



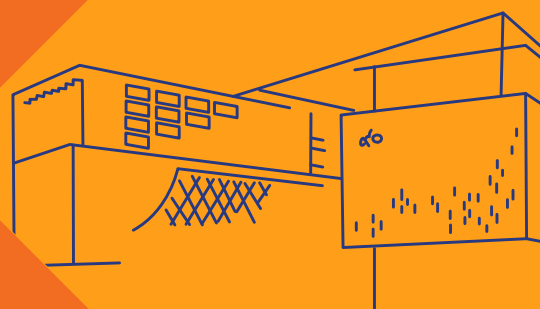
ราชวิทยาลัย
จุฬารักษ์

วารสารวิชาการ ราชวิทยาลัยจุฬารักษ์

The Journal of Chulabhorn Royal Academy

ปีที่ ๘ ฉบับที่ ๔
Vol.8 No.4

ตุลาคม - ธันวาคม ๒๕๖๙
October - December 2026



ISSN: 3027-7418
(online)



วารสารวิชาการราชวิทยาลัยจุฬาภรณ์

The Journal of Chulabhorn Royal Academy



ปีที่ ๘ ฉบับที่ ๔ เดือนตุลาคม - ธันวาคม ๒๕๖๙

Vol.8, No.4, October - December, 2026

ISSN : 3027-7418 (Online)

บทความวิจัย/Research article

- ประสิทธิภาพของระบบแลกเปลี่ยนภาระงานออนไลน์สำหรับบุคลากรภาควิชาเวชศาสตร์ครอบครัว คณะแพทยศาสตร์โรงพยาบาลรามาธิบดี โดยใช้ Google Form และ Form Approvals
Effectiveness of Using Google Forms and Form Approvals as an Online WorkSlot Exchange System for Personnel in the Department of Family Medicine, Ramathibodi Hospital
- ประสิทธิภาพของตัวบ่งชี้ทางชีวภาพแบบอ่านผลเร็วมากเปรียบเทียบกับแบบอ่านผลเร็ว ในการทำให้ปราศจากเชื้อด้วยไอน้ำ: กรณีศึกษาในหน่วยเวชภัณฑ์ปลอดเชื้อ โรงพยาบาลศูนย์การแพทย์ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง
Efficacy of Super Rapid-Readout Versus Rapid-Readout Biological Indicators in Steam Sterilization: A Case Study in the Central Sterile Supply Department of Mae Fah Luang University Medical Center Hospital
- แนวทางการลดอุณหภูมิในผู้ป่วยบาดเจ็บสมอง ภายใต้หลักฐานเชิงประจักษ์
Evidence-Based Approaches to Temperature Management in Patients with Traumatic Brain Injury
- การออกแบบกรอบการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกระบวนการทำให้ปราศจากเชื้อ ในหน่วยงานจ่ายกลางและทำให้ปราศจากเชื้อ
A Process-Based Framework to Calculate the Carbon Footprint of Sterile Processing in Central Sterile Supply Departments
- ผลของรูปแบบการดูแลตนเองเพื่อป้องกันภาวะแทรกซ้อนทางไตในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2: การวิจัยกึ่งทดลอง
Effects of a Self-Care Model on the Prevention of Kidney Complications in Patients with Type 2 Diabetes: A Quasi-Experimental Study
- HER2 Testing in Breast Cancer: Correlation between Immunohistochemistry and FISH Using the Updated 2023 ASCO/CAP Guidelines

วารสารวิชาการราชวิทยาลัยจุฬาภรณ์

The Journal of Chulabhorn Royal Academy



ปีที่ ๘ ฉบับที่ ๔ เดือนตุลาคม - ธันวาคม ๒๕๖๙
Vol.8, No.4, October - December, 2026
ISSN : 3027-7418 (Online)

บทความวิชาการ/Academic article

- การพยาบาลผู้ป่วยที่มีภาวะติดเชื้อในกระแสเลือดในห้องฉุกเฉิน: แนวทางและบทบาทสำคัญภายใต้หลักฐานเชิงประจักษ์
- บทบาทพยาบาลห้องฉุกเฉินในการดูแลหญิงตั้งครรภ์ที่มีความดันโลหิตสูงในภาวะวิกฤต
The Role of Emergency Nurses in Managing Pregnant Women with Hypertensive Crisis
- Nursing Management of Thai Buddhist Monks on Hemodialysis during Religious Intermittent Fasting: A Narrative Review and Practical Guidance
- Active Warming Technologies for Preventing Perioperative Hypothermia: A Narrative Review of Evidence and Clinical Practice



วารสารวิชาการราชวิทยาลัยจุฬาราชมนตรี

The Journal of Chulabhorn Royal Academy

สำนักงาน: ราชวิทยาลัยจุฬาราชมนตรี

งานวารสารวิชาการและสารสนเทศวิจัย สำนักบริหารวิจัยและนวัตกรรม

เลขที่ 906 ถนนกำแพงเพชร 6 แขวงตลาดบางเขน เขตหลักสี่ กรุงเทพมหานคร 10210

โทรศัพท์: +66 2576 6100 ต่อ 7219 - 7221 และ 7400 **email:** journal.cra@cra.ac.th

website: <https://www.tci-thaijo.org/index.php/jcra>

ISSN: 3027-7418 (online)

วารสารวิชาการราชวิทยาลัยจุฬาราชมนตรี

ราชวิทยาลัยจุฬาราชมนตรี มีปณิธานและความมุ่งมั่นที่จะเป็นศูนย์กลางการศึกษาระดับอุดมศึกษาและวิจัยสู่ความเป็นเลิศด้านวิชาการและวิชาชีพ เพื่อส่งเสริมและพัฒนาศักยภาพทางการวิจัย อาจารย์ นักวิจัย นักศึกษา บุคลากรของราชวิทยาลัยจุฬาราชมนตรีและของประเทศ วารสารวิชาการจึงเป็นสื่อกลางในการเผยแพร่องค์ความรู้จากการศึกษาค้นคว้าและการวิจัยตลอดจนความเคลื่อนไหวในแง่มุมต่าง ๆ ทางวิชาการ และเป็นเวทีสำหรับการแนะนำและนำเสนอผลงานค้นคว้าวิจัยใหม่หรือความเห็นทางวิชาการใหม่ ๆ ฝ่ายสารสนเทศและวิชาการราชวิทยาลัยจุฬาราชมนตรี จึงได้มีการริเริ่มโครงการจัดทำวารสาร โดยมีเป้าหมายสู่การเป็นวารสารที่มีคุณภาพระดับชาติและนานาชาติต่อไปในอนาคต

วัตถุประสงค์ (Focus)

1. เพื่อเป็นแหล่งเผยแพร่ผลงานวิจัยและผลงานทางวิชาการด้านวิทยาศาสตร์ วิทยาศาสตร์สุขภาพ วิทยาศาสตร์เทคโนโลยีการแพทย์ การพยาบาล การสาธารณสุข สิ่งแวดล้อม และนวัตกรรมให้กับนักศึกษา อาจารย์ นักวิชาการ นักวิจัย ทั้งในประเทศและต่างประเทศ
2. เพื่อเป็นแหล่งข้อมูลความรู้ทางวิชาการ และนวัตกรรมด้านสุขภาพ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการแพทย์ การสาธารณสุข การพยาบาล และสิ่งแวดล้อมที่สามารถนำไปปฏิบัติได้จริง สามารถชี้นำและขับเคลื่อนการพัฒนาประเทศและสังคมนวัตกรรม
3. เพื่อเป็นการสร้างเสริมเครือข่ายความร่วมมือทางวิชาการระหว่างนักศึกษา อาจารย์ นักวิจัย นักวิชาการ นักนวัตกรรม ทั้งในประเทศและต่างประเทศ



ขอบเขตสาขาวิชา (Scope)

สาขาวิชาที่รับตีพิมพ์ ได้แก่ Health Science (วิทยาศาสตร์สุขภาพ) Science and Technology (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี) Health Professional Education (การศึกษาด้านวิชาชีพทางสุขภาพ) และ Health Technology (เทคโนโลยีด้านสุขภาพ)

ประเภทบทความที่รับตีพิมพ์ (Type of Article)

วารสารของราชวิทยาลัย รับตีพิมพ์บทความ 2 ประเภท ดังนี้

1. บทความวิจัย (Research article) หมายถึง บทความที่เขียนจากรายงานวิจัย รายงานผลการศึกษาค้นคว้า วิจัย หรือวิทยานิพนธ์ จากข้อมูลเชิงประจักษ์ของผู้วิจัย โดยสรุปย่อกระบวนการวิจัยของงานวิจัยนั้น ๆ ให้มีความกระชับและสั้น อยู่ในรูปแบบของบทความตามโครงสร้าง องค์ประกอบของบทความวิจัย โดยมีความยาวบทความ 10-15 หน้ากระดาษ A4

2. บทความวิชาการ (Academic article) หมายถึง บทความที่เขียนจากการรวบรวมความรู้ ทบทวนวรรณกรรมในเรื่องใดเรื่องหนึ่งหรือหลายเรื่อง ในสาขาที่รับตีพิมพ์ เรียบเรียงเนื้อหาขึ้นใหม่ เพื่ออธิบาย วิเคราะห์ ข้อมูลจากเนื้อหา หรือเสนอแนะองค์ความรู้ทางวิชาการ นวัตกรรม ผลงานที่เป็นประโยชน์ต่อสังคม โดยมีความยาวบทความ 10-15 หน้ากระดาษ A4

กำหนดการตีพิมพ์เผยแพร่วารสารฯ (Publication Frequency)

วารสารมีกำหนดออก ตามเวลาที่กำหนด **ปีละ 4 ฉบับ** (ราย 3 เดือน)

ฉบับที่ 1 เดือน มกราคม – มีนาคม

ฉบับที่ 2 เดือน เมษายน – มิถุนายน

ฉบับที่ 3 เดือน กรกฎาคม – กันยายน

ฉบับที่ 4 เดือน ตุลาคม – ธันวาคม

วารสารฯ **รับตีพิมพ์ บทความภาษาไทย และ บทความภาษาอังกฤษ**
จำนวนบทความที่ตีพิมพ์ ใน **จำนวน ไม่เกิน 10 เรื่อง ต่อฉบับ**



วารสารวิชาการราชวิทยาลัยจุฬาภรณ์

The Journal of Chulabhorn Royal Academy

กองบรรณาธิการ วารสารวิชาการราชวิทยาลัยจุฬาภรณ์

ราชวิทยาลัยจุฬาภรณ์มีคำสั่ง ที่ ๒๐๓๓/๒๕๖๘ ณ วันที่ ๓ กันยายน ๒๕๖๘ เรื่อง คำสั่งราชวิทยาลัยจุฬาภรณ์ เรื่อง แต่งตั้งกองบรรณาธิการ รองบรรณาธิการ และคณะกรรมการฝ่ายจัดการวารสารวิชาการราชวิทยาลัยจุฬาภรณ์ ดังมีรายชื่อต่อไปนี้

บรรณาธิการ

ศาสตราจารย์เกียรติคุณ นายแพทย์รัชตะ รัชตะนาวิน

รองบรรณาธิการ

รองศาสตราจารย์ ดร.دنุพล นันทจิต

กองบรรณาธิการ

๑. ศาสตราจารย์ ดร.ชิตชนก เหลือสินทรัพย์
๒. ศาสตราจารย์ ดร.วิภาดา คุณาวิกติกุล
๓. ศาสตราจารย์ ดร.วีระพงศ์ ปรัชชญาสิทธิกุล
๔. ศาสตราจารย์ นาวาอากาศตรี แพทย์หญิงสุภณีวรรณ เชาววิศิษฐ์
๕. ศาสตราจารย์ ดร.ประสาธ กิตตะคุปต์
๖. รองศาสตราจารย์ ดร.ธงชัย ศรีวิริยรัตน์
๗. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรรวิทย์ อิงคเดชะ
๘. รองศาสตราจารย์ นายสัตวแพทย์ ดร.จตุพร กระจายศรี
๙. รองศาสตราจารย์ แพทย์หญิงนันท์ธิดา ภัทราประยูร
๑๐. รองศาสตราจารย์ ดร.อรพรรณ โตสิงห์
๑๑. รองศาสตราจารย์ นายแพทย์สุรเชษฐ์ สิริพงษ์สกุล

ฝ่ายจัดการวารสารวิชาการ

๑. นางสาวอาภาภรณ์ อานามวงศ์
๒. นายวิรัช ลอยบุญ
๓. นางสาวศุภาวดี วัชรโรจน์
๔. นางสาวปณิฏฐา ปัจจุสนันท์
๕. นางสาวปราณูชลี โชติพันธุ์

บทบรรณาธิการ

เรียนผู้อ่านทุกท่าน วารสารวิชาการราชวิทยาลัยจุฬาราชมนตรีเดินทางมาถึงฉบับสุดท้ายของปีพุทธศักราช 2569 ท่ามกลางการเปลี่ยนแปลงของระบบสุขภาพและความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์การแพทย์ที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ตลอดปีที่ผ่านมา วารสารฯ ได้เผยแพร่บทความวิจัยและบทความวิชาการที่สะท้อนการสร้างองค์ความรู้ใหม่ การประยุกต์ใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ และการพัฒนานวัตกรรมเพื่อยกระดับคุณภาพบริการสุขภาพ ครอบคลุมทั้งด้านการแพทย์ การพยาบาล สาธารณสุข และวิทยาศาสตร์สุขภาพ อันเป็นการส่งเสริมการแลกเปลี่ยนองค์ความรู้ระหว่างนักวิจัย บุคลากรทางสุขภาพ และผู้สนใจในแวดวงวิชาการ เพื่อสนับสนุนการพัฒนาระบบสุขภาพที่มีคุณภาพ ปลอดภัย และยั่งยืน

ในปัจจุบันเป็นที่ยอมรับว่า การเปลี่ยนแปลงของระบบสุขภาพในปัจจุบันมิได้ขับเคลื่อนด้วยความก้าวหน้าทางวิทยาการเพียงอย่างเดียว หากแต่ต้องอาศัยการบูรณาการหลักฐานเชิงประจักษ์ นวัตกรรม และการบริหารจัดการที่มีประสิทธิภาพ เพื่อยกระดับคุณภาพ ความปลอดภัย และความยั่งยืนของบริการสุขภาพในทุกองค์รวม วารสารวิชาการราชวิทยาลัยจุฬาราชมนตรีฉบับนี้ จึงสะท้อนบทบาทขององค์ความรู้ที่สามารถเชื่อมโยงจากงานวิจัยสู่การประยุกต์ใช้ในเวชปฏิบัติ การพยาบาล การบริหารจัดการ และการพัฒนาระบบบริการสุขภาพได้อย่างเป็นรูปธรรม

สาระสำคัญของบทความในฉบับนี้แสดงให้เห็นถึงแนวโน้มของการใช้ข้อมูลและหลักฐานเชิงประจักษ์ เป็นฐานในการตัดสินใจ ทั้งการพัฒนาระบบงานด้วยเทคโนโลยีดิจิทัล การประเมินประสิทธิผลของเครื่องมือและกระบวนการทางห้องปฏิบัติการ การยกระดับมาตรฐานการทำให้ปราศจากเชื้อ การประยุกต์ใช้แนวปฏิบัติที่อ้างอิงหลักฐานในการดูแลผู้ป่วย ตลอดจนการพัฒนารูปแบบการดูแลที่คำนึงถึงความแตกต่างของบริบททางคลินิก สังคม และวัฒนธรรม ขณะเดียวกัน การให้ความสำคัญกับการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพและการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ยังสะท้อนทิศทางของระบบสุขภาพที่มุ่งสู่ความยั่งยืนควบคู่กับการรักษามาตรฐานคุณภาพบริการ

องค์ความรู้ที่นำเสนอในฉบับนี้สะท้อนให้เห็นว่าการพัฒนาระบบสุขภาพมิใช่ภารกิจของวิชาชีพใดวิชาชีพหนึ่ง หากเป็นความร่วมมือของสหสาขาวิชาชีพที่ใช้หลักฐานทางวิชาการเป็นรากฐานของการพัฒนา ทั้งในระดับผู้ป่วย หน่วยบริการ และองค์กร การเชื่อมโยงองค์ความรู้จากการวิจัยสู่การปฏิบัติอย่างต่อเนื่องจะเป็นกลไกสำคัญในการเพิ่มคุณค่าให้แก่ระบบบริการสุขภาพ และตอบสนองต่อความท้าทายของการดูแลสุขภาพในอนาคต

กองบรรณาธิการหวังเป็นอย่างยิ่งว่า บทความทุกเรื่องในวารสารฉบับนี้จะเป็นส่วนหนึ่งของการแลกเปลี่ยนองค์ความรู้ทางวิชาการ และเป็นแรงขับเคลื่อนให้เกิดการพัฒนางานวิจัย นวัตกรรม และการปฏิบัติบนพื้นฐานของหลักฐานเชิงประจักษ์ อันจะนำไปสู่การยกระดับคุณภาพการดูแลสุขภาพและสร้างประโยชน์ต่อประชาชนและระบบสุขภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพ



ศาสตราจารย์เกียรติคุณ นายแพทย์จรดะ รัชตะนาวัน
บรรณาธิการวารสารวิชาการราชวิทยาลัยจุฬาราชมนตรี

CONTENTS



วารสารวิชาการราชวิทยาลัยจุฬาราชมนตรี

The Journal of Chulabhorn Royal Academy

ปีที่ ๘ ฉบับที่ ๔ เดือนตุลาคม - ธันวาคม ๒๕๖๕

Vol.8 No.4 October - December 2026

บทความวิจัย/Research article

- ประสิทธิภาพของระบบแลกเปลี่ยนภาระงานออนไลน์สำหรับบุคลากรภาควิชา
เวชศาสตร์ครอบครัว คณะแพทยศาสตร์โรงพยาบาลรามาธิบดี โดยใช้ Google Form
และ Form Approvals 304-313
Effectiveness of Using Google Forms and Form Approvals as an Online
WorkSlot Exchange System for Personnel in the Department of Family Medicine,
Ramathibodi Hospital
มณีนุช มานชู, จิรวดี ชุมพล, วสากร เกตุประยูร
Maneenuch Manchu, Jirawadee Chumpol, Wasakorn Ketprayoon
- ประสิทธิภาพของตัวบ่งชี้ทางชีวภาพแบบอ่านผลเร็วมากเปรียบเทียบกับแบบอ่านผลเร็ว 314-325
ในการทำให้ปราศจากเชื้อด้วยไอน้ำ: กรณีศึกษาในหน่วยเวชภัณฑ์ปลอดเชื้อ
โรงพยาบาลศูนย์การแพทย์มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง
Effectiveness of Super Rapid-Readout Versus Rapid-Readout Biological Indicators
in Steam Sterilization: A Case Study in the Central Sterile Supply Department,
Mae Fah Luang University Medical Center Hospital
เจริญศรี กันทะวงศ์, วิทยา ชาญชัย
Charoensri Guntawong, Withaya Chanchai
- แนวทางการลดอุณหภูมิในผู้ป่วยบาดเจ็บสมอง ภายใต้หลักฐานเชิงประจักษ์ 326-334
Evidence-Based Approaches to Temperature Management in
Patients with Traumatic Brain Injury
จรรุญทรัพย์ วิริยะ, ภูมินทร์ ดวงสุริยะ, ณัฐชนก เกินบุรินทร์, สุนิศา สุธรรมปวง
Jaroonsab Witura, Phoomin Doungsuriya, Natchanok Thoenburin, Sunisa Suthampuang
- การออกแบบกรอบการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกระบวนการทำให้ปราศจากเชื้อ 335-348
ในหน่วยงานจ่ายกลางและทำให้ปราศจากเชื้อ
A Process-Based Framework to Calculate the Carbon Footprint of Sterile
Processing in Central Sterile Supply Departments
วิทยา ชาญชัย, โสภาสินี จิตจรุจรัตนมณี, กัตติกา สุขวัลย์
Withaya Chanchai, Sobhasinee Chitrachulrattanamanee, Kattika Sukaval
- ผลของรูปแบบการดูแลตนเองเพื่อป้องกันภาวะแทรกซ้อนทางไตในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2: 349-359
การวิจัยกึ่งทดลอง
Effects of a Self-Care Model on the Prevention of Kidney Complications in
Patients with Type 2 Diabetes: A Quasi-Experimental Study
ณัฐวิโรจน์ ชูคำ, สิริินทรา ฟุตระกุล, ศศิณารณ์ โลหิตไทย
Nattawiroj Choodum, Sirinthra Futrakul, Sasinaporn Lohitthai

CONTENTS



วารสารวิชาการราชวิทยาลัยจุฬาราชมนตรี

The Journal of Chulabhorn Royal Academy

ปีที่ ๘ ฉบับที่ ๔ เดือนตุลาคม - ธันวาคม ๒๕๖๙

Vol.8 No.4 October - December 2026

บทความวิจัย/Research article

- **HER2 Testing in Breast Cancer: Correlation between Immunohistochemistry and FISH Using the Updated 2023 ASCO/CAP Guidelines** 360-369

Thivaratana Sinthuwitwat, Somboon Kittikongwat, Kanthida Jangyubol, Bongkod Petcharat, Jutamas Yimnoon, Priyavudh Herabutya, Pakaporn Tosirisuk, Archara Supavavej

บทความวิชาการ/Academic article

- **การพยาบาลผู้ป่วยที่มีภาวะติดเชื้อในกระแสเลือดในห้องฉุกเฉิน: แนวทางและบทบาทสำคัญภายใต้หลักฐานเชิงประจักษ์** 370-379

Nursing Care for Adults with Sepsis in the Emergency Department: Evidence-Based Approaches and Critical Nursing Roles

รัชฎากร ผลพัฒน์, ภูมินทร์ ดวงสุริยะ

Ratsadagorn Phonphat, Phoomin Doungsuriya

- **บทบาทพยาบาลห้องฉุกเฉินในการดูแลหญิงตั้งครรภ์ที่มีความดันโลหิตสูงในภาวะวิกฤต** 380-388

The Role of Emergency Nurses in Managing Pregnant Women with Hypertensive Crisis

ดวงกมล ประสพแสนทวี

Duangkamon Prasopsantawee

- **Nursing Management of Thai Buddhist Monks on Hemodialysis during Religious Intermittent Fasting: A Narrative Review and Practical Guidance** 389-399

Surasak Thakhat, Nisara Tanaphan

- **Active Warming Technologies for Preventing Perioperative Hypothermia: A Narrative Review of Evidence and Clinical Practice** 400-410

Nisara Tanphan, Nuthakun Posri, Surasak Thakhat, Phongthara Vichitvejpaisal

Research article

ประสิทธิภาพของระบบแลกเปลี่ยนภาระงานออนไลน์สำหรับบุคลากร
ภาควิชาเวชศาสตร์ครอบครัว คณะแพทยศาสตร์โรงพยาบาลรามาธิบดี
โดยใช้ Google Form และ Form Approvals
Effectiveness of Using Google Forms and Form Approvals as an Online
WorkSlot Exchange System for Personnel in the Department of Family
Medicine, Ramathibodi Hospital

มณีนุช มานชู, จิรวดี ชุมพล*, วสากร เกตุประยูร
Maneenuch Manchu, Jirawadee Chumpol*, Wasakorn Ketprayoon

ภาควิชาเวชศาสตร์ครอบครัว คณะแพทยศาสตร์โรงพยาบาลรามาธิบดี มหาวิทยาลัยมหิดล,
กรุงเทพฯ ประเทศไทย
Department of Family Medicine, Faculty of Medicine Ramathibodi Hospital, Mahidol University,
Bangkok, Thailand.

