดที่เหมาะสมกับการศึกษาในครั้งนี้มีจำนวนทั้งสิ้น 6 ตัวชี้วัด โดยมี 3 ตัวชี้วัด ซึ่งได้มาจากหัวข้อของปัญหาโดยการจัดลำดับความเร่งด่วนในการแก้ไข ได้แก่ 1) ร้อยละของการทำการควบคุมคุณภาพภายใน 2) ผลการควบคุมคุณภาพภายใน ที่ค่าสัมประสิทธิ์ของความผันแปรน้อยกว่า 10% ซึ่งสอดคล้องกับปัญหาไม่มีตารางเวลาการทำการควบคุมคุณภาพของเครื่องตรวจวิเคราะห์ที่มีรายละเอียดที่เหมาะสม และ 3) ตัวชี้วัดจำนวนคู่มือปฏิบัติงานที่ได้รับการพัฒนาสอดคล้องกับปัญหาไม่มีคู่มือวิธีปฏิบัติในการตรวจวิเคราะห์ค่าในเลือด ณ จุดดูแลผู้ป่วย ไม่มีคู่มือการเก็บสิ่งส่งตรวจและไม่มีคู่มือวิธีปฏิบัติอยู่ในพื้นที่ปฏิบัติการ ซึ่งการปฏิบัติงานโดยที่ไม่มีการทำคู่มือปฏิบัติงานนั้นอาจเป็นสาเหตุทำให้ผู้ปฏิบัติงานเกิดความสับสนในการปฏิบัติงาน และนำมาซึ่งความด้อยคุณภาพได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Servin J และคณะ¹³ ที่พบว่า การมีคู่มือการปฏิบัติงานจะเป็นส่วนช่วยสนับสนุนในการทำงานได้เป็นอย่างดี

มีตัวชี้วัด 3 ตัวที่ได้มาจากการประชุมของคณะผู้วิจัยที่พิจารณาเห็นว่า เป็นปัจจัยที่สำคัญโดยสอดคล้องกับข้อกำหนดของมาตรฐาน ISO 22870 ได้แก่ 1) ร้อยละของบุคลากรที่ได้รับการฝึกอบรมในการตรวจวิเคราะห์ ABG และ 2) ร้อยละของบุคลากรหลังการฝึกอบรมที่ทดสอบความรู้ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด ซึ่งตัวชี้วัดทั้งสองตัวนี้ ถูกกำหนดขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้บุคลากรได้รับการฝึกอบรมในการตรวจวิเคราะห์ ABG ครบถ้วน ตามที่กำหนด เป็นการเสริมสร้างความรู้ และความเข้าใจในการปฏิบัติงานโดยรับทราบถึงข้อมูลทั้งในส่วนของทฤษฎีและการใช้งาน นำมาซึ่งความน่าเชื่อถือในผลการตรวจวิเคราะห์นั้นได้มากขึ้น ส่วนอีกหนึ่งตัวชี้วัดคือ 3) จำนวนครั้งของการสอบเทียบเครื่องมือแล้วผ่านตามเกณฑ์การทดสอบ ถูกกำหนดขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้มั่นใจว่าเครื่องมือที่นำมาใช้ในการตรวจวิเคราะห์นั้นมีประสิทธิภาพ ซึ่งทำให้ผลของการตรวจวิเคราะห์มีความเที่ยงตรง และถูกต้อง

หลังจากการปรับปรุงคุณภาพ พบว่า ค่าของตัวชี้วัด มีการเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ดีขึ้นอย่างชัดเจนทุกตัวชี้วัด ปัจจัยที่น่าจะมีส่วนเกี่ยวข้องกับผลการตรวจวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการที่ดี คือ ความสามารถเชิงสมรรถนะของบุคลากร ซึ่งเป็นคุณลักษณะทั้งในด้านทักษะ ความรู้ และพฤติกรรมที่แสดงออกในการปฏิบัติงาน ถึงแม้ว่า บุคลากรในการให้บริการตรวจวิเคราะห์ ณ จุดดูแลผู้ป่วยจะไม่ใช่ว่าผู้เชี่ยวชาญทางห้องปฏิบัติการโดยตรง แต่พวกเขาได้ตระหนักถึงความสำคัญของการฝึกอบรมโดยเข้าร่วมการฝึกอบรมแล้วผ่านเกณฑ์การทดสอบครบทุกคน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ FitzGibbon F และคณะ¹⁴ ที่ศึกษาที่ UK National Health