*Corresponding Author, e-mail: jirawadee.chu@mahidol.ac.th

Received: 25 November 2025; Revised: 5 May 2026; Accepted: 10 June 2026

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบแลกเปลี่ยนภาระงานออนไลน์ที่พัฒนาขึ้นโดยใช้ Google Forms และส่วนเสริม Form Approvals ซึ่งนำมาใช้แทนที่ระบบเอกสารแบบเดิม และเพื่อศึกษาการยอมรับเทคโนโลยีของบุคลากรในภาควิชาเวชศาสตร์ครอบครัว คณะแพทยศาสตร์โรงพยาบาลรามาธิบดี การศึกษาครั้งนี้เป็นงานวิจัยเชิงพรรณนา โดยใช้กรอบแนวคิดการยอมรับเทคโนโลยีเป็นพื้นฐานในการออกแบบเครื่องมือวิจัย กลุ่มตัวอย่างคือบุคลากรภาควิชาเวชศาสตร์ครอบครัว จำนวน 81 คน เป็นผู้ใช้งานระบบแลกเปลี่ยนภาระงานออนไลน์จำนวน 74 คน วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนาและสถิติ Paired t-test

ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพ พบว่าระบบออนไลน์มีคะแนนเฉลี่ย ($Mean = 4.00$) สูงกว่าระบบเอกสารแบบเดิม ($Mean = 3.48$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$) ในทุกด้าน ทั้งในด้านความสะดวกในการใช้งาน ความง่ายในการใช้งาน การติดตามการดำเนินงาน และความถูกต้องในการดำเนินงาน ส่วนของการยอมรับเทคโนโลยี พบว่าผู้ใช้งานมีการรับรู้ถึงความสะดวกมีประโยชน์ ($Mean = 4.56$) การรับรู้ถึงความง่ายในการใช้งาน ($Mean = 4.30$) และทัศนคติต่อการใช้งาน ($Mean = 4.38$) อยู่ในระดับมากถึงมากที่สุด

การนำระบบแลกเปลี่ยนภาระงานออนไลน์ที่พัฒนาโดยใช้ Google Forms และ Form Approvals มาประยุกต์ใช้ในระบบแลกเปลี่ยนภาระงานออนไลน์ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและความคล่องตัวในการดำเนินงานของภาควิชา อย่างมีนัยสำคัญ ผลการศึกษายังแสดงให้เห็นว่าการเลือกใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมและเข้าถึงง่ายสามารถส่งเสริมการยอมรับเทคโนโลยีและสร้างประสบการณ์การทำงานเชิงบวกให้กับบุคลากร

คำสำคัญ: กูเกิ้ล ฟอर्म, การแลกเปลี่ยนภาระงาน, แบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยี, ระบบการอนุมัติ

Abstract

Background: This research evaluates the performance of an online WorkSlot Exchange system developed using Google Forms and Form Approvals, replacing the traditional paper-based system. The study investigates technology acceptance among staff in the Department of Family Medicine at Ramathibodi Hospital.

Objectives: To compare the efficiency of the online WorkSlot Exchange system with the traditional paper-based system, and examine personnel's opinions, perceptions, and attitudes toward using the online

WorkSlot Exchange system. (Google Forms).

Methods: A descriptive study employing the Technology Acceptance Model (TAM) for research instrument design. The sample included 81 personnel from the Department of Family Medicine, of whom 74 were active users of the online system. Data analysis was conducted using descriptive statistics and paired t-tests. Results: A performance comparison revealed that the online system scored higher (*Mean* = 4.00) than the traditional paper-based system (*Mean* = 3.48), with a statistically significant difference ($p < .05$). These improvements were consistent across all dimensions: convenience, ease of use, operational tracking, and accuracy. Regarding technology acceptance, users reported high to very high levels of Perceived Usefulness (*Mean* = 4.56), Perceived Ease of Use (*Mean* = 4.30), and Attitude Toward Use (*Mean* = 4.38).

Conclusions: Implementing the online WorkSlot Exchange system, which utilizes Google Forms and incorporates Form Approvals into working slot management, enhances efficiency and agility in the department's operations. It also serves as an essential tool demonstrating that selecting appropriate and accessible technology can foster acceptance and promote a positive work experience for staff.

Keywords: Google Forms, Form Approvals, Technology Acceptance Model (TAM), WorkSlot Exchange

บทนำ (Introduction)

ภาควิชาเวชศาสตร์ครอบครัว คณะแพทยศาสตร์ โรงพยาบาลรามาธิบดีมีการจัดการภาระงานผ่านระบบเอกสารและกระบวนการตรวจสอบด้วยมือ (manual processes) ไม่ว่าจะเป็นการแลกเปลี่ยนสอน การแจ้งเปิด-ปิดการออกตรวจ การขอเลื่อนหรือการสับเปลี่ยนเวร ซึ่งเป็นแนวทางที่ใช้มาอย่างต่อเนื่องและคุ้นเคยในกลุ่มอาจารย์แพทย์ แพทย์สายบริการ แพทย์ประจำบ้าน รวมถึงบุคลากรสายสนับสนุนวิชาการ แต่เมื่อพิจารณาในบริบทของการทำงานที่มีความซับซ้อนและต้องการความรวดเร็ว พบว่าระบบเอกสารแบบเดิมมีข้อจำกัดหลายประการ ได้แก่ ความล่าช้าในการอนุมัติคำขอ ความผิดพลาดจากการบันทึกข้อมูลด้วยลายมือ ความยากในการติดตามผล ความไม่สะดวกในการใช้งานและภาระที่เพิ่มขึ้นในการจัดเก็บและสืบค้นเอกสารย้อนหลัง

การนำระบบแลกเปลี่ยนภาระงานออนไลน์ในรูปแบบ Google Forms ร่วมกับส่วนเสริม Form Approvals มาใช้แทน

ระบบเอกสารแบบเดิมช่วยให้การอนุมัติคำขอเป็นอัตโนมัติและโดยไม่จำเป็นต้องมีพื้นฐานด้านการเขียนโปรแกรม ระบบจะดำเนินการตั้งแต่การส่งคำขอแลกเปลี่ยน การแจ้งเตือนหัวหน้างาน และการแจ้งผลเป็นปัจจุบันผ่านทางอีเมลไปยังผู้เกี่ยวข้องโดยอัตโนมัติ ทำให้การแลกเปลี่ยนภาระงานมีความรวดเร็ว ลดจำนวนเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องและพื้นที่จัดเก็บเอกสาร นอกจากนี้ข้อมูลทั้งหมดจะถูกบันทึกลงใน Google Sheets ทันทีทำให้ช่วยลดความผิดพลาดที่เกิดจากการบันทึกข้อมูลด้วยลายมือและเรียกดูข้อมูลย้อนหลังได้อย่างสะดวก

ภาควิชาฯ จึงได้นำเทคโนโลยีสารสนเทศมาใช้เพื่อสนับสนุนการบริหารจัดการภาระงานของบุคลากรในรูปแบบดิจิทัล ลดการใช้เอกสารและพื้นที่จัดเก็บ โดยข้อมูลถูกเก็บบนระบบอินเทอร์เน็ตอย่างปลอดภัย กำหนดสิทธิ์การเข้าถึงได้และใช้งานได้จากทุกที่ ภาควิชาฯ ได้มีการทดลองใช้งานระบบแลกเปลี่ยนภาระงานในบุคลากร 3 กลุ่ม โดยแต่ละกลุ่มมีระยะเวลาการทดลอง 3 ระยะดังนี้

ระยะทดลองระบบแลกเปลี่ยนภาระงานออนไลน์

	ระยะที่ 1 กระดาษควบคู่แบบฟอร์มออนไลน์ (กลุ่มทดลอง)	ระยะที่ 2 แบบฟอร์มออนไลน์ อย่างเดียว (กลุ่มทดลอง)	ระยะที่ 3 แบบฟอร์มออนไลน์ อย่างเดียว (ทั้งภาควิชาฯ)
กลุ่ม 1 อาจารย์แพทย์	ก.ค. - ส.ค. 67	กันยายน 2567	ตุลาคม 2567
กลุ่ม 2 แพทย์ประจำบ้าน แพทย์สายบริการ	พฤศจิกายน 2567	ธันวาคม 2567	มกราคม 2568
กลุ่ม 3 บุคลากรสาย สนับสนุนวิชาการ	พฤศจิกายน 2567	ธันวาคม 2567	มกราคม 2568

รูปที่ 1 ระยะทดลองระบบแลกเปลี่ยนภาระงานออนไลน์

การทดลองนี้ได้ใช้ส่วนเสริม Form Approvals เป็นแบบไม่มีค่าใช้จ่ายแต่เนื่องด้วยข้อจำกัด การใช้งานของ Google Forms และจำนวนบุคลากรของภาควิชาฯ จึงทำให้จำนวนแบบฟอร์มที่ใช้ไม่เพียงพอต่อความต้องการ ภาควิชาฯ จึงดำเนินการปรับเปลี่ยนแผนการใช้ส่วนเสริม Form Approvals เป็นแบบมีค่าใช้จ่ายรายปีเพื่อรองรับการใช้งานได้มากขึ้น

อย่างไรก็ตาม แม้การนำระบบแลกเปลี่ยนภาระงานออนไลน์มาใช้จะเป็นทางเลือกที่มีความทันสมัยและสอดคล้องกับการทำงานของบุคลากรในอนาคต แต่การเปลี่ยนแปลงระบบดังกล่าวยังจำเป็นต้องได้รับการประเมินผลอย่างเป็นระบบ เพื่อสร้างหลักฐานเชิงประจักษ์ให้เห็นว่าสามารถเพิ่มประสิทธิภาพและเพิ่มความพึงพอใจของบุคลากรอย่างแท้จริง จากการศึกษารอบแนวคิดด้านการยอมรับเทคโนโลยี (Technology Acceptance Model: TAM)^{1,2} ระบุว่าความตั้งใจในการใช้เทคโนโลยีของบุคลากรขึ้นอยู่กับ การรับรู้ถึงประโยชน์ของระบบและความง่ายในการใช้งานระบบนั้น ๆ แนวคิดดังกล่าวยังได้รับการสนับสนุนโดยงานวิจัยในประเทศที่ชี้ให้เห็นว่าปัจจัยด้านทัศนคติของผู้ใช้งาน การสนับสนุนจากองค์กรและประสบการณ์การใช้งานมีอิทธิพลต่อการยอมรับและการนำเทคโนโลยีสารสนเทศมาใช้ในหน่วยงาน^{3,4} ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบแลกเปลี่ยนภาระงานออนไลน์กับการใช้เอกสารรวมถึงศึกษาความคิดเห็น การรับรู้ และทัศนคติของบุคลากรผู้ใช้งาน โดยมุ่งเน้นศึกษาการรับรู้ถึงประโยชน์ (Perceived Usefulness) การรับรู้ถึงความง่ายในการใช้งาน (Perceived Ease of Use) และทัศนคติต่อการใช้งาน (Attitude toward using) ด้วยระเบียบวิธีวิจัยเชิงพรรณนา (Descriptive Research Design) ผ่านแบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยี (TAM) หากพบประเด็นปัญหาหรือข้อควรพัฒนาเพิ่มเติมจากผลการวิจัย ผู้วิจัยวางแผนจะพัฒนาระบบต่อไป (Continuous Quality Improvement: CQI)

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบแลกเปลี่ยนภาระงานออนไลน์และระบบการใช้เอกสารแบบเดิม
2. เพื่อศึกษาความคิดเห็น การรับรู้ และทัศนคติของบุคลากรภาควิชาเวชศาสตร์ครอบครัวต่อการใช้งานระบบแลกเปลี่ยนภาระงานออนไลน์ (Google Forms)

กรอบแนวคิดการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาความคิดเห็น การรับรู้ และทัศนคติต่อการใช้งานระบบแลกเปลี่ยนภาระงานออนไลน์บนพื้นฐานของแบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยี (Technology Acceptance Model: TAM)³ ซึ่งเป็นโมเดลที่นิยมนำมาใช้เพื่อการศึกษาเกี่ยวกับการยอมรับเทคโนโลยีและความพึงพอใจในการใช้เทคโนโลยีต่าง ๆ ของผู้ใช้ ทั้งนี้การวิจัยไม่ได้มุ่งศึกษาในส่วนของผู้ติดิกรความตั้งใจในการนำไปใช้ (Behavioral

Intention) และการใช้งานจริง (Actual Use) เนื่องจากระบบแลกเปลี่ยนภาระงานออนไลน์ดังกล่าวเป็นระบบที่บุคลากรภาควิชาฯ จำเป็นต้องใช้งานตามข้อกำหนดขององค์กร โดยการยอมรับเทคโนโลยี ประกอบด้วยการรับรู้ถึงประโยชน์ (Perceived Usefulness) หมายถึง การรับรู้ของผู้ใช้งานว่าระบบแลกเปลี่ยนภาระงานออนไลน์ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน ลดเวลาและข้อผิดพลาด ลดค่าใช้จ่ายและพื้นที่จัดเก็บเอกสาร ใช้งานได้ทุกที่ทุกเวลาที่มีอินเทอร์เน็ต และช่วยให้ติดตามงานได้สะดวกและยืดหยุ่นมากขึ้น การรับรู้ถึงความง่ายในการใช้งาน (Perceived Ease of Use) หมายถึง การเรียนรู้ว่าระบบมีขั้นตอนการใช้งานที่ง่าย ชัดเจน ไม่ซับซ้อน เรียนรู้ได้รวดเร็วและไม่ก่อให้เกิดความยุ่งยากในการใช้งาน ทัศนคติต่อการใช้งาน (Attitude toward using) หมายถึง ความรู้สึก ความเชื่อ และการประเมินของผู้ใช้งานที่มีต่อการใช้ระบบว่ามีประโยชน์ เหมาะสมและสร้างประสบการณ์เชิงบวก โดยทัศนคติที่ดีจะสะท้อนถึงความพึงพอใจ ความเต็มใจในการใช้งานและการมองว่าระบบดังกล่าวช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและความสะดวกเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการแบบเดิม

วิธีการศึกษา (Method)

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง คือ บุคลากรภาควิชาเวชศาสตร์ครอบครัว คณะแพทยศาสตร์โรงพยาบาลรามาธิบดี มหาวิทยาลัยมหิดล จำนวน 114 คน ผู้วิจัยเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) จากผู้ใช้งานทั้งระบบเอกสารและระบบแลกเปลี่ยนภาระงานออนไลน์จำนวน 81 คน ได้แก่ อาจารย์แพทย์ จำนวน 27 คน แพทย์สายบริการ จำนวน 2 คน แพทย์ประจำบ้าน จำนวน 28 คน บุคลากรสายสนับสนุนวิชาการ จำนวน 16 คน และเจ้าหน้าที่ผู้เกี่ยวข้องในกระบวนการแลกเปลี่ยนภาระงาน ได้แก่ พยาบาล เจ้าหน้าที่การศึกษา เจ้าหน้าที่งานบริหารทั่วไป จำนวน 8 คน โดยกำหนดเกณฑ์การคัดเลือก (Inclusion Criteria) คือบุคลากรที่ผ่านการใช้งานระบบแลกเปลี่ยนภาระงานออนไลน์ออนไลน์ในช่วง 5 เดือนที่ผ่านมา (มกราคม - พฤษภาคม 2568)

การพิทักษ์สิทธิของกลุ่มตัวอย่าง

งานวิจัยนี้ผ่านการพิจารณารับรองจากคณะกรรมการวิจัยในคน คณะแพทยศาสตร์โรงพยาบาลรามาธิบดี มหาวิทยาลัยมหิดล COA. No. MURA2025/615 เมื่อวันที่ 24 กรกฎาคม พ.ศ. 2568 แบบสอบถามได้มีการขอความยินยอมจากผู้ตอบแบบสอบถาม (Informed Consent) โดยไว้ในส่วนนำของแบบสอบถามออนไลน์ พร้อมแนบเอกสารข้อมูลและขอความยินยอมสำหรับการวิจัยฉบับเต็มประกอบการพิจารณา การตอบแบบสอบถามเป็นไปโดยความสมัครใจ ข้อมูลของผู้ตอบแบบสอบถามจะถูกเก็บเป็นความลับและนำเสนอในภาพรวม ไม่มีการระบุตัวตน (anonymous) เพื่อป้องกันผลกระทบต่อการปฏิบัติงานหรืออิทธิพลอันไม่เหมาะสม (Undue Influence)

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

แบบสอบถามการใช้ระบบแลกเปลี่ยนภาระงานออนไลน์สำหรับบุคลากรภาควิชาเวชศาสตร์ครอบครัว จัดทำในรูปแบบ Google Form ออกแบบโดยใช้แบบจำลองการยอมรับการใช้เทคโนโลยี (TAM) ซึ่งอธิบายการยอมรับและใช้งานเทคโนโลยีใหม่หรือระบบใหม่ได้มากน้อยเพียงใด โดยแบบสอบถามได้ผ่านการตรวจสอบคุณภาพจากผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน มีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์ (Index of Item Objective Congruence: IOC) อยู่ระหว่าง 0.67 - 1.00 มีค่าความเชื่อมั่น 0.93 แบบสอบถามประกอบด้วย 4 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ได้แก่ การใช้งานระบบในช่วง 5 เดือนที่ผ่านมาประเภทบุคลากร อายุ ประสบการณ์การทำงานและสถานะการใช้งาน ซึ่งเป็นแบบสอบถามประเภท Check List จำนวน 5 ข้อ

ส่วนที่ 2 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างการใช้อีเอกสารแบบเดิมและระบบแลกเปลี่ยนภาระงานออนไลน์เป็นแบบสอบถามประเภท Likert Scale จำนวน 4 ข้อ สามารถเลือกตอบได้ 5 ระดับ

ส่วนที่ 3 ความคิดเห็นเกี่ยวกับการใช้ระบบแลกเปลี่ยนภาระงานออนไลน์ ได้แก่ การรับรู้ถึงควมมีประโยชน์ (Perceived Usefulness) การรับรู้ถึงความง่ายในการใช้งาน (Perceived Ease of Use) และทัศนคติต่อการใช้งาน (Attitude toward using) เป็นแบบสอบถามประเภท Likert Scale จำนวน 13 ข้อ สามารถเลือกตอบได้ 5 ระดับ

ส่วนที่ 4 ข้อเสนอแนะและความคิดเห็นเพิ่มเติมเป็นคำถามปลายเปิด

สำหรับการแปลผลระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับการใช้ระบบแลกเปลี่ยนภาระงานออนไลน์ ผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์การแปล

ความหมายของค่าเฉลี่ยที่คำนวณได้จากแบบสอบถามมาตรฐาน 5 ระดับ โดยแบ่งออกเป็น 5 ระดับดังนี้ ค่าเฉลี่ยที่ 4.51 - 5.00 มีความคิดเห็นอยู่ในระดับมากที่สุด 3.51 - 4.50 มีความคิดเห็นอยู่ในระดับมาก 2.51 - 3.50 มีความคิดเห็นอยู่ในระดับปานกลาง 1.51 - 2.50 มีความคิดเห็นอยู่ในระดับน้อย และ 1.00 - 1.50 มีความคิดเห็นอยู่ในระดับน้อยที่สุด

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา ประกอบด้วย การแจกแจงความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สำหรับการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบแลกเปลี่ยนภาระงานออนไลน์และระบบการใช้อีเอกสาร วิเคราะห์โดยใช้ Paired t-test ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

ผลการศึกษา (Results)

จากการศึกษาพบว่าบุคลากรภาควิชาเวชศาสตร์ครอบครัวจำนวน 81 คน ในระยะเวลา 5 เดือนที่ผ่านมา (ม.ค. 68 - พ.ค. 68) มีผู้ใช้งานระบบแลกเปลี่ยนภาระงานออนไลน์จำนวน 74 คน ในจำนวนนี้เป็นอาจารย์แพทย์จำนวน 21 คน (ร้อยละ 28.4) แพทย์สายบริการจำนวน 2 คน (ร้อยละ 2.7) แพทย์ประจำบ้านจำนวน 27 คน (ร้อยละ 36.5) บุคลากรสายสนับสนุนวิชาการจำนวน 16 คน (ร้อยละ 21.6) พยาบาลแผนกผู้ป่วยนอกจำนวน 2 คน (ร้อยละ 2.7) และเจ้าหน้าที่ผู้เกี่ยวข้อง ได้แก่ เจ้าหน้าที่การศึกษาและเจ้าหน้าที่ธุรการจำนวน 6 คน (ร้อยละ 8.1) บุคลากรส่วนใหญ่มีอายุระหว่าง 31 - 40 ปี มีประสบการณ์การทำงาน 2 - 5 ปี สถานะในการใช้งานส่วนใหญ่เป็นผู้ใช้งานจำนวน 61 คน (ร้อยละ 82.4) รองลงมาคือ ผู้ใช้ข้อมูลจำนวน 8 คน (ร้อยละ 10.8) และเป็นผู้อนุมัติและผู้ใช้จำนวน 5 คน (ร้อยละ 6.8)

ตารางที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ใช้งานระบบแลกเปลี่ยนภาระงานออนไลน์ในช่วงระยะเวลา 5 เดือนที่ผ่านมา (n=74)

ข้อมูล	จำนวน (ร้อยละ)
1. ประเภทบุคลากร	
อาจารย์แพทย์	21 (28.4)
แพทย์สายบริการ	2 (2.7)
แพทย์ประจำบ้าน	27 (36.5)
บุคลากรสายสนับสนุนวิชาการ	16 (21.6)
พยาบาลแผนกผู้ป่วยนอก	2 (2.7)
เจ้าหน้าที่ผู้เกี่ยวข้อง (เจ้าหน้าที่การศึกษา เจ้าหน้าที่ธุรการ)	6 (8.1)
2. อายุ	
น้อยกว่า 30 ปี	24 (32.4)
31-40 ปี	27 (36.5)
41-50 ปี	18 (24.3)
มากกว่า 50 ปี	5 (6.8)

ข้อมูล	จำนวน (ร้อยละ)
3. ประสบการณ์การทำงาน	
น้อยกว่า 2 ปี	11 (14.9)
2-5 ปี	28 (37.8)
6-10 ปี	10 (13.5)
มากกว่า 10 ปี	25 (33.8)
4. สถานะการใช้งาน	
ผู้ใช้งาน	61 (82.4)
ผู้อนุมัติและผู้ใช้งาน	5 (6.8)
ผู้ใช้ข้อมูล	8 (10.8)

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการแลกเปลี่ยนภาระงานการใช้เอกสารแบบเดิมและระบบแลกเปลี่ยนภาระงานออนไลน์ของบุคลากรภาควิชาเวชศาสตร์ครอบครัว

ประสิทธิภาพ	ระบบเอกสาร Mean (SD)	ระบบออนไลน์ Mean (SD)	t	df	P value
ความสะดวกในการใช้งาน	3.85 (1.07)	4.65 (0.54)	5.803*	73	.000
ความง่ายในการใช้งาน	3.95 (0.99)	4.54 (0.71)	4.331*	73	.000
การติดตามผลการดำเนินงาน	3.46 (1.28)	4.46 (0.65)	5.775*	73	.000
ความถูกต้องในการดำเนินงาน	2.68 (1.44)	2.35 (1.50)	2.028*	73	.046
รวม	3.48 (0.83)	4.00 (0.53)	5.591*	73	.000

* นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 2 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้เอกสารแบบเดิมและระบบแลกเปลี่ยนภาระงานออนไลน์ของบุคลากรภาควิชาฯ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยระบบแลกเปลี่ยนภาระงานออนไลน์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.00 (SD = 0.53) ระบบเอกสารแบบเดิมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.48 (SD = 0.83)

เมื่อพิจารณารายชื่อ ความสะดวกในการใช้งาน ความง่าย

ในการใช้งาน และการติดตามผลการดำเนินงาน พบว่าทุกหัวข้อมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยระบบแลกเปลี่ยนภาระงานออนไลน์มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าระบบเอกสารแบบเดิม สำหรับความถูกต้องในการดำเนินงานซึ่งเป็นตัวชี้วัดเชิงลบ พบว่าระบบออนไลน์มีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าระบบเอกสารแบบเดิมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เช่นกัน แสดงถึงการเกิดความผิดพลาดที่น้อยกว่า

ตารางที่ 3 การรับรู้ถึงความมีประโยชน์ของระบบแลกเปลี่ยนภาระงานออนไลน์ (Perceived Usefulness)

การรับรู้ถึงความมีประโยชน์	Mean	SD	ระดับ ความคิดเห็น
1. การใช้ระบบแลกเปลี่ยนภาระงานออนไลน์ช่วยลดเวลาในการดำเนินการเมื่อเทียบกับระบบเอกสาร	4.55	0.69	มากที่สุด
2. ระบบแลกเปลี่ยนภาระงานออนไลน์ช่วยลดข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นจากการกรอกข้อมูลโดยการเขียนด้วยลายมือ	4.39	0.95	มาก
3. ระบบแลกเปลี่ยนภาระงานออนไลน์ช่วยให้ท่านสามารถติดตามการแล่งงานได้	4.42	0.86	มาก
4. ระบบแลกเปลี่ยนภาระงานออนไลน์สามารถใช้ได้ตลอดเวลาและทุกสถานที่	4.72	0.63	มากที่สุด
5. ระบบแลกเปลี่ยนภาระงานออนไลน์ช่วยลดค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับการจัดพิมพ์และลดพื้นที่การจัดเก็บเอกสาร	4.74	0.53	มากที่สุด
รวม	4.56	0.52	มากที่สุด

ผลการศึกษาการรับรู้ถึงความมีประโยชน์ของระบบแลกเปลี่ยนภาระงานออนไลน์ พบว่าโดยภาพรวมผู้ใช้งานมีการรับรู้ถึงความมีประโยชน์อยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.56 (SD = 0.52) เมื่อพิจารณารายข้อ พบว่าระบบแลกเปลี่ยน

ภาระงานออนไลน์ช่วยลดค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับการจัดพิมพ์และลดพื้นที่การจัดเก็บเอกสาร รองลงมาคือสามารถใช้ได้ทุกเวลาและทุกสถานที่ และระบบแลกเปลี่ยนภาระงานออนไลน์ช่วยลดเวลาในการดำเนินการเมื่อเทียบกับระบบเอกสาร

ตารางที่ 4 การรับรู้ถึงความง่ายในการใช้งานระบบแลกเปลี่ยนภาระงานออนไลน์ (Perceived Ease of Use)

การรับรู้ถึงความมีประโยชน์	Mean	SD	ระดับความคิดเห็น
1. ระบบแลกเปลี่ยนภาระงานออนไลน์ใช้งานง่ายและไม่ซับซ้อน	4.27	0.85	มาก
2. ท่านสามารถเรียนรู้วิธีใช้ระบบแลกเปลี่ยนภาระงานออนไลน์ได้อย่างรวดเร็ว	4.54	0.67	มากที่สุด
3. รูปแบบของระบบแลกเปลี่ยนภาระงานออนไลน์ ชัดเจนและเข้าใจง่าย	4.29	0.75	มาก
4. ท่านรู้สึกว่าระบบแลกเปลี่ยนภาระงานออนไลน์ไม่ต้องใช้ความพยายามมากในการใช้งาน	4.22	0.94	มาก
รวม	4.30	0.69	มาก

ผลการศึกษาการรับรู้ถึงความง่ายในการใช้งานของระบบแลกเปลี่ยนภาระงานออนไลน์ พบว่าโดยภาพรวมผู้ใช้งานมีการรับรู้ถึงความง่ายในการใช้งานอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.30 (SD = 0.69) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ

พบว่าบุคลากรสามารถเรียนรู้วิธีใช้ระบบแลกเปลี่ยนภาระงานออนไลน์ได้อย่างรวดเร็ว รูปแบบของระบบแลกเปลี่ยนภาระงานออนไลน์ชัดเจน เข้าใจง่าย ใช้งานง่ายและไม่ซับซ้อน

ตารางที่ 5 ทศนคติต่อการใช้งานระบบแลกเปลี่ยนภาระงานออนไลน์ (Attitude toward using)

การรับรู้ถึงความมีประโยชน์	Mean	SD	ระดับความคิดเห็น
1. ท่านรู้สึกว่าการทำงานของท่านมีความยืดหยุ่นมากขึ้น เมื่อเปลี่ยนมาใช้ระบบแลกเปลี่ยนภาระงานออนไลน์	4.18	0.98	มาก
2. ท่านรู้สึกดีต่อการใช้ระบบแลกเปลี่ยนภาระงานออนไลน์ในการแลกเปลี่ยนภาระงาน	4.45	0.74	มาก
3. ท่านคิดว่าการใช้ระบบแลกเปลี่ยนภาระงานออนไลน์เป็นประสบการณ์ที่น่าพอใจ	4.42	0.76	มาก
4. ท่านรู้สึกว่าระบบแลกเปลี่ยนภาระงานออนไลน์ดีกว่าระบบเอกสารแบบเดิมที่เคยใช้	4.46	0.76	มาก
รวม	4.38	0.71	มาก

ผลการศึกษาทัศนคติต่อการใช้งานระบบแลกเปลี่ยนภาระงานออนไลน์พบว่าโดยภาพรวมผู้ใช้งานมีทัศนคติต่อการใช้งานอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.38 (SD = 0.71) เมื่อพิจารณารายข้อพบว่า บุคลากรรู้สึกว่าการแลกเปลี่ยนภาระ

งานออนไลน์ดีกว่าระบบเอกสารแบบเดิมที่เคยใช้บุคลากรมีความรู้สึกดีต่อการใช้ระบบแลกเปลี่ยนภาระงานออนไลน์ในการแลกเปลี่ยนภาระงาน และคิดว่าการใช้ระบบแลกเปลี่ยนภาระงานออนไลน์เป็นประสบการณ์ที่น่าพอใจ

อภิปรายผล (Discussion)

ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้เอกสารแบบเดิมและระบบแลกเปลี่ยนภาระงานออนไลน์ของบุคลากรภาควิชาเวชศาสตร์ครอบครัว พบว่าความสะดวกในการใช้งาน ความง่ายในการใช้งาน และการติดตามผลการดำเนินงานมีความแตกต่างกัน โดยผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าการใช้ระบบแลกเปลี่ยนภาระงานออนไลน์มีความสะดวก ความง่ายในการใช้งานซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของปรภาส คงเกษมภิบาลและคณะ⁵ ที่เปรียบเทียบการใช้งานระบบสารบรรณแบบเดิมกับระบบสารบรรณอิเล็กทรอนิกส์ พบว่าระบบอิเล็กทรอนิกส์ทำให้การรับ-ส่งหนังสือ

และการค้นหาข้อมูลมีความรวดเร็วมากขึ้น ช่วยลดขั้นตอนและปริมาณการใช้กระดาษ ระบบใช้งานง่ายและสะดวกสบายกว่าการใช้เอกสารและยังทำให้ปริมาณการใช้กระดาษลดลง เจ้าหน้าที่ที่สามารถเปิดดูหนังสือราชการที่เข้ามาในระบบได้ทุกที่ผ่านอุปกรณ์สื่อสารได้ ข้อมูลในระบบมีความถูกต้องครบถ้วนสมบูรณ์ การเก็บรักษาหนังสือราชการได้ยาวนานกว่าระบบเดิม

สำหรับความสะดวกในการใช้งานระบบออนไลน์มีความสะดวกมากกว่าระบบเอกสารกระดาษอย่างชัดเจน โดยผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงข้อมูลและเอกสารได้ง่ายจากทุกที่ทุกเวลา สามารถเข้าถึงได้จากหลากหลายอุปกรณ์ที่เชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต ทำให้

มีความยืดหยุ่นและสะดวกแก่ผู้ใช้ ลดข้อจำกัดด้านสถานที่และเวลา ขณะที่เอกสารกระดาษต้องใช้พื้นที่จัดเก็บและต้องเดินทางไปยังสถานที่จริงเพื่อค้นหาเอกสาร^{5,6} นอกจากนี้ยังพบว่าระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการภาระงานช่วยลดเวลาในการรายงานและรวบรวมข้อมูลซึ่งเป็นเครื่องมือที่ช่วยสนับสนุนการทำงานได้อย่างสะดวกและรวดเร็วยิ่งขึ้น⁸

ความง่ายในการใช้งานระบบออนไลน์ที่ออกแบบได้ดี จะมีรูปแบบสำหรับผู้ใช้งาน (user interface) ที่เป็นมิตร ช่วยให้ค้นหา จัดเก็บและแก้ไขเอกสารได้ง่ายและรวดเร็ว มีฟังก์ชันการค้นหาและจัดหมวดหมู่ที่ชัดเจน ในขณะที่เอกสารกระดาษมักต้องใช้เวลาในการค้นหาและจัดการ โดยเฉพาะเมื่อมีข้อมูลปริมาณมาก⁶⁻⁸ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของวีพรเนตรทิพย์⁹ ที่พบว่าการพัฒนาารูปแบบและการออกแบบของระบบสารสนเทศให้มีความทันสมัยอยู่เสมอ ออกแบบให้การใช้ง่าย ไม่ซับซ้อน และตอบสนองการใช้งานจริงทำให้ผู้ใช้รู้สึกว่าการระบบนั้นง่าย และ Liu *et al*¹⁰ กล่าวว่าระบบการจัดการภาระงานของอาจารย์ที่ออกแบบมาให้ใช้งานง่ายจะช่วยให้อาจารย์เข้าใจและจัดการภาระงานของตนเองได้ดีขึ้น เช่นเดียวกับพล วรณสอน¹¹ พบว่าความง่ายต่อการใช้งานระบบจัดการฐานข้อมูลและสารสนเทศแบบเว็บแอปพลิเคชันได้คะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก สะท้อนให้เห็นว่าผู้ใช้ไม่มีความคิดเห็นเกี่ยวกับระบบออนไลน์ทำให้การใช้งานได้สะดวกขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับระบบเอกสารแบบเดิม

การติดตามผลการดำเนินงาน จากการติดตามเอกสารโดยวิธีทำด้วยมือมีความยากลำบากในการติดตามเอกสาร เมื่อนำระบบออนไลน์มาใช้ ช่วยเพิ่มการติดตามที่อยู่ของเอกสารทำให้ได้รับคะแนนยอดเยี่ยม⁸ สอดคล้องกับ Emre AVUÇLU¹² ที่ใช้แพลตฟอร์มดิจิทัลในสำนักงานกฎหมายช่วยการติดตามงานมีความโปร่งใสมากขึ้น สามารถตรวจสอบย้อนหลังได้ง่าย ลดอัตราความผิดพลาดของข้อมูลและเพิ่มความน่าเชื่อถือของข้อมูล ซึ่งแตกต่างจากระบบเอกสารที่มีปัญหาการสูญหายของเอกสารและยากต่อการติดตามย้อนหลัง

ความถูกต้องในการดำเนินงาน แม้ว่าระบบออนไลน์จะมีข้อดีในการช่วยลดความผิดพลาดที่เกิดจากการบันทึกข้อมูลด้วยลายมือ และการบันทึกข้อมูลคลาดเคลื่อน ช้าช้อน สอดคล้องกับ Falo R, Encarnacion R¹³ พบว่ากระบวนการป้อนข้อมูลด้วยตนเอง (manual data entry) ที่วิทยาลัยเซนต์ไมเคิลแห่งคารากา มีความเสี่ยงที่จะเกิดข้อผิดพลาด แต่จากการศึกษานี้พบว่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากทั้งสองระบบไม่มีความแตกต่าง ซึ่งทำให้เห็นว่าแม้จะเปลี่ยนจากการใช้ระบบเอกสารแบบเดิมมาเป็นระบบออนไลน์ก็ยังไม่พบความผิดพลาดในการทำงานจึงเป็นการสนับสนุนที่ดีในการนำระบบออนไลน์มาปรับใช้แทนระบบเอกสารเดิม

ความพึงพอใจต่อการใช้ระบบแลกเปลี่ยนภาระงานออนไลน์จากการศึกษาแบบจำลองการยอมรับการใช้เทคโนโลยี (Technology Acceptance Model: TAM) พบว่าผู้ใช้งาน

มีการรับรู้ถึงความมีประโยชน์ (Perceived Usefulness) ทศคติต่อการใช้งาน (Attitude toward using) และการรับรู้ถึงความง่ายในการใช้งาน (Perceived Ease of Use) อยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาการรับรู้ถึงความมีประโยชน์โดยเปรียบเทียบการใช้งานจริงระหว่างระบบออนไลน์และระบบเอกสาร พบความแตกต่างที่ชัดเจนในหลายมิติ กล่าวคือ ด้านการเข้าถึงระบบ ระบบแลกเปลี่ยนภาระงานออนไลน์สามารถใช้งานได้ตลอดเวลาและทุกสถานที่ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ในขณะที่ระบบเอกสารกำหนดให้บุคลากรต้องเดินทางมายื่นและส่งใบแลกเปลี่ยนที่หน่วยงานด้วยตนเอง ในมิติด้านจำนวนขั้นตอนการปฏิบัติงาน และระยะเวลานับตั้งแต่การยื่นแลกเปลี่ยนภาระงานจนถึงการดำเนินการแลกเปลี่ยนภาระงานเสร็จสิ้น ระบบออนไลน์มีเพียง 4 ขั้นตอน ใช้เวลาเพียง 1 - 3 วัน ขณะที่ระบบเอกสารต้องผ่านถึง 10 ขั้นตอน ใช้เวลา 5 - 7 วัน ด้านการติดตามสถานะการแลกเปลี่ยนภาระงาน ระบบออนไลน์ช่วยให้ผู้ที่ต้องการแลกเปลี่ยนภาระงานสามารถตรวจสอบสถานะเอกสารได้ทันทีว่าการแลกเปลี่ยนภาระงานนั้นอยู่ในขั้นตอนใด และรอการพิจารณาจากผู้ใด และหากเกิดความล่าช้าสามารถส่งการแจ้งเตือนผ่านระบบถึงผู้พิจารณาตามลำดับขั้นตอนได้ทันที ในขณะที่ระบบเอกสารแบบเดิมต้องให้ผู้ปฏิบัติงานบริหารเป็นผู้ติดตามเอกสารจากผู้เกี่ยวข้องตามลำดับขั้นตอนแต่ละรายด้วยตนเอง ซึ่งเป็นกระบวนการที่ใช้เวลาและความเสี่ยงต่อการสูญหายของเอกสาร สำหรับด้านค่าใช้จ่ายและพื้นที่จัดเก็บ ระบบเอกสารจำเป็นต้องถ่ายสำเนาเอกสารการแลกเปลี่ยนภาระงานให้แก่เจ้าหน้าที่ผู้เกี่ยวข้อง ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายในการจัดพิมพ์และถ่ายสำเนา รวมถึงต้องจัดสรรพื้นที่จัดเก็บเอกสารสำหรับการตรวจสอบย้อนหลังเป็นระยะเวลาอย่างน้อย 1 ปี ในทางตรงกันข้ามระบบออนไลน์บันทึกข้อมูลทั้งหมดไว้บนระบบโดยอัตโนมัติ และสามารถดาวน์โหลดไฟล์เก็บไว้ในเครื่องคอมพิวเตอร์โดยใช้พื้นที่จัดเก็บข้อมูลเพียงเล็กน้อย ช่วยลดค่าใช้จ่ายดังกล่าว และลดความจำเป็นในการใช้พื้นที่จัดเก็บเอกสารทางกายภาพได้อย่างสิ้นเชิง นอกจากนี้การลดปริมาณการใช้กระดาษและการพิมพ์ ยังส่งผลดีต่อการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม ในการช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้อย่างเป็นรูปธรรม

ข้อมูลข้างต้นแสดงให้เห็นว่าระบบออนไลน์ช่วยลดความซับซ้อนของกระบวนการ ลดภาระงานของบุคลากรที่เกี่ยวข้อง ลดระยะเวลาดำเนินการ เพิ่มประสิทธิภาพในการติดตามสถานะเอกสาร และลดภาระด้านต้นทุนและการจัดการเอกสารได้อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งผลลัพธ์นี้ช่วยยืนยันว่าปัจจัยด้านการรับรู้ความมีประโยชน์และการรับรู้ถึงความง่ายในการใช้งานเป็นปัจจัยสำคัญในการยอมรับเทคโนโลยีของบุคลากร^{3,4,14} นอกจากนี้รูปแบบของระบบออนไลน์ที่ชัดเจนและเข้าใจง่าย สามารถใช้งานได้ง่ายและไม่ซับซ้อนทำให้ผู้ใช้งานสามารถเรียนรู้วิธีใช้ระบบแลกเปลี่ยนภาระงานออนไลน์ได้อย่างรวดเร็วโดยไม่ต้องใช้ความพยายามมากในการเรียนรู้นั้น แนวคิดนี้ยังครอบคลุม

ไปถึงปัจจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น การออกแบบอินเทอร์เฟซ คุณภาพของระบบ ประสิทธิภาพการใช้งาน ความมั่นใจในตนเอง ด้านคอมพิวเตอร์ ความสนุกในการใช้งานและบรรทัดฐานทางสังคม¹⁵⁻¹⁷ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Davis¹⁸ พบว่าการรับรู้ถึงควมมีประโยชน์และการรับรู้ถึงความง่ายในการใช้งาน เป็นปัจจัยสำคัญในการยอมรับเทคโนโลยี แนวคิดนี้ยังได้รับการต่อยอดจากการศึกษาของ Cothran¹⁹ ที่พบว่าการรับรู้ถึงประโยชน์ การรับรู้ถึงความภักดี การรับรู้ถึงความสะดวกในการใช้งานมีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญกับการตั้งใจใช้งาน สำหรับทัศนคติต่อการใช้งานมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความตั้งใจในการใช้งานแอปพลิเคชันโรงพยาบาลอย่างมีนัยสำคัญ¹⁴ ซึ่งสอดคล้องกับหลักการในแบบจำลอง TAM ที่ระบุว่าทัศนคติเป็นตัวกลางที่เชื่อมโยงระหว่างการเรียนรู้ถึงควมมีประโยชน์และการรับรู้ถึงความง่ายในการใช้งานกับพฤติกรรมการใช้งาน¹⁸ นอกจากนี้ยังพบว่าทัศนคติของผู้ใช้ต่อการใช้งานอยู่ในระดับมาก เมื่อผู้ใช้มีความเข้าใจและรับรู้คุณค่าของระบบแล้วพวกเขาย่อมมีแนวโน้มที่จะยอมรับและนำไปใช้งานในที่สุด⁴

บทสรุป (Conclusion)

การศึกษานี้เป็นการประเมินเกี่ยวกับการนำเทคโนโลยีมาช่วยในการปฏิบัติงาน เพื่อจุดมุ่งหมายในการเพิ่มประสิทธิภาพของงานประจำให้ดีขึ้น จากผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบแลกเปลี่ยนภาระงานออนไลน์ที่ภาควิชาเวชศาสตร์ครอบครัว คณะแพทยศาสตร์โรงพยาบาลรามาธิบดีได้นำเทคโนโลยี Google Forms มาใช้แทนระบบเอกสารแบบเดิม ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าการใช้ระบบออนไลน์มีประสิทธิภาพสูงกว่าระบบเอกสารอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกด้าน ทั้งในด้านความสะดวกในการใช้งาน ความง่ายในการใช้งาน การติดตามผลการดำเนินงาน และความถูกต้องในการดำเนินงาน เมื่อวิเคราะห์ตามกรอบแนวคิดการยอมรับเทคโนโลยี (TAM) พบว่าบุคลากรมีการรับรู้ถึงควมมีประโยชน์อยู่ในระดับมากที่สุด โดยระบบออนไลน์ช่วยลดค่าใช้จ่าย ลดพื้นที่จัดเก็บเอกสาร และลดขั้นตอนการทำงาน สามารถใช้ได้ทุกที่ทุกเวลา เมื่อเทียบกับระบบเอกสารแบบเดิม การรับรู้ถึงความง่ายในการใช้งานรวมทั้งทัศนคติต่อการใช้งานอยู่ในระดับมาก โดยผู้ใช้งานรู้สึกดีต่อการใช้ระบบแลกเปลี่ยนภาระงานออนไลน์ รู้สึกว่าการใช้งานง่าย มีความสะดวก เรียนรู้วิธีใช้งานได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งเป็นประสบการณ์ที่น่าพอใจ

การนำระบบแลกเปลี่ยนภาระงานออนไลน์ที่ใช้ Google Forms และ Form Approvals ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและความคล่องตัวในการดำเนินงานของภาควิชาฯ พิสูจน์ให้เห็นว่าการเลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสมและเข้าถึงได้สามารถส่งเสริมการยอมรับและสร้างประสิทธิภาพการทำงานเชิงบวก แม้ว่าผู้ใช้งานบางรายจะเกิดความสับสนในระยะแรก แต่ผู้ใช้งานสามารถปรับตัวได้อย่างรวดเร็วและตระหนักถึงความสะดวกที่เพิ่มขึ้นหลังจากใช้งานเพียงไม่กี่ครั้ง ซึ่งยืนยันถึงความง่ายในการใช้งานของ

ระบบ ดังนั้น การนำเทคโนโลยีสารสนเทศมาใช้ในการจัดการช่วงเวลาทำงานจึงเป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพและสามารถตอบสนองความต้องการของบุคลากรในยุคดิจิทัลได้อย่างเหมาะสม อย่างไรก็ตาม การศึกษานี้เป็นเพียงตัวอย่างของการนำเทคโนโลยีมาใช้กับงานเฉพาะด้าน และกับกลุ่มบุคลากรที่จำเพาะเจาะจง ดังนั้นหากเป็นลักษณะงานด้านอื่น หรือกับกลุ่มผู้ใช้งานที่แตกต่างกัน อาจต้องมีการประเมินประสิทธิภาพการเลือกใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมกับลักษณะงานและกลุ่มผู้ใช้งานนั้น ๆ ต่อไป

ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้ประโยชน์

1. Google Forms ร่วมกับ Form Approvals นอกจากจะใช้สำหรับกระบวนการแลกเปลี่ยนภาระงานที่มีผู้อนุมัติหลายลำดับขั้นแล้ว ยังสามารถประยุกต์ใช้กับกระบวนการอนุมัติแบบหลายขั้นตอนในงานอื่น ๆ เช่น การอนุมัติการลา การเบิกจ่าย หรือการยื่นคำร้องต่าง ๆ โดยไม่จำเป็นต้องอาศัยทักษะการเขียนโปรแกรม
2. ควรมีคู่มือประกอบการใช้งานระบบแลกเปลี่ยนภาระงานออนไลน์สำหรับผู้ดูแลระบบ ผู้อนุมัติและผู้ใช้งาน
3. องค์กรขนาดเล็กสามารถใช้ Google Forms ร่วมกับส่วนเสริม Form Approvals แบบไม่เสียค่าใช้จ่ายได้

กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgements)

ทีมผู้วิจัยขอขอบพระคุณภาควิชาเวชศาสตร์ครอบครัว คณะแพทยศาสตร์ โรงพยาบาลรามาธิบดีที่ให้ความอนุเคราะห์และสนับสนุนสถานที่สำหรับการเก็บรวบรวมข้อมูล รวมถึงบุคลากรที่ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถามซึ่งมีส่วนสำคัญอย่างยิ่งต่อความสำเร็จของงานวิจัยนี้ และขอขอบพระคุณคุณไพจิตร อินทปัญญา ผู้ซึ่งได้ให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ด้านสถิติและคอยชี้แนะแนวทางในการพัฒนางานวิจัยมาโดยตลอดขอขอบพระคุณทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการพัฒนาระบบแลกเปลี่ยนภาระงานออนไลน์สำหรับบุคลากรภาควิชาเวชศาสตร์ครอบครัวในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

1. ปราโมทย์ ลีอนาม. แนวคิดและวิวัฒนาการของแบบจำลองการยอมรับการใช้เทคโนโลยี. *วารสารการจัดการสมัยใหม่*. 2554;9(1): 10-17. <https://so04.tci-thaijo.org/index.php/stou-sms-pr/article/view/11933>
2. Davis F. *User Acceptance of Information Systems: The Technology Acceptance Model (TAM)*. Ann Arbor, MI: University of Michigan, School of Business Administration; 1987. Working Paper 529. [J Chulabhorn Royal Acad. 2026; 8\(4\): 304-313](https://www.research-</div><div data-bbox=)

- gate.net/publication/30838394_User_acceptance_of_information_systems_the_technology_acceptance_model_TAM
3. อัจฉรา เคนเจริญโสภณ. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อใช้ในการปฏิบัติงานของสำนักงานปลัดกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. [วิทยานิพนธ์ปริญญารัฐประศาสนศาสตรมหาบัณฑิต]. ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา; 2560. <https://so03.tci-thaijo.org/index.php/JMND/article/view/268262>
 4. นพวรรณ วงษ์ศรีแก้ว, สุรวี คุณาลัย. การยอมรับเทคโนโลยีในการปฏิบัติของบุคลากรสายสนับสนุนระดับปฏิบัติงานมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาริราช. *วารสารสุโขทัยธรรมาริราช*. 2566;36(1): 23-35. <https://so05.tci-thaijo.org/index.php/stouj/article/view/263006>
 5. ประภาส คงเกษมภิบาล, ปานปั้น รองหานาม. การศึกษาเปรียบเทียบการใช้งานระบบสารบรรณแบบเดิมกับระบบสารบรรณอิเล็กทรอนิกส์ของสำนักงานพัฒนารัฐบาลดิจิทัล กรณีศึกษาเทศบาลตำบลหนองไผ่ล้อมอำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา. *วารสารการบริหารนิติบุคคลและนวัตกรรมท้องถิ่น*. 2566;9(8): 601-615. <https://so04.tci-thaijo.org/index.php/jsa-journal/article/download/265425/180811>
 6. Antenor M, Jr. Recoletos de Bacolod Graduate School Docuware: E-document management system. *Technium Soc Sci J*. 2025;71: 58-96. doi:10.47577/tssj.v71i1.12740
 7. Puengjandum R, Bulao S. Information System Development for Workload Management in the Faculty of Education, Nakhon Ratchasima Rajabhat University. *IJMAS*. 2019;5(8): 75-78. https://www.iraj.in/journal/journal_file/journal_pdf/14-593-157079601575-78.pdf
 8. Capucio JN, Sierra S, Cuya K, Cruz JD. Document tracking and monitoring of expenses for state universities and colleges responsibility units. *IOP Conf Ser Mater Sci Eng*. 2020;803(1):012042. doi:10.1088/1757-899X/803/1/012042.
 9. วชิร เนตรทิพย์. การศึกษาความสำเร็จของระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการการอนุญาต ภาพยนตร์ วิดีทัศน์ และสื่อโฆษณาภาพยนตร์และวีดิทัศน์ ในการจัดการงานด้านภาพยนตร์และวีดิทัศน์ :กรณีศึกษาสำนักพิจารณาภาพยนตร์และวีดิทัศน์. [การค้นคว้าอิสระ]. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยรามคำแหง; 2564. <https://www3.ru.ac.th/mpa-abstract/index.php/abstractData/viewIndex/505>
 10. Liu Q, Zhang H, Fan L, Li T-h, Jin X. Design and Implement of University Teachers' Workload Management System. *J Phys Conf Ser*. 2022;2278(1):012012. doi:10.1088/1742-6596/2278/1/012012
 11. นพดล วรรณสอน. การพัฒนาระบบบริหารจัดการการฝึกงานและปฏิบัติสหกิจศึกษา คณะบริหารธุรกิจและนิเทศศาสตร์มหาวิทยาลัยพะเยา. *วารสารวิชาการเพื่อการพัฒนาบัณฑิตกรรมเชิงพื้นที่*. 2568;6(3): 132-154.
 12. Avuçlu E, Yalçın S. A Web-Based Advanced Law Firm Tracking System Application For Lawyers. *ISVOS*. 2024;8(1): 76-86. doi:10.47897/bilmes.1495894
 13. Falo R, Encarnacion R. Streamlining document processing: Basis for an online document management system. *Int J Adv Res Sci Commun Technol*. 2024;394-403. doi:10.48175/IJARSCT-18750
 14. วิภัทร เลิศภูริวงศ์, วิภาดา พรสกุลวานิช. ปัจจัยการยอมรับเทคโนโลยี ทศนคติ และอิทธิพลทางสังคม ทำนายความตั้งใจในการใช้งานแอปพลิเคชันโรงพยาบาลภาครัฐ. *วารสารนิเทศศาสตร์และนวัตกรรมนิคัา*. 2556;9(2): 106-129. <https://so02.tci-thaijo.org/index.php/jcin/article/view/263192>
 15. Eraslan Yalcin M, Kutlu B. Examination of students' acceptance of and intention to use learning management systems using extended TAM. *Br J Educ Technol*. 2019;50(5):2414-2432. doi:10.1111/bjet.12798
 16. Salloum SA, Alhamad AQM, Al-Emran M, Monem AA, Shaalan K. Exploring students' acceptance of e-learning through the development of a comprehensive technology acceptance model. *IEEE Access*. 2019;7:128445-128462. doi:10.1109/ACCESS.2019.2939467
 17. Abdullah F, Ward R. Developing a General Extended Technology Acceptance Model for E-Learning (GETAMEL) by analysing commonly used external factors. *Comput Human Behav*. 2016;56:238-256. doi:10.1016/j.chb.2015.11.036
 18. Davis FD. Perceived usefulness, perceived

ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Q.* 1989;13(3): 319-340. doi:10.2307/249008

19. Cothran T. Google Scholar acceptance and use among graduate students: A quantitative study. *Libr Inf Sci Res.* 2011;33(4):293-301. doi:10.1016/j.lisr.2011.02.001

การอ้างอิง

มณีนุช มานบุ, จิรวดี ชุมพลและวสากร เกตุประยูร.ประสิทธิภาพของระบบแลกเปลี่ยนภาระงานออนไลน์สำหรับบุคลากรภาควิชาเวชศาสตร์ครอบครัว คณะแพทยศาสตร์โรงพยาบาลรามาธิบดี โดยใช้ Google Form และ Form Approvals. *วารสารวิชาการราชวิทยาลัยจุฬาภรณ์*. 2569; 8(4): 304-313. <https://he02.tci-thaijo.org/index.php/jcra/article/view/278954>

Manchu M, Chumpol J, Ketprayoon W. Effectiveness of Using Google Forms and Form Approvals as an Online WorkSlot Exchange System for Personnel in the Department of Family Medicine, Ramathibodi Hospital. *J Chulabhorn Royal Acad* 2026. 8(4): 304-313. <https://he02.tci-thaijo.org/index.php/jcra/article/view/278954>

Online Access

<https://he02.tci-thaijo.org/index.php/jcra/article/view/278954>



Research article

ประสิทธิภาพของตัวบ่งชี้ทางชีวภาพแบบอ่านผลเร็วมากเปรียบเทียบกับแบบอ่านผลเร็ว
ในการทำให้ปราศจากเชื้อด้วยไอน้ำ: กรณีศึกษาในหน่วยเวชภัณฑ์ปลอดเชื้อ
โรงพยาบาลศูนย์การแพทย์มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง
Effectiveness of Super Rapid-Readout Versus Rapid-Readout Biological
Indicators in Steam Sterilization: A Case Study in the Central Sterile Supply
Department, Mae Fah Luang University Medical Center Hospital

เจริญศรี กันทะวงศ์¹, วิทยา ชาญชัย^{2*}
Charoensri Guntawong¹, Withaya Chanchai^{2*}

¹หน่วยงานจ่ายกลาง โรงพยาบาลศูนย์การแพทย์มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง
²ภาควิชาสาธารณสุขศาสตร์ สาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม
¹Central Sterile Supply Department, Medical Center Hospital Mae Fah Luang University
²Department of Public Health, Major in Occupational Health and Safety,
Faculty of Medicine, Siam University

*Corresponding Author, e-mail: withaya.cha@siam.edu

Received: 15 December 2025; Revised: 4 April 2026; Accepted: 25 May 2026

บทคัดย่อ

บทนำ: ตัวบ่งชี้ทางชีวภาพ (Biological Indicators; BIs) เป็นเครื่องมือสำคัญในการทวนสอบประสิทธิภาพของกระบวนการทำให้ปราศจากเชื้อด้วยไอน้ำ โดยเฉพาะในหน่วยเวชภัณฑ์ปลอดเชื้อที่ต้องการความถูกต้องและความรวดเร็วในการยืนยันผลของรอบการทำให้ปราศจากเชื้อ **วัตถุประสงค์:** การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวบ่งชี้ทางชีวภาพแบบอ่านผลเร็วมากภายใน 5 นาที กับตัวบ่งชี้ทางชีวภาพแบบอ่านผลเร็วภายใน 24 นาที ในกระบวนการทำให้ปราศจากเชื้อด้วยไอน้ำระบบปั๊มสุญญากาศที่อุณหภูมิ 134 °C ในหน่วยเวชภัณฑ์ปลอดเชื้อ โรงพยาบาลศูนย์การแพทย์มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง **วิธีการศึกษา:** การศึกษานี้เป็นการศึกษาเชิงทดลองเปรียบเทียบ โดยทดสอบตัวบ่งชี้ทางชีวภาพ 2 ชนิด ได้แก่ ยี่ห้อ A ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ทางชีวภาพแบบอ่านผลเร็วมากภายใน 5 นาที และยี่ห้อ B ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ทางชีวภาพแบบอ่านผลเร็วภายใน 24 นาที รวมจำนวน 600 ตัวอย่าง การทดลองแบ่งตามระยะเวลาการสัมผัสไอน้ำ 3 ระดับ ได้แก่ 1 นาที 3 นาที และ 5 นาที เพื่อจำลองสถานะการทำให้ปราศจากเชื้อที่ไม่สมบูรณ์ ก้ำกึ่ง และสมบูรณ์ ตามลำดับ วิเคราะห์ผลโดยเปรียบเทียบสัดส่วนผลบวกและลบระหว่างผลิตภัณฑ์ทั้งสองชนิดในแต่ละช่วงเวลา และกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$ **ผลการศึกษา:** ในรอบ 1 นาที ซึ่งเป็นสถานะการทำให้ปราศจากเชื้อที่ไม่สมบูรณ์ ตัวบ่งชี้ทางชีวภาพทั้งสองชนิดให้ผลบวกครบถ้วน 100.00% ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างยี่ห้อ A และยี่ห้อ B ในรอบ 3 นาที ซึ่งเป็นสถานะก้ำกึ่งและเป็นจุดสำคัญในการประเมินความไวของตัวบ่งชี้ทางชีวภาพ พบว่ายี่ห้อ A ให้ผลลบ 95.00% ขณะที่ยี่ห้อ B ให้ผลลบ 85.00% แสดงถึงความแตกต่างของความไว 10 % และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.032$) ในรอบ 5 นาที ซึ่งเป็นสถานะการทำให้ปราศจากเชื้อที่สมบูรณ์ ตัวบ่งชี้ทางชีวภาพทั้งสองชนิดให้ผลลบครบถ้วน 100.00% สะท้อนความจำเพาะของผลการทดสอบภายใต้เงื่อนไขการทดลองนี้ **บทสรุป:** ตัวบ่งชี้ทางชีวภาพแบบอ่านผลเร็วมากภายใน 5 นาทีมีความไวสูงกว่าตัวบ่งชี้ทางชีวภาพแบบอ่านผลเร็วภายใน 24 นาทีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในรอบก้ำกึ่งที่ 3 นาที ซึ่งเป็นสถานะสำคัญต่อการตรวจจับความล้มเหลวของกระบวนการทำให้ปราศจากเชื้อ ผลการศึกษานับสนับสนุนว่าตัวบ่งชี้ทางชีวภาพแบบอ่านผลเร็วมากอาจมีความเหมาะสมสำหรับการทวนสอบคุณภาพแบบรายโหลดในบริบทที่ต้องการผลตรวจที่รวดเร็วและมีความไวสูง ทั้งนี้ ประเด็นด้านการใช้งาน ต้นทุน และผลกระทบด้านอาชีวอนามัยควรได้รับการศึกษาเพิ่มเติมในอนาคต

คำสำคัญ: ตัวบ่งชี้ทางชีวภาพแบบอ่านผลเร็ว, การทำให้ปราศจากเชื้อด้วยไอน้ำ, หน่วยเวชภัณฑ์ปลอดเชื้อ, ความไว, ความล้มเหลวของกระบวนการทำให้ปราศจากเชื้อ

Abstract

Background: Biological indicators (BIs) are essential tools for verifying the effectiveness of steam sterilization processes, particularly in Central Sterile Supply Departments, where accurate and timely confirmation of sterilization cycles is required. **Objective:** This study aimed to compare the effectiveness of a 5-minute super rapid-readout biological indicator and a 24-minute rapid-readout biological indicator during pre-vacuum steam sterilization at 134 °C in the Central Sterile Supply Department of Mae Fah Luang University Medical Center Hospital. **Methods:** This comparative experimental study evaluated two types of biological indicators: Brand A, a 5-minute super rapid-readout BI, and Brand B, a 24-minute rapid-readout BI. A total of 600 BI samples were tested. The experiment was conducted under three steam exposure durations: 1, 3, and 5 minutes, representing suboptimal, marginal, and adequate sterilization conditions, respectively. The proportions of positive and negative results between the two products were compared at each exposure duration. Statistical significance was set at $p < 0.05$. **Results:** In the 1-minute cycle, representing a suboptimal sterilization condition, both biological indicators yielded 100.00% positive results, with no statistically significant difference between Brand A and Brand B. In the 3-minute cycle, representing a marginal condition and a critical point for assessing BI sensitivity, Brand A yielded 95.00% positive results, whereas Brand B yielded 85.00%. This indicated a 10-percentage-point difference in sensitivity, which was statistically significant ($p = 0.032$). In the 5-minute cycle, which represents an adequate sterilization condition, both biological indicators yielded 100.00% negative results, indicating specificity under the experimental conditions. **Conclusion:** The 5-minute super rapid-readout biological indicator demonstrated significantly higher sensitivity than the 24-minute rapid-readout biological indicator in the 3-minute marginal cycle, which is a critical condition for detecting steam sterilization process failure. These findings support the potential suitability of super-rapid-readout BIs for load-by-load quality monitoring in settings that require rapid, highly sensitive verification. However, further studies are needed to evaluate workload, cost, and occupational health implications.