Service (NHS) โดยพบเช่นเดียวกันว่า การฝึกอบรมที่ดีจะทำให้เกิดประโยชน์ต่อการปฏิบัติงานของบุคลากรและผลทางคลินิกที่เปลี่ยนแปลงไปในทางที่ดีขึ้น ในเรื่องการจัดตารางเวลาในการฝึกอบรมที่เหมาะสม โดยไม่มีผลกระทบต่อการทำงาน ก็อาจมีส่วนช่วยให้ได้ผลตามเป้าหมายได้มากขึ้น นอกจากนี้บุคลากรที่เข้ารับการฝึกอบรมเคยมีประสบการณ์ในการตรวจวิเคราะห์หาค่าในเลือด ณ จุดดูแลผู้ป่วย แล้วทั้งสิ้น ซึ่งอาจจะเสริมสร้างความรู้ ความเข้าใจในการฝึกอบรมได้ดีเพิ่มขึ้น

การมีสภาพของเครื่องมือที่ดี เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่สำคัญต่อความน่าเชื่อถือของผลการตรวจวิเคราะห์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Wallis E และคณะ¹⁵ ที่พบว่า การสอบเทียบเครื่องมือเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อให้แน่ใจว่า เครื่องมือเหล่านั้นมีความเหมาะสมและความถูกต้องของผลในการตรวจวัด ซึ่งการมีแผนการสอบเทียบเครื่องมือที่ชัดเจนจะช่วยให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถติดตามผลการทำการสอบเทียบเครื่องมือจากช่างของบริษัทผู้แทนจำหน่ายได้อย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้การมีคู่มือปฏิบัติงานจะมีส่วนช่วยให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถดำเนินการได้อย่างถูกต้อง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Servan J และคณะ¹³ ที่พบว่า คู่มือปฏิบัติงานซึ่งมีลำดับขั้นตอนและคำแนะนำในการปฏิบัติงาน จะช่วยสนับสนุนในการทำงานได้เป็นอย่างดี

บุคลากรที่ปฏิบัติงาน ณ จุดดูแลผู้ป่วยนั้นโดยตรงควรเป็นผู้ทำ IQC ด้วยตนเองอย่างสม่ำเสมอและทำการบันทึกผลลงในแบบฟอร์มบันทึกผลของการทำ IQC ที่ถูกสร้างขึ้น ซึ่งง่ายต่อการใช้และยังช่วยในการติดตามผลของ IQC ได้เป็นอย่างดี ซึ่งสอดคล้องกับข้อกำหนดของ Clinical and Laboratory Standards Institute¹⁶ ซึ่งกล่าวว่า การประกันคุณภาพการตรวจวิเคราะห์หาค่าในเลือดเป็นสิ่งจำเป็น และควรมีระบบบริหารจัดการคุณภาพที่เหมาะสม เพื่อเป็นที่ยืนยันได้ว่า จะมีความถูกต้องและแม่นยำของผลในการตรวจวิเคราะห์