Keywords: Super Rapid readout biological indicator, Steam sterilization, CSSD, Sensitivity, Sterilization failure detection

บทนำ

กระบวนการทำให้ปราศจากเชื้อด้วยไอน้ำเป็นองค์ประกอบสำคัญของระบบการควบคุมและป้องกันการติดเชื้อในสถานพยาบาล โดยเฉพาะในหน่วยเวชภัณฑ์ปลอดเชื้อที่มีหน้าที่รับผิดชอบการทำความสะอาด การเตรียม การบรรจุ การทำให้ปราศจากเชื้อ และการกระจายเครื่องมือแพทย์ให้แก่ห้องผ่าตัด หน่วยบริการเฉพาะทาง และหน่วยงานทางคลินิกต่าง ๆ เครื่องมือแพทย์จำนวนมากจัดอยู่ในกลุ่มเครื่องมือวิกฤต ซึ่งต้องสัมผัสกับเนื้อเยื่อปราศจากเชื้อ เยื่อภายในร่างกายหรือระบบไหลเวียนโลหิตของผู้ป่วยโดยตรง หากกระบวนการทำให้ปราศจากเชื้อไม่สมบูรณ์ อาจก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อการติดเชื้อที่สัมพันธ์กับบริการสุขภาพภาวะแทรกซ้อนรุนแรง การยืดระยะเวลาบนโรงพยาบาล ค่าใช้จ่ายในการรักษาที่เพิ่มขึ้น และผลกระทบต่อความปลอดภัยของผู้ป่วยอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้น การทวนสอบประสิทธิผลของกระบวนการทำให้ปราศจากเชื้อจึงต้องอาศัยระบบตรวจสอบที่มีความถูกต้อง น่าเชื่อถือ และสามารถสะท้อนความสามารถของกระบวนการในการทำลายจุลชีพที่มีความทนทานสูงได้อย่างแท้จริง¹⁻⁴

ตัวบ่งชี้ทางชีวภาพ หรือ Biological Indicators (BIs) เป็นเครื่องมือสำคัญในการประเมินประสิทธิภาพของกระบวนการทำให้ปราศจากเชื้อเนื่องจากการเป็นทดสอบโดยใช้สปอร์ของจุลชีพที่มีความทนทานต่อความร้อนและไอน้ำสูงเป็นตัวแทนทำลายกระบวนการ สปอร์ที่นิยมใช้ในการทวนสอบกระบวนการทำให้ปราศจากเชื้อด้วยไอน้ำคือ *Geobacillus stearothermophilus* ซึ่งมีความทนทานต่อความร้อนขึ้นมากกว่าเชื้อจุลชีพทั่วไปที่อาจปนเปื้อนบนเครื่องมือแพทย์หลังจากกล่าวชื่อเต็มครั้งแรกแล้ว ในบทความนี้จะใช้คำย่อว่า *G. stearothermophilus* เพื่อให้สอดคล้องกับหลักการเขียนชื่อวิทยาศาสตร์ การที่ BIs ไม่พบการเจริญหรือไม่พบสัญญาณของสปอร์ที่มีชีวิตหลังผ่านกระบวนการทำให้ปราศจากเชื้อจึงเป็นหลักฐานสำคัญที่สนับสนุนว่ารอบการทำให้ปราศจากเชื้อสามารถทำลายจุลชีพเป้าหมายได้อย่างมีประสิทธิภาพ ด้วยเหตุนี้ BIs จึงได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลายในฐานะเครื่องมือสำคัญของการประกันคุณภาพกระบวนการทำให้ปราศจากเชื้อควบคู่กับการติดตามพารามิเตอร์ทางกายภาพและการใช้ตัวบ่งชี้ทางเคมีตามมาตรฐานวิชาชีพที่เกี่ยวข้อง^{3,5-8}

เดิมทีการใช้ Bls อาศัยหลักการบ่มเพาะเพื่อประเมินการเจริญของสปอร์ ซึ่งมักต้องใช้ระยะเวลานานก่อนทราบผล ทำให้การตัดสินใจปล่อยใช้เครื่องมือปราศจากเชื้ออาจเกิดความล่าช้า โดยเฉพาะในสถานการณ์ที่มีความต้องการใช้เครื่องมือสูงหรือมีข้อจำกัดด้านจำนวนชุดเครื่องมือ ในเวลาต่อมาได้มีการพัฒนา Bls แบบอ่านผลเร็ว ซึ่งช่วยลดระยะเวลาการรอผลลงอย่างมาก โดยอาศัยหลักการตรวจจับกิจกรรมของเอนไซม์หรือสัญญาณชีวเคมีที่สัมพันธ์กับการมีชีวิตของสปอร์ เทคโนโลยีดังกล่าวช่วยให้หน่วยเวชภัณฑ์ปลอดเชื้อสามารถทราบผลการทวนสอบได้รวดเร็วขึ้น และอาจสนับสนุนการตัดสินใจด้านคุณภาพและความปลอดภัยของโหลดเครื่องมือได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น อย่างไรก็ตาม Bls แบบอ่านผลเร็วแต่ละชนิดมีระยะเวลาอ่านผล กลไกการตรวจจับ และระดับความไวต่อสถานะการทำให้ปราศจากเชื้อที่ไม่สมบูรณ์แตกต่างกัน จึงจำเป็นต้องมีการประเมินเชิงเปรียบเทียบภายใต้เงื่อนไขการใช้งานจริงหรือเงื่อนไขที่จำลองสภาวะวิกฤตอย่างเป็นระบบ⁵⁻⁹

เพื่อความชัดเจนของกรอบการศึกษา งานวิจัยนี้ไม่ได้เปรียบเทียบ Bls แบบอ่านผลเร็วกับ Bls แบบดั้งเดิมชนิดบ่มเพาะยาว 24 - 48 ชั่วโมง หากแต่เป็นการเปรียบเทียบ Bls แบบอ่านผลเร็วสองชนิดที่ใช้หลักการตรวจจับแบบรวดเร็ว ได้แก่ Bls แบบอ่านผลเร็วมากภายใน 5 นาที หรือ Super Rapid Readout BI และ Bls แบบอ่านผลเร็วภายใน 24 นาที หรือ Rapid Readout BI โดยในทางปฏิบัติ ความท้าทายสำคัญของการทวนสอบกระบวนการทำให้ปราศจากเชื้อไม่ได้ขึ้นอยู่กับการยืนยันว่ารอบมาตรฐานสามารถทำลายสปอร์ได้ครบถ้วนเท่านั้น แต่ยังรวมถึงความสามารถของ Bls ในการตรวจจับภาวะที่กระบวนการทำให้ปราศจากเชื้อยังไม่สมบูรณ์ โดยเฉพาะสถานะก้ำกึ่งหรือ marginal condition ซึ่งเป็นช่วงที่สปอร์บางส่วนอาจรอดชีวิตจากการได้รับไอน้ำและความร้อนในระดับ sublethal สถานะดังกล่าวมีความสำคัญเชิงวิชาการและเชิงปฏิบัติ เพราะเป็นจุดที่สามารถสะท้อนความไวของ Bls ได้ชัดเจนกว่ารอบที่ล้มเหลวอย่างชัดเจนหรือรอบที่สมบูรณ์เต็มที่ หาก Bls มีความไวไม่เพียงพอในช่วงก้ำกึ่ง อาจเกิดผลลบลงและนำไปสู่การตีความว่ากระบวนการทำให้ปราศจากเชื้อมีประสิทธิภาพ ทั้งที่ยังอาจมีสปอร์รอดชีวิตอยู่^{6-8, 10}

ในบริบทของหน่วยเวชภัณฑ์ปลอดเชื้อ โรงพยาบาลศูนย์การแพทย์มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง การทวนสอบความสำเร็จของกระบวนการทำให้ปราศจากเชื้อด้วยไอน้ำมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อคุณภาพบริการและความปลอดภัยของผู้ป่วย เนื่องจากหน่วยงานต้องรองรับเครื่องมือจากหลายหน่วยบริการ มีความจำเป็นต้องบริหารรอบการหมุนเวียนเครื่องมือให้ทันต่อการใช้งาน และต้องรักษามาตรฐานความปลอดภัยของเครื่องมือทุกชุด การเลือกใช้ Bls ที่สามารถให้ผลรวดเร็วและมีความไวเพียงพอต่อการตรวจจับความล้มเหลวของกระบวนการจึงเป็นประเด็นสำคัญต่อระบบประกันคุณภาพ โดยเฉพาะในกรณีที่ต้องการพิจารณาความเหมาะสมของการใช้ Bls เพื่อการทวน

สอบรายโหลดหรือการสนับสนุนการตัดสินใจปล่อยใช้เครื่องมือในเวลาที่เหมาะสม การศึกษานี้จึงออกแบบเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของ Bls สองชนิดภายใต้กระบวนการทำให้ปราศจากเชื้อด้วยไอน้ำระบบบ่มสุญญากาศที่อุณหภูมิ 134°C โดยกำหนดให้ผลิตภัณฑ์ยี่ห้อ A เป็น Super Rapid Readout BI ที่อ่านผลภายใน 5 นาที และผลิตภัณฑ์ยี่ห้อ B เป็น Rapid Readout BI ที่อ่านผลภายใน 24 นาที การทดสอบกำหนดระยะเวลาการสัมผัสไอน้ำ 3 ระดับ ได้แก่ 1 นาที 3 นาที และ 5 นาที เพื่อจำลองสภาวะการทำให้ปราศจากเชื้อที่ไม่สมบูรณ์ สภาวะก้ำกึ่ง และสภาวะที่คาดว่าเพียงพอต่อการทำให้ปราศจากเชื้อ ตามลำดับ การออกแบบดังกล่าวช่วยให้สามารถประเมินความสามารถของ Bls แต่ละชนิดในการตรวจจับสปอร์ที่ยังมีชีวิตหลังผ่านกระบวนการทำให้ปราศจากเชื้อ โดยเฉพาะในรอบ 3 นาที ซึ่งเป็นสภาวะก้ำกึ่งที่มีความสำคัญต่อการประเมินความไวของตัวบ่งชี้ทางชีวภาพ ดังนั้น วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้คือ เพื่อเปรียบเทียบความไว ความจำเพาะ ความสม่ำเสมอของผล และความรวดเร็วในการอ่านผลของ Super Rapid Readout BI ภายใน 5 นาที กับ Rapid Readout BI ภายใน 24 นาที ภายใต้เงื่อนไขการทำให้ปราศจากเชื้อด้วยไอน้ำระบบบ่มสุญญากาศที่อุณหภูมิ 134°C ในหน่วยเวชภัณฑ์ปลอดเชื้อ โรงพยาบาลศูนย์การแพทย์มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง ผลจากการศึกษานี้คาดว่าจะช่วยสร้างหลักฐานเชิงประจักษ์สำหรับการพิจารณาเลือกใช้ Bls ที่เหมาะสมกับบริบทของหน่วยเวชภัณฑ์ปลอดเชื้อ โดยเฉพาะในสถานการณ์ที่ต้องการการทวนสอบที่รวดเร็ว มีความไวสูง และสนับสนุนการตัดสินใจด้านคุณภาพของกระบวนการทำให้ปราศจากเชื้ออย่างปลอดภัย

วิธีการศึกษา (Method)

รูปแบบการศึกษาและสถานที่ดำเนินการวิจัย

การศึกษานี้เป็นการศึกษาเชิงทดลองแบบเปรียบเทียบเพื่อประเมินประสิทธิภาพของตัวบ่งชี้ทางชีวภาพชนิดอ่านผลเร็วมากภายใน 5 นาที เปรียบเทียบกับตัวบ่งชี้ทางชีวภาพชนิดอ่านผลเร็วภายใน 24 นาที ภายใต้กระบวนการทำให้ปราศจากเชื้อด้วยไอน้ำระบบบ่มสุญญากาศที่อุณหภูมิ 134°C การศึกษาดำเนินการในหน่วยเวชภัณฑ์ปลอดเชื้อ โรงพยาบาลศูนย์การแพทย์มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง ระหว่างเดือนมกราคม ถึงมีนาคม พ.ศ. 2568 โดยออกแบบการทดลองให้สะท้อนสถานะการใช้งานจริงของหน่วยเวชภัณฑ์ปลอดเชื้อและสามารถประเมินความสามารถของตัวบ่งชี้ทางชีวภาพในการตรวจจับความล้มเหลวของกระบวนการทำให้ปราศจากเชื้อในระดับเวลาที่แตกต่างกัน

การศึกษานี้ไม่ได้ออกแบบเพื่อเปรียบเทียบตัวบ่งชี้ทางชีวภาพแบบอ่านผลเร็วกับตัวบ่งชี้ทางชีวภาพแบบดั้งเดิมชนิดบ่มเพาะยาว 24 - 48 ชั่วโมง แต่เป็นการเปรียบเทียบตัวบ่งชี้ทางชีวภาพแบบอ่านผลเร็ว 2 ชนิด ได้แก่ ตัวบ่งชี้ทางชีวภาพชนิดอ่านผลเร็วมากภายใน 5 นาที และตัวบ่งชี้ทางชีวภาพชนิดอ่านผลเร็วภายใน 24 นาที ดังนั้น ในการศึกษาครั้งนี้จึงไม่กำหนด

ให้ผลิตภัณฑ์ใดผลิตภัณฑ์หนึ่งเป็นเกณฑ์มาตรฐานสากลหรือ gold standard แต่ใช้การเปรียบเทียบสัดส่วนผลบวกและผลลบภายใต้รอบการทำให้ปราศจากเชื้อที่กำหนดไว้ล่วงหน้าเป็นผลลัพธ์หลักของการศึกษา

ตัวบ่งชี้ทางชีวภาพที่ใช้ในการศึกษา

การศึกษานี้ใช้ตัวบ่งชี้ทางชีวภาพ หรือ Biological Indicators (BIs) ชนิด self-contained ที่ใช้สปอร์ของ *Geobacillus stearothermophilus* เป็นจุลชีพทดสอบ เนื่องจากเป็นสปอร์ที่มีความทนทานต่อความร้อนขึ้นและเหมาะสมสำหรับการประเมินกระบวนการทำให้ปราศจากเชื้อด้วยไอน้ำ หลังจากกล่าวข้อดีครั้งแรกแล้ว ในบทความนี้ใช้คำว่า *G. stearothermophilus* ตามหลักการเขียนชื่อวิทยาศาสตร์โดย BIs ที่ใช้ในการทดลองแบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่

กลุ่มที่ 1: ยี่ห้อ A เป็น BIs ชนิดอ่านผลเร็วมากภายใน 5 นาที หรือ Super Rapid Readout Biological Indicator จำนวน 300 ตัวอย่าง ใช้หลักการตรวจจับสัญญาณเรืองแสงที่สัมพันธ์กับกิจกรรมของเอนไซม์ในสปอร์ที่ยังมีชีวิต

กลุ่มที่ 2: ยี่ห้อ B เป็น BIs ชนิดอ่านผลเร็วภายใน 24 นาที หรือ Rapid Readout Biological Indicator จำนวน 300 ตัวอย่าง ใช้หลักการอ่านผลเร็วตามระบบของผลิตภัณฑ์ภายในระยะเวลาที่ผู้ผลิตกำหนด

รวมจำนวนตัวอย่างทั้งหมด 600 ตัวอย่าง โดยแบ่งการทดสอบออกเป็น 3 ระดับเวลา ได้แก่ 1 นาที 3 นาที และ 5 นาที แต่ละช่วงเวลามี BIs ยี่ห้อ A จำนวน 100 ตัวอย่าง และ BIs ยี่ห้อ B จำนวน 100 ตัวอย่าง

การจัดเตรียมระบบทดลอง

การทดลองดำเนินการด้วยเครื่องทำให้ปราศจากเชื้อด้วยไอน้ำชนิดปั๊มสุญญากาศ ยี่ห้อ Steelco รุ่น VS 8/2 ขนาดความจุ 600 ลิตร ซึ่งเป็นเครื่องที่ใช้จริงในหน่วยเวชภัณฑ์ปลอดเชื้อของโรงพยาบาล ก่อนเริ่มการทดลองในแต่ละวันเครื่องทำให้ปราศจากเชื้อได้รับการตรวจสอบความพร้อมของ

ระบบการทำงาน ได้แก่ อุณหภูมิ ความดัน ระบบปั๊มสุญญากาศ และระบบควบคุมรอบการทำงาน เพื่อให้มั่นใจว่าเครื่องอยู่ในสภาพพร้อมใช้งานและสามารถควบคุมสภาวะการทดลองได้อย่างสม่ำเสมอ

ก่อนการทดสอบ BIs มีการดำเนินการ Bowie-Dick test ตามแนวทางการตรวจสอบระบบไอล้ำภาคและการแทรกผ่านของไอน้ำในเครื่องทำให้ปราศจากเชื้อระบบปั๊มสุญญากาศ หากผลการทดสอบ Bowie-Dick ไม่ผ่านเกณฑ์ จะไม่ดำเนินการทดลองในวันนั้นจนกว่าจะมีการตรวจสอบและแก้ไขระบบให้พร้อมใช้งาน โดย BIs ทั้งสองชนิดถูกจัดวางในตำแหน่งเดียวกันภายในห้องเครื่องทำให้ปราศจากเชื้อ โดยเลือกตำแหน่งบริเวณชั้นล่างใกล้ท่อระบายน้ำ ซึ่งถือเป็นตำแหน่งที่ทำหายนต่อการแทรกผ่านของไอน้ำมากที่สุด หรือ worst-case location การกำหนดตำแหน่งดังกล่าวมีวัตถุประสงค์เพื่อให้การทดลองสามารถประเมินความสามารถของ BIs ในการตรวจจับสภาวะที่กระบวนการทำให้ปราศจากเชื้ออาจไม่สมบูรณ์ได้ชัดเจนขึ้น ในแต่ละรอบการทดลอง มีการบันทึกค่าพารามิเตอร์สำคัญของเครื่อง ได้แก่ อุณหภูมิ ความดัน ระยะเวลาในการเพิ่มอุณหภูมิ ระยะเวลาคงสภาวะการทำให้ปราศจากเชื้อ และระยะเวลาลดอุณหภูมิ หากพบค่าความคลาดเคลื่อนของอุณหภูมิหรือความดันนอกเหนือเกณฑ์ควบคุมที่กำหนด รอบการทดลองนั้นจะถูกตัดออกจากการวิเคราะห์และดำเนินการทดลองซ้ำ

การออกแบบรอบการทำให้ปราศจากเชื้อ การทดลองกำหนดรอบการสัมผัสไอน้ำที่อุณหภูมิ 134°C ออกเป็น 3 ระดับเวลาเพื่อจำลองสภาวะของกระบวนการทำให้ปราศจากเชื้อที่แตกต่างกัน การกำหนดรอบ 3 นาทีเป็น marginal cycle มีความสำคัญต่อการศึกษานี้ เนื่องจากเป็นสภาวะที่สามารถแสดงความแตกต่างของความไวระหว่าง BIs ทั้งสองชนิดได้ชัดเจนกว่ารอบ 1 นาที ซึ่งคาดว่าจะล้มเหลวอย่างชัดเจนและรอบ 5 นาที ซึ่งคาดว่าจะกระบวนการทำให้ปราศจากเชื้อสมบูรณ์^{6-8,10} ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สัดส่วนผลบวกของตัวบ่งชี้ทางชีวภาพยี่ห้อ A และยี่ห้อ B ภายใต้สภาวะการทำให้ปราศจากเชื้อด้วยไอน้ำแบบไม่สมบูรณ์ ก้ำกึ่ง และสมบูรณ์

ระยะเวลาสัมผัสไอน้ำ	ความหมายของรอบทดลอง	วัตถุประสงค์ของการประเมิน
1 นาที	Suboptimal cycle หรือรอบที่ไม่สมบูรณ์	ประเมินความสามารถของ BIs ในการตรวจพบสปอร์ที่คาดว่าจะยังรอดชีวิตจำนวนมาก
3 นาที	Marginal cycle หรือรอบก้ำกึ่ง	ประเมินความไวของ BIs ในสภาวะที่สปอร์บางส่วนอาจรอดชีวิต เป็นรอบสำคัญที่สุดต่อการเปรียบเทียบความไว

ระยะเวลาสัมผัสไอน้ำ	ความหมายของรอบทดลอง	วัตถุประสงค์ของการประเมิน
5 นาที	Adequate cycle หรือรอบที่คาดว่าเพียงพอต่อการทำให้ปราศจากเชื้อ	ประเมินการให้ผลลบของ BIs เมื่อกระบวนการทำให้ปราศจากเชื้อสมบูรณ์ และประเมินอัตราผลบวกเทียม

ขั้นตอนการทดลอง

ในแต่ละรอบการทดลอง BIs ยี่ห้อ A และยี่ห้อ B ถูกจัดเตรียมตามคำแนะนำของผู้ผลิต และนำไปวางในตำแหน่งทดสอบเดียวกันภายในเครื่องทำให้ปราศจากเชื้อ หลังจากนั้นดำเนินการรอบการทำให้ปราศจากเชื้อตามระยะเวลาที่กำหนด ได้แก่ 1 นาที 3 นาที หรือ 5 นาที ที่อุณหภูมิ 134°C เมื่อสิ้นสุดรอบการทำให้ปราศจากเชื้อ BIs ทุกตัวอย่างถูกนำออกจากเครื่องโดยใช้วิธีปฏิบัติที่ลดความเสี่ยงต่อการปนเปื้อน จากนั้นจึงนำไป activate และบ่มเพาะตามคำแนะนำของผู้ผลิตแต่ละชนิดโดยยี่ห้อ A อ่านผลที่ 5 นาที และยี่ห้อ B อ่านผลที่ 24 นาที ผลการอ่านถูกบันทึกเป็นผลบวกหรือผลลบตามเกณฑ์ของเครื่องอ่านผลและคู่มือผลิตภัณฑ์การกระตุ้นและการบ่มเพาะตัวบ่งชี้ทางชีวภาพ BIs ดำเนินการโดยบุคลากรที่ผ่านการฝึกปฏิบัติตามขั้นตอนเดียวกันตลอดการศึกษา เพื่อลดความคลาดเคลื่อนจากผู้ปฏิบัติงาน การทดลองทุกช่วงเวลาถูกดำเนินการภายใต้เงื่อนไขเดียวกันทั้งด้านเครื่องทำให้ปราศจากเชื้อ ตำแหน่งวาง BIs และขั้นตอนการอ่านผล

การควบคุมคุณภาพการทดลอง

มีการใช้ตัวอย่างควบคุมคุณภาพในแต่ละวันของการทดลอง ได้แก่ positive control และ negative control เพื่อยืนยันความถูกต้องของระบบบ่มเพาะ เครื่องอ่านผล และความสามารถของ BIs ในการตอบสนองตามที่คาดหวัง

Positive control คือ BIs ที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการทำให้ปราศจากเชื้อ ซึ่งต้องให้ผลบวก เพื่อยืนยันว่าสปอร์ของ *G. stearothermophilus* ยังมีชีวิตและระบบอ่านผลสามารถตรวจพบสัญญาณได้ตามปกติ

Negative control คือ BIs ที่ผ่านกระบวนการทำให้ปราศจากเชื้อครบถ้วนตามเงื่อนไขควบคุม ซึ่งต้องให้ผลลบ เพื่อยืนยันว่าไม่มีการปนเปื้อนหรือความผิดพลาดจากขั้นตอนการจัดการตัวอย่าง

หากผลของ positive control หรือ negative control ไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด ข้อมูลในวันหรือรอบการทดลองนั้นจะไม่ถูกนำมาวิเคราะห์ และจะดำเนินการทดสอบใหม่ภายใต้เงื่อนไขควบคุมเดิม

นิยามผลลัพธ์ของการศึกษา

ผลลัพธ์ของการศึกษาแบ่งออกเป็นผลลัพธ์หลักและผลลัพธ์รอง ดังนี้

ผลลัพธ์หลัก คือ สัดส่วนการให้ผลลบของ BIs แต่ละ

ยี่ห้อในรอบ 1 นาที และ 3 นาที ซึ่งใช้สะท้อนความสามารถในการตรวจจับสถานะที่กระบวนการทำให้ปราศจากเชื้อไม่สมบูรณ์หรือก้ำกึ่ง โดยเฉพาะรอบ 3 นาที ซึ่งถือเป็นรอบสำคัญสำหรับการประเมินความไวของ BIs

ผลลัพธ์รอง คือ สัดส่วนการให้ผลลบของ BIs แต่ละยี่ห้อในรอบ 5 นาที ซึ่งใช้สะท้อนความสามารถในการให้ผลลบเมื่อกระบวนการทำให้ปราศจากเชื้ออยู่ในสถานะที่คาดว่าเพียงพอ รวมถึงการประเมินอัตราผลบวกเทียมภายใต้เงื่อนไขการทดลอง

ความจำเพาะ หมายถึง สัดส่วนของ BIs ที่ให้ผลลบในรอบ 5 นาที ซึ่งเป็นรอบที่ออกแบบให้เป็นสถานะที่คาดว่ากระบวนการทำให้ปราศจากเชื้อสมบูรณ์

ผลลบในรอบก้ำกึ่ง หมายถึง กรณีที่ BIs ให้ผลลบในรอบ 3 นาที ซึ่งเป็นรอบที่ยังอาจมีสปอร์รอดชีวิต โดยในบทความนี้จะหลีกเลี่ยงการใช้คำว่า false negative เว้นแต่มีการยืนยันด้วย reference standard อิสระ เช่น final culture confirmation และต้องรายงานจำนวนจริงของตัวอย่างที่เกิดเหตุการณ์ดังกล่าวอย่างชัดเจน

ในการศึกษานี้ คำว่า ความไว หมายถึง สัดส่วนของ BIs ที่ให้ผลบวกและผลลบในรอบที่ออกแบบให้เป็นสถานะไม่สมบูรณ์หรือก้ำกึ่ง ได้แก่ รอบ 1 นาที และ 3 นาที โดยรอบ 3 นาทีถือเป็นสถานะที่ใช้เปรียบเทียบความไวระหว่างผลิตภัณฑ์ได้ชัดเจนที่สุด

ทั้งนี้ การศึกษานี้ไม่กำหนดให้ผลของยี่ห้อ B ที่ 24 นาทีเป็น gold standard เนื่องจากยี่ห้อ B เป็นผลิตภัณฑ์ที่ถูกนำมาเปรียบเทียบเช่นเดียวกับยี่ห้อ A การวิเคราะห์จึงใช้กรอบการเปรียบเทียบผลของ BIs ทั้งสองชนิดภายใต้รอบการทดลองที่กำหนดไว้ล่วงหน้า แทนการใช้ผลิตภัณฑ์ใดผลิตภัณฑ์หนึ่งเป็นเกณฑ์ตัดสินความถูกต้องของอีกผลิตภัณฑ์หนึ่ง

การจัดการข้อมูลและเกณฑ์การคัดออก

ข้อมูลจากการทดลองถูกบันทึกในแบบบันทึกข้อมูลที่กำหนดไว้ล่วงหน้า ประกอบด้วยชนิดของ BIs หมายเลขรอบการทดลอง ระยะเวลาสัมผัสไอน้ำ ผลการอ่าน ผลของตัวอย่างควบคุม และพารามิเตอร์ของเครื่องทำให้ปราศจากเชื้อในแต่ละรอบ ข้อมูลรอบการทดลองจะถูกคัดออกจากการวิเคราะห์ในกรณีต่อไปนี้

1. ผล positive control หรือ negative control ไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด
2. เครื่องทำให้ปราศจากเชื้อมีค่าพารามิเตอร์คลาดเคลื่อนจากเกณฑ์ควบคุม

3. เกิดความผิดพลาดในขั้นตอนการกระตุ้นและการบ่มเพาะตัวบ่งชี้ทางชีวภาพหรือการอ่านผล

4. ตัวอย่าง Bls ขาดหาย หรือไม่สามารถอ่านผลได้ตามเกณฑ์ของผู้ผลิต

หากมีการคัดออกรอบการทดลอง จะดำเนินการทดลองซ้ำเพื่อให้ได้จำนวนตัวอย่างครบถ้วนตามแผนการศึกษา

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลถูกรูปเป็นจำนวนและร้อยละของ ผลบวก แยกตามยี่ห้อของตัวบ่งชี้ทางชีวภาพ (A, B) และระยะเวลาการทำให้ปราศจากเชื้อ (1, 3, 5 นาที) โดยกำหนดผลลัพธ์หลักเป็นสัดส่วนผลบวกในรอบ 1 และ 3 นาที (สะท้อน ความไว ในการตรวจจับรอบที่ไม่เพียงพอ/ก้ำกึ่ง) และสัดส่วนผลบวกในรอบ 5 นาที (สะท้อน อัตราผลบวกเทียม หรือ 1-specificity ภายใต้รอบที่สมบูรณ์) การเปรียบเทียบสัดส่วนผลบวกระหว่างยี่ห้อ A และ B ในแต่ละเวลาใช้ Fisher's exact test เนื่องจากมีการกระจายข้อมูล/มีเซลล์ที่มีค่าน้อยหรือเป็นศูนย์ (เช่น 0/100) โดยกำหนดนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$ และรายงานค่า p แบบสองด้าน (two-sided) นอกจากนั้นขนาดอิทธิพล (effect size) รายงานเป็น ส่วนต่างความเสี่ยง (Risk difference; RD = $pA - pB$) พร้อมช่วงความเชื่อมั่น 95% (95%CI) เพื่อสะท้อนความแตกต่างเชิงสัมบูรณ์ และรายงานความแตกต่างเชิงสัมพัทธ์ (Odds ratio; OR) พร้อม 95%CI

จริยธรรมการวิจัย

การศึกษานี้เป็นการทดลองในกระบวนการควบคุมคุณภาพของเครื่องมือและตัวบ่งชี้ทางชีวภาพในหน่วยเวชภัณฑ์ปลอดเชื้อ ไม่เกี่ยวข้องกับการเก็บข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ป่วยหรือบุคลากร และไม่มีผลกระทบต่อการศึกษาพยาบาลของผู้ป่วย ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์เป็นข้อมูลจากผลการทดลองของ Bls และพารามิเตอร์ของเครื่องทำให้ปราศจากเชื้อเท่านั้น

ผลการศึกษา (Results)

การศึกษานี้ประเมินผลตัวบ่งชี้ทางชีวภาพ หรือ Biological Indicators (Blis) รวมทั้งสิ้น 600 ตัวอย่าง แบ่งเป็น ยี่ห้อ A: Super Rapid Readout BI 5 นาที จำนวน 300 ตัวอย่าง และยี่ห้อ B: Rapid Readout BI 24 นาที จำนวน 300 ตัวอย่าง โดยทดสอบภายใต้รอบการทำให้ปราศจากเชื้อด้วยไอน้ำระบบปั๊มสุญญากาศที่อุณหภูมิ 134 °C ในระยะเวลาการสัมผัสไอน้ำ 3 ระดับ ได้แก่ 1 นาที 3 นาที และ 5 นาที แต่ละช่วงเวลาระบอบด้วยตัวอย่างยี่ห้อ A จำนวน 100 ตัวอย่าง และยี่ห้อ B จำนวน 100 ตัวอย่าง

การแปลผลกำหนดให้รอบ 1 นาที เป็นสถานะไม่สมบูรณ์ หรือ suboptimal cycle รอบ 3 นาที เป็นสถานะก้ำกึ่ง หรือ marginal cycle และรอบ 5 นาที เป็นสถานะที่คาดว่าเพียงพอต่อการทำให้ปราศจากเชื้อ หรือ adequate cycle การรายงาน

ผลในรอบ 1 และ 3 นาทีใช้สัดส่วนผลบวกเพื่อสะท้อนความสามารถของ Blis ในการตรวจพบสปอร์ที่ยังมีชีวิตภายใต้สถานะที่กระบวนการยังไม่สมบูรณ์ ส่วนรอบ 5 นาทีใช้สัดส่วนผลบวกเพื่อประเมินอัตราผลบวกเทียมภายใต้สถานะที่คาดว่ากระบวนการทำให้ปราศจากเชื้อสมบูรณ์

ผลการควบคุมคุณภาพของการทดลอง

ผลการควบคุมคุณภาพของการทดลองพบว่า positive control ให้ผลบวกครบถ้วนทุกครั้ง และ negative control ให้ผลลบครบถ้วนทุกครั้ง ตลอดช่วงการศึกษา แสดงว่าระบบบ่มเพาะ เครื่องอ่านผล และขั้นตอนการจัดการตัวอย่างมีความถูกต้องตามเงื่อนไขการควบคุมที่กำหนดไว้ จึงสามารถนำข้อมูลจากการทดลองทั้งหมดเข้าสู่การวิเคราะห์ผลได้

ผลการทดสอบในรอบ 1 นาที: Suboptimal cycle

ในรอบการทำให้ปราศจากเชื้อระยะเวลา 1 นาที ซึ่งกำหนดเป็นสถานะไม่สมบูรณ์ พบว่า Blis ทั้งสองยี่ห้อให้ผลบวกครบถ้วนเท่ากัน โดยยี่ห้อ A ให้ผลบวก 100/100 ตัวอย่าง คิดเป็น 100.00% ช่วงความเชื่อมั่น 95% เท่ากับ 96.38 - 100.00 และยี่ห้อ B ให้ผลบวก 100/100 ตัวอย่าง คิดเป็น 100.00% ช่วงความเชื่อมั่น 95% เท่ากับ 96.38 - 100.00 เช่นเดียวกัน เมื่อเปรียบเทียบสัดส่วนผลบวกระหว่างยี่ห้อ A และยี่ห้อ B ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p = 1.00$ แสดงว่าในสถานะที่กระบวนการทำให้ปราศจากเชื้อไม่สมบูรณ์อย่างชัดเจน Blis ทั้งสองยี่ห้อสามารถให้ผลบวกได้ครบถ้วนภายใต้เงื่อนไขการทดลองนี้

ผลการทดสอบในรอบ 3 นาที: Marginal cycle

ในรอบการทำให้ปราศจากเชื้อระยะเวลา 3 นาที ซึ่งกำหนดเป็นสถานะก้ำกึ่ง พบความแตกต่างของสัดส่วนผลบวกระหว่าง Blis ทั้งสองยี่ห้ออย่างชัดเจน โดยยี่ห้อ A ให้ผลบวก 95/100 ตัวอย่าง คิดเป็น 95.00% ช่วงความเชื่อมั่น 95% เท่ากับ 88.72 - 98.36 ขณะที่ยี่ห้อ B ให้ผลบวก 85/100 ตัวอย่าง คิดเป็น 85.00% ช่วงความเชื่อมั่น 95% เท่ากับ 76.47 - 91.35 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างยี่ห้อ A และยี่ห้อ B พบว่า ยี่ห้อ A มีสัดส่วนผลบวกสูงกว่ายี่ห้อ B 10.00 percentage points และความแตกต่างดังกล่าวมีนัยสำคัญทางสถิติ $p = 0.032$ ผลนี้แสดงให้เห็นว่าในสถานะก้ำกึ่งซึ่งเป็นช่วงสำคัญต่อการประเมินความไวของตัวบ่งชี้ทางชีวภาพ ยี่ห้อ A ให้ผลบวกในสัดส่วนสูงกว่ายี่ห้อ B อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ผลการทดสอบในรอบ 5 นาที: Adequate cycle

ในรอบการทำให้ปราศจากเชื้อระยะเวลา 5 นาที ซึ่งกำหนดเป็นสถานะที่คาดว่าเพียงพอต่อการทำให้ปราศจากเชื้อ พบว่า Blis ทั้งสองยี่ห้อให้ผลบวกครบถ้วน โดยยี่ห้อ A ไม่พบผลบวก 0/100 ตัวอย่าง คิดเป็น 0.00% ช่วงความเชื่อมั่น 95% เท่ากับ

0.00 – 3.62 และยี่ห้อ B ไม่พบผลบวก 0/100 ตัวอย่าง คิดเป็น 0.00% ช่วงความเชื่อมั่น 95% เท่ากับ 0.00–3.62 เช่นเดียวกัน เมื่อเปรียบเทียบสัดส่วนผลบวกกระหว่างยี่ห้อ A และยี่ห้อ B ในรอบ 5 นาที ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

p = 1.00 ผลดังกล่าวแสดงว่า ภายใต้เงื่อนไขการทดลองที่กำหนด รอบ 5 นาทีไม่พบผลบวกจาก BIs ทั้งสองยี่ห้อ และไม่พบหลักฐานของผลบวกเทียมในตัวอย่างที่ศึกษา ดังตารางที่ 2 และภาพที่ 1

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบผลการอ่านตัวบ่งชี้ทางชีวภาพระหว่างยี่ห้อ A และยี่ห้อ B ภายใต้รอบการทำให้ปราศจากเชื้อด้วยไอน้ำที่ 134 °C ระยะเวลา 1, 3 และ 5 นาทีจำนวนรวมทั้งสิ้น 600 รอบ

เวลาในการทำให้ปราศจากเชื้อ	ลักษณะรอบทดลอง	ยี่ห้อ A: Super Rapid Readout BI 5 นาที , n/N, % (95% CI)*	ยี่ห้อ B: Rapid Readout BI 24 นาที , n/N, % (95% CI)*	p-value
1 นาที	Suboptimal cycle	100/100, 100.00 (96.38 - 100.00)	100/100, 100.00 (96.38 - 100.00)	1
3 นาที	Marginal cycle	95/100, 95.00 (88.72 - 98.36)	85/100, 85.00 (76.47 - 91.35)	0.032**
5 นาที	Adequate cycle	0/100, 0.00 (0.00 - 3.62)+	0/100, 0.00 (0.00 - 3.62)+	1

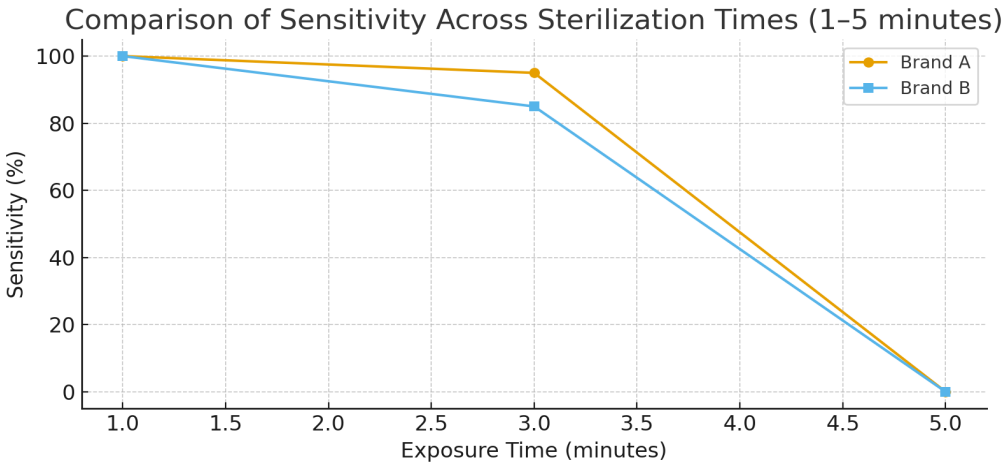
หมายเหตุ:

BI = Biological Indicator; CI = Confidence Interval

*หมายถึง ช่วงความเชื่อมั่น 95% ที่คำนวณในกรณีไม่พบผลบวกในรอบ 5 นาที โดยผลบวกในรอบ 5 นาทีตีความเป็นอัตราผลบวกเทียมภายใต้รอบที่คาดว่ากระบวนการทำให้ปราศจากเชื้อสมบูรณ์รอบ 1 นาทีและ 3 นาทีใช้สัดส่วนผลบวกเพื่อสะท้อนความสามารถในการตรวจพบสปอร์ที่ยังมีชีวิตภายใต้สภาวะไม่สมบูรณ์และก้ำกึ่ง ส่วนรอบ 5 นาทีใช้ประเมินการไม่เกิดผลบวกเมื่อกระบวนการทำให้ปราศจากเชื้ออยู่ในสภาวะที่คาดว่าเพียงพอ

*หมายถึง ความแตกต่างระหว่างยี่ห้อ A และยี่ห้อ B มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ p < 0.05

ภาพที่ 1 การเปรียบเทียบค่าความไวของตัวบ่งชี้ทางชีวภาพในช่วงเวลาการทำให้ปราศจากเชื้อในช่วงระยะเวลา 1, 3 และ 5 นาที



อภิปรายผล (Discussion)

ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า ตัวบ่งชี้ทางชีวภาพ (Biological Indicators; BIs) ทั้งสองชนิดสามารถตอบสนองต่อรอบการทำให้ปราศจากเชื้อที่ไม่สมบูรณ์อย่างชัดเจน และรอบที่คาดว่ากระบวนการสมบูรณ์ได้ในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือ

ทั้งยี่ห้อ A และยี่ห้อ B ให้ผลบวกครบถ้วนในรอบ 1 นาที และให้ผลลบครบถ้วนในรอบ 5 นาที อย่างไรก็ตาม ความแตกต่างสำคัญของการศึกษานี้ปรากฏในรอบ 3 นาที ซึ่งเป็นรอบก้ำกึ่ง (marginal cycle) โดยยี่ห้อ A ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ทางชีวภาพแบบอ่านผลเร็วมากภายใน 5 นาที (Super Rapid Readout BI)

ให้สัดส่วนผลลบสูงกว่ายี่ห้อ B ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ทางชีวภาพแบบอ่านผลเร็วภายใน 24 นาที (Rapid Readout BI) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลดังกล่าวสะท้อนว่า ในสถานะที่กระบวนการทำให้ปราศจากเชื้ออยู่ระหว่าง ล้มเหลวชัดเจน กับ สมบูรณ์เพียงพอ ความไวของระบบตรวจจับใน BIs แต่ละชนิดมีบทบาทสำคัญต่อการตรวจพบสปอร์ที่ยังมีชีวิตหลังได้รับความร้อนขึ้นในระดับก้ำกึ่ง⁵⁻¹⁰

เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง งานของ Rutala และคณะ รายงานว่าตัวบ่งชี้ทางชีวภาพแบบอ่านผลเร็ว (rapid-readout biological indicator) สามารถให้ผลสอดคล้องกับการตรวจพบการรอดชีวิตของสปอร์ในรอบการทำให้ปราศจากเชื้อที่ยังไม่สมบูรณ์ และมีศักยภาพในการลดระยะเวลาการรอผลเมื่อเทียบกับตัวบ่งชี้ทางชีวภาพแบบดั้งเดิมชนิดบ่มเพาะเพื่อการเจริญของสปอร์ (conventional growth-based BI) งานวิจัยดังกล่าวสนับสนุนแนวคิดพื้นฐานของการใช้ตัวบ่งชี้ทางชีวภาพแบบอ่านผลเร็ว (rapid-readout BI) ในการประเมินความล้มเหลวของกระบวนการทำให้ปราศจากเชื้อด้วยไอน้ำ อย่างไรก็ตาม การศึกษาปัจจุบันมีความแตกต่างจากงานของ Rutala และคณะ ในประเด็นสำคัญ คือ งานนี้ไม่ได้เปรียบเทียบตัวบ่งชี้ทางชีวภาพแบบอ่านผลเร็ว (rapid-readout BI) กับตัวบ่งชี้ทางชีวภาพแบบดั้งเดิมชนิดบ่มเพาะ 24 - 48 ชั่วโมง (conventional growth-based BI) แต่เป็นการเปรียบเทียบระหว่างตัวบ่งชี้ทางชีวภาพแบบอ่านผลเร็วมากภายใน 5 นาที (Super Rapid Readout BI) กับตัวบ่งชี้ทางชีวภาพแบบอ่านผลเร็วภายใน 24 นาที (Rapid Readout BI) ซึ่งทั้งสองยังอยู่ในกลุ่มตัวบ่งชี้ทางชีวภาพแบบอ่านผลเร็ว⁵