ในทุกขั้นตอนที่ได้กล่าวมาแล้วน่าจะส่งผลให้ การตรวจวิเคราะห์หาค่าในเลือด ณ จุดดูแลผู้ป่วย มีความแม่นยำเป็นอย่างมาก โดยมีผลของการทำ IQC ด้วยค่าสัมประสิทธิ์ของความผันแปรที่ต่ำ ซึ่งถ้าคิดโดยรวมจากการทำทั้งสองเครื่องพบว่า ผลของค่าสัมประสิทธิ์ของความผันแปร <10% คิดเป็น 95.0% ของการวิเคราะห์ทั้งหมด พบว่า มีเพียง 3 ข้อมูล ที่เห็นความผิดปกติของผลของ IQC อย่างชัดเจน โดยสาเหตุของการที่ค่า IQC เหล่านี้สูงขึ้นผิดปกติ เกิดจากการลงข้อมูลผล IQC ผิดพลาดในบางวัน ลงบันทึกข้อมูลสารควบคุมคุณภาพผิดระดับ และบุคลากรบางส่วนยังขาดประสบการณ์ แต่ปัญหาหลักที่สำคัญ คือไม่มีการดำเนินการแก้ไขโดยทันทีเมื่อพบว่า การควบคุมคุณภาพไม่เป็นไป

ตามเกณฑ์ที่กำหนด ซึ่งเห็นว่า การฝึกอบรมบุคลากรในการทำการควบคุมคุณภาพเป็นสิ่งจำเป็น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Meier FA¹⁷ งานวิจัยของ Campbell S¹⁸ และ งานวิจัยของ FitzGibbon F และคณะ¹⁴ ที่พบเช่นเดียวกันว่า การฝึกอบรมสำหรับบุคลากรที่ปฏิบัติงานในส่วนการตรวจวิเคราะห์ ณ จุดดูแลผู้ป่วย เป็นสิ่งที่เหมาะสมและควรทำเป็นอย่างยิ่ง

ข้อจำกัดของการทำวิจัยนี้ ได้แก่ การที่คณะกรรมการการตรวจวิเคราะห์ ณ จุดดูแลผู้ป่วย โรงพยาบาลศิริราช ได้ดำเนินการจัดหาเครื่องตรวจวิเคราะห์หาค่าในเลือด ชนิดใหม่ที่ตอบสนองต่อการใช้งานในปัจจุบัน ซึ่งมีผลในแง่ดีในด้านการพัฒนาเครื่องมือให้เหมาะสมกับองค์กร แต่ทั้งนี้ มีผลกระทบกับงานวิจัยนี้โดยตรง ซึ่งเป็นช่วงระหว่างการเก็บรวบรวมข้อมูล ทำให้ต้องมีการปรับเปลี่ยนให้เหมาะสมในการดำเนินการวิจัยต่อไป

จากผลของงานวิจัยนี้สามารถนำมาใช้เป็นแนวทางในการปฏิบัติหรือประยุกต์ใช้ในการพัฒนาคุณภาพสำหรับสถานพยาบาลต่าง ๆ แต่ทั้งนี้ควรเลือกวิธีที่เหมาะสมกับองค์กร และศึกษาปัจจัยอื่น ๆ ร่วมด้วย โดยวิธีการที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้ประกอบด้วย การจัดการฝึกอบรม และการประเมินความรู้ความเข้าใจ การจัดทำแผนการสอบเทียบเครื่องมือ การจัดทำคู่มือปฏิบัติงาน การออกแบบแบบบันทึกและการสร้างโปรแกรม Excel สำหรับคำนวณผล IQC การดำเนินการแบบนี้ อาจจะเป็นประโยชน์สำหรับการเริ่มต้นของทีมที่มีการคิดริเริ่มสำหรับการพัฒนาคุณภาพ เพื่อเป็นการเพิ่มศักยภาพในผู้ปฏิบัติงาน และเสริมสร้างประสิทธิภาพในการทำงานอีกด้วย

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากทุนวิทยานิพนธ์บัณฑิตศึกษา คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล ที่อนุญาตให้ดำเนินการวิจัย ขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์แพทย์หญิงพนัสยา เรียงธาดากุล ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ ตรวจสอบ และแก้ไขงานวิจัยให้ถูกต้อง สมบูรณ์ ขอขอบคุณหัวหน้าและบุคลากรทางกายภาพบำบัดของหออภิบาลผู้ป่วยทารกแรกเกิด หออภิบาลผู้ป่วยหลังผ่าตัด และห้องสังเกตอาการ ที่ให้ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นอย่างดี ขอขอบคุณคณาจารย์และบุคลากรของภาควิชาพยาธิวิทยาคลินิก คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล ที่ให้การสนับสนุนตลอดระยะเวลาในการทำวิจัย และขอขอบคุณคณบดีคณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล ที่อนุญาตให้เผยแพร่ผลงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