งานของ Vesley และ Schneider ซึ่งประเมินตัวบ่งชี้ทางชีวภาพแบบอ่านผลเร็วในรอบการทำให้ปราศจากเชื้อด้วยไอน้ำแบบแรงโน้มถ่วง (gravity cycle) และรอบการทำให้ปราศจากเชื้อด้วยไอน้ำแบบช่วยด้วยระบบสุญญากาศ (vacuum-assisted cycle) ชี้ให้เห็นว่าเทคโนโลยีการอ่านผลเร็วสามารถใช้ประเมินการรอดชีวิตของสปอร์ภายใต้สถานะการทำให้ปราศจากเชื้อที่แตกต่างกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ งานเหล่านี้สนับสนุนหลักการว่า การอ่านผลจากสัญญาณชีวเคมีหรือเอนไซม์สามารถสะท้อนการมีชีวิตของสปอร์ได้เร็วกว่าการรอการเจริญเติบโตของสปอร์เพียงอย่างเดียว อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษาปัจจุบันขยายองค์ความรู้เพิ่มเติมในเชิงเปรียบเทียบระหว่างระบบอ่านผลเร็วที่มีระยะเวลาอ่านผลแตกต่างกัน โดยเฉพาะการพบความแตกต่างของความไวในรอบ 3 นาที ซึ่งเป็นรอบก้ำกึ่ง (marginal cycle) และเป็นสถานะสำคัญต่อการประเมินความไวของตัวบ่งชี้ทางชีวภาพ (BI sensitivity) ในช่วงที่สปอร์ได้รับความร้อนขึ้นระดับกึ่งทำลายเชื้อ หรือระดับต่ำกว่าที่เพียงพอต่อการทำลายอย่างสมบูรณ์ (sublethal exposure phase)⁶⁻⁸

จุดเด่นของการศึกษานี้คือการใช้รอบ 3 นาทีเป็นรอบก้ำกึ่งซึ่งทำให้เห็นความแตกต่างของ BIs ได้ชัดเจนกว่ารอบ 1 นาที และ 5 นาที รอบ 1 นาทีเป็นสถานะที่การทำให้ปราศจากเชื้อ

ไม่เพียงพออย่างชัดเจน จึงทำให้ BIs ทั้งสองชนิดให้ผลบวกครบถ้วนส่วนรอบ 5 นาที เป็นสถานะที่คาดว่าเพียงพอต่อการทำให้ปราศจากเชื้อ จึงทำให้ BIs ทั้งสองชนิดให้ผลลบครบถ้วนตรงกันข้าม รอบ 3 นาทีเป็นช่วงที่สปอร์บางส่วนอาจได้รับความร้อนขึ้นในระดับที่ยังไม่เพียงพอต่อการทำลายอย่างสมบูรณ์ หรืออยู่ในสถานะกึ่งทำลายเชื้อ (sublethal exposure condition) จึงเป็นสถานะที่เหมาะสมต่อการประเมินความไวของตัวบ่งชี้ทางชีวภาพมากที่สุด^{6-8, 10}

ในเชิงจุลชีววิทยา ผลที่ยี่ห้อ A ให้สัดส่วนผลลบสูงกว่ายี่ห้อ B ในรอบ 3 นาที อาจอธิบายได้จากกลศาสตร์การทำลายสปอร์ด้วยความร้อนขึ้น ซึ่งการลดลงของจำนวนสปอร์ไม่ได้เป็นเส้นตรงอย่างสมบูรณ์ในทุกช่วงเวลา โดยเฉพาะในช่วงก้ำกึ่งของการสัมผัสไอน้ำ สปอร์บางส่วนอาจอยู่ในช่วงไหล่ของกราฟการทำลายเชื้อ หรือระยะคงทนต่อการทำลายช่วงต้น (resistant shoulder) ซึ่งเป็นช่วงที่สปอร์ยังคงทนต่อความร้อนขึ้นได้ในระดับหนึ่ง ก่อนเข้าสู่ระยะการลดลงของจำนวนสปอร์อย่างชัดเจนตามจลศาสตร์การทำลายเชื้อ หรือระยะลดแบบลอการิทึมเชิงเส้น (log-linear reduction phase) แนวคิดนี้สอดคล้องกับงานด้านจลศาสตร์การยับยั้งหรือทำลายสปอร์ (spore inactivation kinetics) ที่อธิบายว่า *G. stearothermophilus* อาจยังคงแสดงกิจกรรมทางชีวภาพบางระดับหลังได้รับความร้อนขึ้นในระดับกึ่งทำลายเชื้อ (sublethal condition) ดังนั้น BIs ที่มีระบบตรวจจับสัญญาณชีวเคมีที่ไวกว่าและมีเสถียรภาพมากกว่า ย่อมมีโอกาสตรวจพบการตายหรือกิจกรรมของสปอร์ได้มากกว่าในสถานะก้ำกึ่ง⁵⁻⁸

เมื่อพิจารณาด้านกลไกการอ่านผล ความแตกต่างระหว่างยี่ห้อ A และยี่ห้อ B อาจเกี่ยวข้องกับเสถียรภาพของเอนไซม์ ความไวของสารตั้งต้นเรืองแสง เกณฑ์การตอบสนองของเครื่องอ่านผล และความสามารถในการตรวจจับกิจกรรมชีวภาพระดับต่ำของสปอร์หลังได้รับความร้อนขึ้นไม่สมบูรณ์ งานวิจัยด้านการออกแบบตัวบ่งชี้ทางชีวภาพจากสปอร์ (spore-based biological indicators) ชี้ว่า ความไวของ BIs ไม่ได้ขึ้นอยู่กับจำนวนสปอร์เริ่มต้นเพียงอย่างเดียว แต่ยังเกี่ยวข้องกับคุณสมบัติของระบบเอนไซม์ สารตั้งต้น การกระจายตัวของสปอร์ภายในอุปกรณ์ และเกณฑ์การแปลผลของเครื่องอ่านอัตโนมัติ ดังนั้น การที่ยี่ห้อ A ให้ผลลบในรอบก้ำกึ่งสูงกว่ายี่ห้อ B จึงอาจสะท้อนความสามารถของระบบตรวจจับในการรับรู้สัญญาณจากสปอร์ที่ยังมีชีวิตในระดับต่ำได้ดีกว่า มากกว่าจะเป็นเพียงผลจากระยะเวลาอ่านผลที่สั้นกว่าเท่านั้น^{11,12}

งานของ Rodrigues และ Miguel เกี่ยวกับผลของไอน้ำและก๊าซที่ไม่ควบแน่น (non-condensable gases; NCGs) ต่อประสิทธิภาพการทำให้ปราศจากเชื้อ ช่วยอธิบายผลการศึกษานี้ในบริบทของการใช้งานจริงได้ดี เนื่องจากกระบวนการทำให้ปราศจากเชื้อด้วยไอน้ำไม่ได้ขึ้นอยู่กับการไหลเวียนของไอน้ำเพียงอย่างเดียว แต่ยังขึ้นกับคุณภาพของไอน้ำ การกำจัดอากาศแทรกผ่านของไอน้ำ และความชื้นที่เหมาะสม หากมีอากาศ

ตกค้างหรือก๊าซที่ไม่ควบแน่น (NCGs) อยู่ในห้องเครื่องหรือภายในโหลด อาจทำให้การถ่ายเทความร้อนขึ้นไปยังพื้นผิวของเครื่องมือและสปอร์ไม่สมบูรณ์ ส่งผลให้เกิดสถานะก้ำกึ่งที่สปอร์บางส่วนยังรอดชีวิตได้ ผลการศึกษานี้จึงมีความสอดคล้องกับแนวคิดดังกล่าว เพราะรอบ 3 นาทีเป็นสถานะที่สามารถจำลองความไม่สมบูรณ์ระดับก้ำกึ่งของกระบวนการได้ และแสดงให้เห็นว่า Bls ที่มีความไวสูงกว่าสามารถตรวจพบสถานะดังกล่าวได้ชัดเจนกว่า^{13,14}

ในทำนองเดียวกัน งานที่ศึกษาโครงสร้างและการจัดวางโหลด (load configuration) และการแทรกผ่านของไอน้ำ (steam penetration) เช่น งานของ Viana, Bacelo, Heo และ Kim ชี้ให้เห็นว่า ความซับซ้อนของโหลด รูปแบบการบรรจุเครื่องมือ ความลึกของการแทรกผ่านไอน้ำ และตำแหน่งวางตัวบ่งชี้ภายในห้องเครื่องมีผลต่อการตอบสนองของตัวบ่งชี้ทั้งทางชีวภาพและทางเคมี ประเด็นนี้มีความสำคัญต่อการศึกษาปัจจุบัน เนื่องจากการวาง Bls ในตำแหน่งที่ทำลายต่อการแทรกผ่านของไอน้ำ เช่น บริเวณใกล้ท่อระบายน้ำหรือจุดทำหายสูงสุดของห้องเครื่อง (worst-case location) อาจช่วยเพิ่มโอกาสในการตรวจพบความบกพร่องของกระบวนการในระดับก้ำกึ่งได้ดีขึ้น ผลที่ยี่ห้อ A ให้ผลลบสูงกว่าในรอบ 3 นาที จึงอาจสะท้อนทั้งความไวของผลิตภัณฑ์และความสามารถในการออกแบบการทดลองในการจำลองสถานการณ์ที่ทำลายต่อการทำให้ปราศจากเชื้อ อย่างไรก็ตาม งานวิจัยเกี่ยวกับตัวบ่งชี้ทางเคมี (Chemical Indicators; CIs) เช่น ตัวบ่งชี้ทางเคมีชนิดบูรณาการ (type 5 integrating indicators) และตัวบ่งชี้ทางเคมีชนิดจำลองรอบเฉพาะ (type 6 emulating indicators) ของ Kranabetter และ Patel ช่วยชี้ให้เห็นข้อจำกัดของการใช้ตัวบ่งชี้ทางเคมีเพียงอย่างเดียวในการประเมินรอบการทำให้ปราศจากเชื้อที่มีความซับซ้อน ตัวบ่งชี้ทางเคมีสามารถสะท้อนการได้รับพารามิเตอร์บางประการ เช่น อุณหภูมิ เวลา และไอน้ำ แต่ไม่สามารถยืนยันการทำลายสปอร์ได้โดยตรงเหมือน Bls ผลการศึกษปัจจุบันจึงสนับสนุนแนวคิดที่ว่า Bls ยังคงมีบทบาทสำคัญต่อการประเมินประสิทธิภาพของกระบวนการทำให้ปราศจากเชื้อ โดยเฉพาะในสถานะก้ำกึ่งที่การประเมินด้วยพารามิเตอร์ทางกายภาพหรือเคมีอาจไม่เพียงพอต่อการสะท้อนการรอดชีวิตของสปอร์อย่างแท้จริง⁹

เมื่อเปรียบเทียบกับงานของ Zaman และคณะ ซึ่งศึกษาการใช้ตัวบ่งชี้ทางชีวภาพแบบอ่านผลเร็ว (rapid biological indicators) ร่วมกับเครื่องอ่านผลอัตโนมัติ (auto-reader) ในบริบทการควบคุมคุณภาพการทำให้ปราศจากเชื้อ งานดังกล่าวชี้ให้เห็นว่า การใช้ระบบอ่านผลอัตโนมัติสามารถเพิ่มความรวดเร็วและความสม่ำเสมอของการแปลผลได้ แต่ยังคงพิจารณาความไวของผลิตภัณฑ์และเงื่อนไขของรอบการทำงานร่วมด้วย ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับแนวคิดดังกล่าว เพราะถึงแม้ยี่ห้อ A และยี่ห้อ B จะเป็นระบบอ่านผลเร็วทั้งคู่ แต่ความแตกต่างของผลในรอบ 3 นาทีแสดงให้เห็นว่าเทคโนโลยีตัวบ่งชี้ทางชีวภาพแบบ

อ่านผลเร็ว (rapid-readout technology) ไม่ได้มีสมรรถนะเท่ากันทั้งหมด การเลือกใช้ Bls ในหน่วยเวชภัณฑ์ปลอดเชื้อจึงควรพิจารณาทั้งระยะเวลาอ่านผล ความไวในสถานะก้ำกึ่ง และความเหมาะสมกับรูปแบบโหลดและเครื่องมือทำให้ปราศจากเชื้อของแต่ละหน่วยงาน^{4,15,16} การศึกษาเทคโนโลยีตัวบ่งชี้ทางชีวภาพแบบอ่านผลเร็ว (rapid biological indicator technology) ในมิติการปล่อยใช้เครื่องมือและเศรษฐศาสตร์สุขภาพ ช่วยสนับสนุนว่า Bls ที่ให้ผลเร็วอาจมีนัยเชิงระบบต่อการลดระยะเวลาผลการบริหารรอบหมุนเวียนเครื่องมือ และการจัดการทรัพยากรในหน่วยเวชภัณฑ์ปลอดเชื้อ อย่างไรก็ตาม การศึกษาปัจจุบันไม่ได้วัดผลลัพธ์ด้านกระบวนการทำงาน (workflow) ภาระงานของบุคลากร (workload) ระยะเวลาการหมุนเวียนหรือปล่อยใช้เครื่องมือ (turnaround time) ต้นทุนประสิทธิภาพ (cost-effectiveness) หรืออาชีวอนามัย (occupational health) โดยตรง ดังนั้น แม้ผลการศึกษานี้จะสนับสนุนว่า Super Rapid Readout BI ภายใน 5 นาทีอาจมีประโยชน์ในบริบทที่ต้องการการตัดสินใจรวดเร็วและมีความไวสูง แต่ไม่ควรสรุปเชิงเหตุผลโดยตรงว่าช่วยลดต้นทุน ลดภาระงาน หรือเพิ่มความปลอดภัยด้านอาชีวอนามัยอย่างมีนัยสำคัญจากข้อมูลชุดนี้ ประเด็นเหล่านี้ควรถูกตีความเป็นนัยเชิงปฏิบัติ (practical implications) และควรได้รับการศึกษาเพิ่มเติมด้วยการออกแบบวิจัยที่วัดตัวแปรดังกล่าวโดยตรง

งานของ Sangthong และคณะ ซึ่งพัฒนาตัวชี้วัดคุณภาพสำหรับการปฏิบัติงานทำให้ปราศจากเชื้อในหน่วยจ่ายกลางมีความเกี่ยวข้องกับการศึกษานี้ในเชิงระบบคุณภาพ เพราะชี้ให้เห็นว่าการควบคุมคุณภาพงานทำให้ปราศจากเชื้อไม่ได้พิจารณาเฉพาะผลผ่านหรือไม่ผ่านของรอบการทำงานเท่านั้น แต่ยังเกี่ยวข้องกับระบบติดตามผล ตัวชี้วัดคุณภาพ ความน่าเชื่อถือของกระบวนการ และการนำข้อมูลไปใช้สนับสนุนการตัดสินใจในการปฏิบัติงาน การศึกษาปัจจุบันจึงสามารถมองได้ว่าเป็นหลักฐานเชิงปฏิบัติที่ช่วยสนับสนุนการเลือกใช้ Bls สำหรับการทวนสอบคุณภาพในหน่วยเวชภัณฑ์ปลอดเชื้อ โดยเฉพาะในสถานการณ์ที่ต้องการระบบตรวจจับความไม่สมบูรณ์ของรอบการทำให้ปราศจากเชื้อที่ไวและรวดเร็ว⁴

งานของ Chanchai และคณะเกี่ยวกับการประยุกต์มาตรฐานสากลด้านการทำลายเชื้อและการทำให้ปราศจากเชื้อในสถานพยาบาลไทย ชี้ว่าประสิทธิภาพของกระบวนการทำให้ปราศจากเชื้อขึ้นอยู่กับกระบวนการระหว่างมาตรฐานสากล ข้อกำหนดของผู้ผลิต โครงสร้างอุปกรณ์ สมรรถนะของบุคลากร ระบบประกันคุณภาพ ทรัพยากร และระบบตรวจสอบย้อนกลับ ไม่ใช่การเลือกใช้เทคโนโลยีใดเทคโนโลยีหนึ่งเพียงลำพัง งานดังกล่าวยังระบุว่าการเฝ้าติดตามกระบวนการ การบรรจุ การจัดเก็บ และระบบตรวจสอบย้อนกลับ ขณะที่ AAMI ST91 มีบทบาทต่อการประมวลผลกล้องส่องตรวจชนิดอ่อนงอและอุปกรณ์ที่มีโครงสร้างซับซ้อน โดยต้องอาศัยบุคลากร เครื่องมือ และระบบกำกับติดตามที่มี

ความเข้าใจในอุปกรณ์ดังกล่าว ดังนั้น ผลการศึกษาที่พบว่า Super Rapid Readout BI ภายใน 5 นาที มีความไวสูงกว่าใน รอบก้ำกึ่ง จึงควรถูกตีความในฐานะองค์ประกอบหนึ่งของระบบ ประกันคุณภาพของหน่วยเวชภัณฑ์ปลอดเชื้อ) ที่ต้องใช้ร่วมกับการควบคุมพารามิเตอร์ของเครื่อง การจัดวางโหลด การทดสอบ โบว์ดิก (Bowie-Dick test) และระบบตรวจสอบย้อนกลับ (traceability) อย่างเหมาะสม²

ขณะเดียวกัน งานของ Chanchai และคณะเกี่ยวกับ มาตรฐานตัวชี้วัดทางเคมีและชีวภาพในกระบวนการทำให้ปราศจากเชื้อชี้ว่า ตัวชี้วัดทางเคมี (Chemical Indicators; CIs) ตามมาตรฐาน ISO 11140 และตัวชี้วัดทางชีวภาพ (Biological Indicators; BIs) ตามมาตรฐาน ISO 11138 ควรถูกใช้ร่วมกันภายใต้แนวคิดการประกันคุณภาพหลาย ชั้น (multi-layer assurance) โดย CIs และการทดสอบ โบว์ดิก (Bowie-Dick test) มีบทบาทในการประเมินการ กำจัดอากาศและการแทรกผ่านของไอน้ำ ส่วน BIs ให้การ ยืนยันผลทางจุลชีววิทยาผ่านแนวคิดค่าความต้านทาน ของสปอร์ ได้แก่ ค่า D-value และค่า Z-value งานดังกล่าว ระบุว่า การประเมินค่า D-value และ Z-value เป็นส่วนสำคัญของมาตรฐาน ISO 11138, AAMI ST79 และ USP <55> เพื่อให้การใช้ BIs มีความเที่ยงและสามารถเปรียบเทียบข้าม ผู้ผลิตได้ ประเด็นนี้สนับสนุนว่าการประเมินรอบ 3 นาที ในงาน ปัจจุบันมีความสำคัญต่อการตรวจจับสถานะก้ำกึ่งของ กระบวนการ แต่การนำผลไปใช้จริงควรพิจารณาร่วมกับตัว ชี้วัดทางกายภาพ ตัวชี้วัดทางเคมี และตัวชี้วัดทางชีวภาพอย่าง เป็นระบบ³

กล่าวโดยสรุป การบูรณาการผลการศึกษาเกี่ยวกับงานวิจัยที่ เกี่ยวข้องแสดงให้เห็นว่า ตัวบ่งชี้ทางชีวภาพแบบอ่านผลเร็ว มากภายใน 5 นาที (Super Rapid Readout BI) อาจมีข้อ ได้เปรียบด้านความไวในการตรวจจับสถานะก้ำกึ่งของกระบวนการ ทำให้ปราศจากเชื้อด้วยไอน้ำ เมื่อเปรียบเทียบกับตัวบ่งชี้ ทางชีวภาพแบบอ่านผลเร็วภายใน 24 นาที (Rapid Readout BI) ภายใต้เงื่อนไขการทดลองที่อุณหภูมิ 134 °C และการจำลอง รอบ 3 นาที เป็นรอบก้ำกึ่ง (marginal cycle) ความแตกต่าง นี้สามารถอธิบายได้จากกลไกของระบบตรวจจับเอนไซม์ เสถียรภาพของสัญญาณชีวเคมี จลศาสตร์การทำลายสปอร์ ในช่วงไหล่ของกราฟการทำลายเชื้อ (resistant shoulder) และความท้าทายของการแทรกผ่านไอน้ำในสถานะก้ำกึ่ง อย่างไรก็ตาม ข้อสรุปควรจำกัดอยู่ที่ผลลัพธ์ที่วัดได้โดยตรง ได้แก่ สัดส่วน ผลบวกในรอบก้ำกึ่ง สัดส่วนผลลบในรอบที่คาดว่าจะสมบูรณ์ ความแตกต่างของเวลาอ่านผล และความแตกต่างทางสถิติ ระหว่างผลิตภัณฑ์ ส่วนผลด้านต้นทุน ภาระงาน อาชีวอนามัย และ ผลลัพธ์ทางคลินิกควรได้รับการศึกษาเพิ่มเติมในอนาคต^{2,3,5-16}