1. Becker RC, Cyr J, Corrao JM, Ball SP. Bedside coagulation monitoring in heparin-treated patients with active thromboembolic disease: a coronary care unit experience. *Am Heart J* 1994; 128: 719–23.
2. Kost GJ. Guidelines for point-of-care testing: improving patient outcomes *Am J Clin Pathol* 1995; 104 (4 Suppl 1): 111–27.
3. Bailey TM, Topham TM, Wantz S, Grant M, Cox C, Jones D, et al. Laboratory process improvement through point-of-care testing. *Jt Comm J Qual Improv* 1997; 23 (7): 362–80.
4. Schimke I. Quality and timeliness in medical laboratory testing. *Anal Bioanal Chem* 2009 Mar; 393 (5): 1499–504.
5. St-Louis P. Point-of-care blood gas analysers: a performance evaluation. *Clin Chim Acta* 2001 May; 307 (1–2): 139–44.
6. Nichols JH. Point of care testing. *Clin Lab Med* 2007 Dec; 27 (4): 893–908.
7. Shapiro BA, Kacmarek RM, Cane RD, Peruzzi WT, Hauptman D. The physiology of oxygenation. In: Shapiro BA, Kacmarek RM, Cane RD, Peruzzi WT, Hauptman D, editors. *Clinical application of respiratory care*, 4th ed. St. Louis: Mosby; 1991. p. 111–22.
8. Tongtoyai J, Tientadakul P, Chinswangwatanakul W, Opartkiattikul N. Establishment and implementation of an internal quality assessment program for point-of-care glucose testing at the largest public university hospital in Thailand. *Point of care* 2012; 11 (1): 37–41.
9. International Organization of Standardization (2006) *Point-of-care testing (POCT): requirements for quality and competence (ISO 22870:2006)*. ISO, Geneva.
10. Deming WE. *Out of the crisis*. Cambridge, MA: MIT Center for Advanced Engineering Study; 1986. p.24.
11. Batalden PB, Stoltz PK. A framework for the continual improvement of health care: building and applying professional and improvement knowledge to test changes in daily work. *Jt Comm J Qual Improv* 1993 Oct; 19 (10): 424–47.
12. Wang JJ, Jing YY, Zhang CF, Zhao JH. Review on multi-criteria decision analysis aid in sustainable energy decision-making. *Renewable and Sustainable Energy Rev* 2009; 13 (9): 2263–78.
13. Serván J, Mas F, Menéndez JL, Ríos J. Assembly Work Instruction Deployment using Augmented Reality. *Key Engineering Materials* 2012; 502: 25–30.
14. FitzGibbon F, Huckle D, Meenan BJ. Barriers affecting the adoption of point-of-care technologies used in chest pain diagnosis within the UK national health service. *Point of care* 2010; 9 (2): 70–9.
15. Wallis E, Griffin TM, Popkie N, Eagan MA, McAtee RF, Vrazel D, et al. Instrument response measurements of ion mobility spectrometers in situ: maintaining optimal system performance of fielded systems. *Chemical and Biological Sensing VI*. 2005; 5795: 54–64.
16. Clinical and Laboratory Standards Institute. *Blood gas and pH analysis and related measurements; approved guideline*. CLSI document C46–A2. 2009; 29 (8). CLSI, Pennsylvania, USA.
17. Meier FA, Jones BA. Point-of-care testing error: sources and amplifiers, taxonomy, prevention strategies, and detection monitors. *Arch Pathol Lab Med* 2005 Oct; 129 (10): 1262–7.
18. Campbell S, Howanitz PJ. Resident training in point-of-care testing. *Clin Lab Med* 2007 Jun; 27 (2): 397–410.