ข้อจำกัดของการศึกษา

การศึกษานี้มีข้อจำกัดหลายประการที่ควรพิจารณาในการ

ตีความผลลัพธ์ ประการแรก การศึกษาเป็นกรณีศึกษาในหน่วย เวชภัณฑ์ปลอดเชื้อของโรงพยาบาลแห่งเดียว และใช้เครื่องทำให้ ปราศจากเชื้อด้วยไอน้ำระบบบ่มสุญญากาศรุ่นเดียว ภายใต้ เงื่อนไขอุณหภูมิ 134°C ดังนั้น ผลการศึกษานี้อาจไม่สามารถ สรุบทัวไปไปยังโรงพยาบาลทุกแห่ง เครื่องทำให้ปราศจากเชื้อ ทุกรุ่น หรือรูปแบบรอบการทำงานอื่นได้โดยตรง ประการที่สอง การทดลองใช้ระยะเวลาการสัมผัสไอน้ำ 3 ระดับ ได้แก่ 1, 3 และ 5 นาที ซึ่งช่วยจำลองสถานะไม่สมบูรณ์ ก้ำกึ่ง และสมบูรณ์ แต่ยังไม่ครอบคลุมความหลากหลายของโหลดจริงทุกประเภท เช่น โหลดที่มีความหนาแน่นสูง โหลดที่มีผลิตภัณฑ์ที่มีซับซ้อน หรือชุดเครื่องมือที่มีรูปแบบการบรรจุแตกต่างกัน ประการ ที่สาม การศึกษานี้เปรียบเทียบ Super Rapid Readout BI กับ Rapid Readout BI โดยไม่ได้ใช้ conventional growth-based BI ที่บ่มเพาะ 24 - 48 ชั่วโมง เป็น reference standard ประการที่สี่ผลลัพธ์ของการศึกษานี้จำกัดอยู่ที่ ตัวชี้วัดเชิงการทดสอบของตัวบ่งชี้ทางชีวภาพ ได้แก่ สัดส่วน ผลบวกและผลลบ (positive and negative result propor- tions) ช่วงความเชื่อมั่น 95% (95% confidence interval; 95% CI) และความแตกต่างทางสถิติของผลการอ่านตัวบ่งชี้ ทางชีวภาพ (statistical differences in BI readout results) เท่านั้น การศึกษานี้ไม่ได้ประเมินผลลัพธ์ด้านกระบวนการ ปฏิบัติงาน (workflow outcomes) ภาระงานของบุคลากร (workload) ระยะเวลาการหมุนเวียนหรือการปล่อยใช้เครื่องมือ (turnaround time) ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์หรือต้นทุน ประสิทธิภาพ (cost-effectiveness) ผลกระทบด้านอาชีวอนามัย (occupational health outcomes) หรือผลลัพธ์ทางคลินิก ของผู้ป่วย (patient clinical outcomes) โดยตรง ดังนั้น ประเด็นดังกล่าวควรตีความในฐานะนัยเชิงปฏิบัติของผลการ ศึกษา (practical implications) เท่านั้น และควรได้รับการ ศึกษาเพิ่มเติมในอนาคตด้วยการออกแบบการวิจัยที่สามารถ ประเมินผลลัพธ์เหล่านี้ได้อย่างเป็นระบบ

ประการสุดท้าย ผลการศึกษานี้อาจได้รับอิทธิพลจาก คุณลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์ ล็อตการผลิต เครื่องอ่านผล วิธีการจัดวาง BIs ตำแหน่งในห้องเครื่อง และสภาพแวดล้อม ของการทดลอง แม้การศึกษาจะมีการควบคุมคุณภาพของการ ทดลองและใช้เงื่อนไขเดียวกันในการเปรียบเทียบ แต่การศึกษา ข้างในหลายล็อต หลายเครื่องทำให้ปราศจากเชื้อ หลายรูปแบบ โหลด และหลายโรงพยาบาลจะช่วยเพิ่มความแข็งแกร่งของหลัก ฐานและความสามารถในการนำผลไปใช้ในวงกว้างมากขึ้น

ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาต่อไป

การศึกษาต่อไปควรดำเนินการในหลายศูนย์บริการและ ครอบคลุมเครื่องทำให้ปราศจากเชื้อหลายรุ่น เพื่อประเมินความ สม่าเสมอของผลลัพธ์ภายใต้บริบทการใช้งานที่แตกต่างกัน ควรเพิ่มการเปรียบเทียบกับ conventional growth-based BI แบบบ่มเพาะยาว 24 - 48 ชั่วโมงหรือ final culture

confirmation ในฐานะ reference standard อิสระ เพื่อให้สามารถประเมิน sensitivity, specificity, false negative และ false positive ได้อย่างชัดเจนยิ่งขึ้น นอกจากนี้ ควรออกแบบการศึกษาเพื่อประเมินผลลัพธ์ด้านการปฏิบัติงานโดยตรง เช่น ระยะเวลาการปล่อยไหล รอบการหมุนเวียนเครื่องมือ ต้นทุนต่อรอบ ภาระงานของบุคลากร ความเสี่ยงด้านการยศาสตร์ และความปลอดภัยด้านอาชีวอนามัย เพื่อยืนยันเชิงระบบของการใช้ Super Rapid Readout BI ในหน่วยเวชภัณฑ์ปลอดเชื้อ

บทสรุป (Conclusion)

ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า Super Rapid Readout BI ภายใน 5 นาที มีข้อได้เปรียบด้านความไวในการตรวจจับสถานะกึ่งของกระบวนการทำให้ปราศจากเชื้อด้วยไอน้ำ เมื่อเปรียบเทียบกับ Rapid Readout BI ภายใน 24 นาที ภายใต้เงื่อนไขการทดลองที่กำหนด การใช้ BI ชนิดอ่านผลเร็วมากจึงอาจช่วยสนับสนุนระบบการทวนสอบคุณภาพแบบรายไหลในหน่วยเวชภัณฑ์ปลอดเชื้อ โดยเฉพาะในบริบทที่ต้องการความรวดเร็วในการตัดสินใจและความไวสูงต่อการตรวจพบความไม่สมบูรณ์ของกระบวนการ อย่างไรก็ตาม การนำผลการศึกษาไปประยุกต์ใช้ควรพิจารณาร่วมกับบริบทของแต่ละโรงพยาบาล ประเภทของเครื่องทำให้ปราศจากเชื้อ รูปแบบไหล มาตรฐานการปฏิบัติงาน และแนวทางควบคุมคุณภาพภายในหน่วยงาน ทั้งนี้ ควรมีการศึกษาต่อในหลายศูนย์บริการและประเมินผลลัพธ์ด้านการปฏิบัติงาน ต้นทุน ภาระงาน และอาชีวอนามัยอย่างเป็นระบบ เพื่อยืนยันประโยชน์เชิงระบบของการใช้ Super Rapid Readout BI ในงานเวชภัณฑ์ปลอดเชื้อของโรงพยาบาล

กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgements)

คณะผู้วิจัยขอแสดงความขอบคุณต่อ หน่วยเวชภัณฑ์ปลอดเชื้อโรงพยาบาลศูนย์การแพทย์มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง รวมถึง ภาควิชาสาธารณสุขศาสตร์ สาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย คณะแพทยศาสตร์มหาวิทยาลัยสยาม ที่ให้ความร่วมมือ สนับสนุนข้อมูล และเอื้อเฟื้อทรัพยากรที่จำเป็นในการดำเนินงานวิจัย ตลอดจนร่วมมีส่วนสำคัญในการจัดทำการศึกษาวิจัยฉบับนี้ให้สำเร็จลุล่วงอย่างสมบูรณ์ ทั้งนี้ ความสำเร็จของงานวิจัยในครั้งนี้เกิดขึ้นได้จากการสนับสนุนและความร่วมมืออย่างดียิ่งจากทุกหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

1. Rutala WA, Boyce JM, Weber DJ. Disinfection, sterilization and antisepsis: An overview. *Am J Infect Control*. 2023;51(11S):A3-A12. doi:10.1016/j.ajic.2023.01.001

2. Chanchai W, Anumas P, Chitrachulrattanamane S, et al. Integrating International Standards for Disinfection and Sterilization to Enhance Patient Safety in Thai Healthcare Facilities. *J Chulabhorn Royal Acad*. 2026;8(3):292-303. <https://he02.tci-thaijo.org/index.php/jcra/article/view/279088>
3. Chanchai W, Chitrachulrattanamane S, Guntawong C, Sukaval K, Somboonthawong C. Standards for Chemical and Biological Indicators in Sterilization Processes: Enhancing Occupational Health, Safety, and the Work Environment in Hospitals. *J Chulabhorn Royal Acad*. 2026;8(1):23-37. <https://he02.tci-thaijo.org/index.php/jcra/article/view/275259>
4. Sangthong K, Soparat P, Moongtui W, Danchaivijitr S. Development of quality indicators for sterilization practices of the central sterile supply department. *J Med Assoc Thai*. 2005;88(Suppl 10):S128-S132. PMID:16850657
5. Rutala WA, Jones SM, Weber DJ. Comparison of a rapid readout biological indicator for steam sterilization with four conventional biological indicators and five chemical indicators. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 1996;17(7):423-428. doi:10.1086/647333
6. Vesley D, Nellis MA, Allwood PB. Evaluation of a rapid readout biological indicator for 121 °C gravity and 132 °C vacuum-assisted steam sterilization cycles. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 1995;16(5):281-286. doi:10.1086/647108
7. Schneider PM. Evaluation of a new rapid readout biological indicator for use in 132 °C and 135 °C vacuum-assisted steam sterilization cycles. *Am J Infect Control*. 2014;42(2):e17-e21. doi:10.1016/j.ajic.2013.09.015Alfa
8. MJ, Olson N, DeGagne P, Jackson M. Evaluation of rapid readout biological indicators for 132 °C gravity and 132 °C vacuum-assisted steam sterilization cycles using a new automated fluorescent reader. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2002;23(7):388-392. doi:10.1086/502071
9. Zaman SU, Sadia I, Yasmin N, et al. Application of rapid biological indicators coupled

with auto-reader for the quality assurance of surgical instruments after sterilization at a cardiac hospital in Bangladesh. *Cureus*. 2021;13(11):e19428. doi:10.7759/cureus.19428

10. Rodrigues SB, de Souza RQ, Graziano KU, Erzinger GS, Souza O. Performance evaluation of chemical, biological and physical indicators in the process of sterilization under the effect of non-condensable gases. *J Hosp Infect*. 2021;108:1-6. doi:10.1016/j.jhin.2020.11.005
11. Miguel EA, Laranjeira PR, Ishii M, Pinto TJA. Analysis of water quality over non-condensable gases concentration on steam used for sterilization. *PLoS One*. 2022;17(9):e0274924. doi:10.1371/journal.pone.0274924
12. Yu X, Zhang Q, Deng X, et al. A comparative study of four Bowie-Dick test under the condition of pressure steam sterilizer simulating gas leakage. *Medicine (Baltimore)*. 2020;99(50):e23653. doi:10.1097/MD.00000000000023653
13. Lagos-Palomino L, Rueda-Torres L, Sanchez-Holguin G, Soncco-Llulluy F, Rosales-Rimache J. Performance evaluation of the sterilization process with Bowie & Dick test and biological indicator in the quality control of a blood bank in Peru. *Medicine (Baltimore)*. 2023;102(45):e35293. doi:10.1097/MD.00000000000035293
14. Feeherry FE, Munsey DT, Rowley DB. Thermal inactivation and injury of *Bacillus stearothermophilus* spores. *Appl Environ Microbiol*. 1987;53(2):365 - 370. doi:10.1128/aem.53.2.365-370.1987
15. Hu R, Chen Y, Hu J, Yi L. Establishing nursing-sensitive quality indicators for the Central Sterile Supply Department: A modified Delphi study. *Qual Manag Health Care*. 2024;33(4):253-260. doi:10.1097/QMH.0000000000000418
16. Jing W, Mu Y, Cai Y. Central sterile supply department management quality sensitive index constructed by management mode under the guidance of key point control theory and its effect on CSSD management quality: a retrospective study. *Ann Palliat*

Med. 2022;11(6):2050-2060. doi:10.21037/apm-22-594

การอ้างอิง

เจริญศรี กันทะวงศ์ และวิทยา ชาญชัย. ประสิทธิภาพของตัวบ่งชี้ทางชีวภาพแบบอ่านผลเร็วมากเปรียบเทียบกับแบบอ่านผลเร็วในการทำให้ปราศจากเชื้อด้วยไอน้ำ: กรณีศึกษาในหน่วยเวชภัณฑ์ปลอดเชื้อ โรงพยาบาลศูนย์การแพทย์มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง. *วารสารวิชาการราชวิทยาลัยจุฬาภรณ์*. 2569; 8(4): 314-325. <https://he02.tci-thaijo.org/index.php/jcra/article/view/279331>

Guntawong C , Chanchai W. Effectiveness of Super Rapid-Readout Versus Rapid-Readout Biological Indicators in Steam Sterilization: A Case Study in the Central Sterile Supply Department, Mae Fah Luang University Medical Center Hospital. *J Chulabhorn Royal Acad* 2026. 8(4): 314-325. <https://he02.tci-thaijo.org/index.php/jcra/article/view/279331>

Online Access

<https://he02.tci-thaijo.org/index.php/jcra/article/view/279213>



Research article

แนวทางการลดอุณหภูมิในผู้ป่วยบาดเจ็บสมอง ภายใต้หลักฐานเชิงประจักษ์
Evidence-Based Approaches to Temperature Management in
Patients with Traumatic Brain Injury

จรรยาทรัพย์ วิธะระ¹, ภูมินทร์ ดวงสุริยะ^{2*}, ณัฐชนก เกลินบุรินทร์¹, สุนิสา สุธรรมปวง¹
Jaroonsab Witura¹, Phoomin Doungsuriya^{2*},
Natchanok Thoenburin¹, Sunisa Suthampuang¹

¹โรงพยาบาลลำปาง

²วิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนีนครลำปาง

คณะพยาบาลศาสตร์ สถาบันพระบรมราชชนก

¹Lampang Hospital

²Boromarajonani College of Nursing, Nakhon lampang,

Faculty of Nursing, Praboromarajchanok Institute

*Corresponding Author, e-mail: phoomin.d@mail.bcnlp.ac.th

Received: 29 December 2025; Revised: 23 June 2026; Accepted: 17 July 2026

บทคัดย่อ

การบาดเจ็บสมองชนิดรุนแรงเป็นภาวะวิกฤตที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดการบาดเจ็บสมองระยะทุติยภูมิจากภาวะไข้ การสังเคราะห์หลักฐานนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อรวบรวมองค์ความรู้เกี่ยวกับการจัดการอุณหภูมิในผู้ป่วยบาดเจ็บสมองชนิดรุนแรง โดยสืบค้นงานวิจัยที่เผยแพร่ระหว่างปี ค.ศ. 2016 - 2025 จากฐานข้อมูล ThaiJo, Google Scholar, PubMed และ Cochrane Library ตามแนวทาง PICO และคัดเลือกงานวิจัยตามหลัก PRISMA ผลการสืบค้นพบงานวิจัย 198 เรื่อง และผ่านเกณฑ์คัดเลือก 6 เรื่อง

ผลการสังเคราะห์พบว่า การจัดการอุณหภูมิประกอบด้วยวิธีการลดอุณหภูมิด้วยวิธีทางกายภาพ การควบคุมอุณหภูมิแบบมุ่งเป้าหมาย และการรักษาด้วยภาวะอุณหภูมิต่ำ โดยการใช้อุปกรณ์ให้ความเย็นและการลดอุณหภูมิเฉพาะที่บริเวณศีรษะและลำคอมีประสิทธิภาพในการลดอุณหภูมิร่างกายและความดันในกะโหลกศีรษะมากกว่าวิธีทั่วไป ขณะที่การรักษาด้วยภาวะอุณหภูมิต่ำแม้ช่วยลดความดันในกะโหลกศีรษะ แต่ยังไม่มีความชัดเจนว่าสามารถลดอัตราการเสียชีวิตหรือเพิ่มผลลัพธ์ทางระบบประสาทระยะยาวได้

สรุปได้ว่า การควบคุมอุณหภูมิ โดยเฉพาะการลดอุณหภูมิเฉพาะที่และการรักษาระดับอุณหภูมิให้อยู่ในช่วง 36 - 37.5°C เป็นแนวทางสำคัญในการป้องกันการบาดเจ็บสมองระยะทุติยภูมิและสนับสนุนการดูแลผู้ป่วยบาดเจ็บสมองชนิดรุนแรงอย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: ผู้ป่วยบาดเจ็บสมอง, ลดอุณหภูมิ, หลักฐานเชิงประจักษ์

Abstract

Severe traumatic brain injury (TBI) is a critical condition associated with a high risk of secondary brain injury, particularly due to fever. This evidence synthesis aimed to summarize current evidence on temperature management in patients with severe TBI. Studies published between 2016 and 2025 were searched in ThaiJo, Google Scholar, PubMed, and the Cochrane Library using the PICO framework. Articles were selected according to the PRISMA guidelines. A total of 198 studies were identified, and six studies met the inclusion criteria.

The findings showed that temperature management strategies include physical cooling, targeted temperature management (TTM), and therapeutic hypothermia (TH). Cooling devices and selective brain cooling applied to the head and neck were more effective than conventional methods in reducing body temperature and intracranial pressure (ICP). Although therapeutic hypothermia effectively reduced ICP, current

evidence does not demonstrate significant improvements in mortality or long-term neurological outcomes.

In conclusion, temperature management, particularly selective brain cooling and maintaining a target temperature of 36.0 - 37.5°C, plays an important role in preventing secondary brain injury and supports effective clinical management of patients with severe traumatic brain injury.

Keywords: Evidence-based practice, Temperature Management, Traumatic brain injury

บทนำ

สมองเป็นโครงสร้างสำคัญที่ทำหน้าที่กำกับการทำงานของระบบสรีรวิทยาหลายระบบ ทั้งการเคลื่อนไหว การทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติ การรักษาสมดุลภายใน รวมถึงการควบคุมอัตราการเต้นของหัวใจ ความดันโลหิต และอุณหภูมิร่างกาย นอกจากนี้ สมองยังมีบทบาทในกระบวนการรับรู้ การประมวลผลอารมณ์ ความจำ และการเรียนรู้¹ ดังนั้น ความผิดปกติหรือการบาดเจ็บที่เกิดขึ้นภายในเนื้อสมองย่อมส่งผลกระทบต่อการทำงานทางประสาทสรีรวิทยาในหลายด้าน และอาจก่อให้เกิดความบกพร่องของร่างกายในระดับระบบอย่างมีนัยสำคัญ

ภายหลังการบาดเจ็บสมองรุนแรง ร่างกายจะเข้าสู่กระบวนการอักเสบของระบบประสาทส่วนกลาง (neuroinflammation) ซึ่งเป็นผลสืบเนื่องจากความเสียหายของเซลล์ประสาทและเนื้อเยื่อรอบข้าง กระบวนการนี้เกี่ยวข้องกับทั้งการบาดเจ็บปฐมภูมิจากแรงกระแทกโดยตรง และการบาดเจ็บทุติยภูมิที่เกิดจากความผิดปกติของการไหลเวียนเลือดสมอง การรั่วของ blood-brain barrier และการหลั่งสารสื่อกลางอักเสบในปริมาณสูง² การตอบสนองดังกล่าวทำให้เกิดการสรรหาเซลล์ภูมิคุ้มกัน ได้แก่ microglia, mononuclear cells และ macrophages เข้าสู่บริเวณที่ได้รับบาดเจ็บ และนำไปสู่การหลั่งสารก่อไข้ภายในร่างกาย (endogenous pyrogens) เช่น interleukin-1 β (IL-1 β), interleukin-6 (IL-6) และ tumor necrosis factor- α (TNF- α) สารเหล่านี้มีบทบาทสำคัญในการกระตุ้นการสังเคราะห์ prostaglandin E₂ (PGE₂) ผ่านกระบวนการเมแทบอลิซึมของ arachidonic acid ทำให้ set point ของการควบคุมอุณหภูมิใน hypothalamus เพิ่มขึ้น⁴ ส่งผลให้เกิดภาวะไข้แม้ไม่มีการติดเชื้อร่วมด้วย²⁻⁴

ภาวะไข้นี้มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการพยากรณ์โรคของผู้ป่วยบาดเจ็บสมอง เนื่องจากอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นเพียง 1°C สามารถเพิ่ม cerebral metabolic rate of oxygen ส่งผลให้สมองต้องการออกซิเจนและสารอาหารสูงขึ้น จนอาจเกิดภาวะไม่สมดุลระหว่างความต้องการและการส่งออกซิเจนไปยังสมอง ซึ่งเป็นปัจจัยเสี่ยงสำคัญของการบาดเจ็บของสมองระยะที่สอง (secondary brain injury)⁵ นอกจากนี้ ไข่นยังสัมพันธ์กับการเพิ่มความดันในกะโหลกศีรษะสูง (Intracranial Pressure; ICP) การลด cerebral perfusion pressure (CPP) และการเกิด excitotoxicity³ ซึ่งเป็นกลไกสำคัญที่เร่งให้เนื้อสมองถูกทำลาย

มากขึ้น ผู้ป่วยที่มีภาวะไข้นี้ต่อเนื่องภายหลังบาดเจ็บสมองยังมีแนวโน้มเกิด sympathetic storming ทำให้ร่างกายเร่งการเผาผลาญและสร้างความร้อนมากขึ้น ส่งผลให้การควบคุมอุณหภูมิถูกรบกวนอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะในช่วง 72 ชั่วโมงแรก ซึ่งเป็นช่วงที่พบภาวะไข้นี้ได้บ่อยและมีความรุนแรงสูง⁶

ในบริบทของการพยาบาล ภาวะไข้นี้ในผู้ป่วยบาดเจ็บสมองถือเป็นสัญญาณเตือนที่มีผลต่อการพยากรณ์โรคซึ่งอาจมีแนวโน้มทรุดลง พยาบาลในหอผู้ป่วยวิกฤตต้องมีความสามารถในการประเมินและตรวจติดตามการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอย่างใกล้ชิด พร้อมทั้งวิเคราะห์สาเหตุของภาวะไข้นี้ นอกจากนี้ การประเมินสัญญาณชีพ การสังเกตอาการทางระบบประสาท และการติดตามแนวโน้มของอุณหภูมิแบบต่อเนื่อง รวมถึงให้การจัดการภาวะไข้อย่างเหมาะสม จะเป็นส่วนสำคัญที่ช่วยให้สามารถลดภาวะเสี่ยง หรือการส่งเสริมการเกิดปัจจัยแทรกซ้อนในด้านอื่นๆ ได้อย่างเหมาะสม^{6,7}

การลดอุณหภูมิในผู้ป่วยบาดเจ็บสมองรุนแรงจึงเป็นกระบวนการที่ต้องอาศัยความรู้ด้านพยาธิสรีรวิทยาและหลักฐานเชิงประจักษ์ โดยเน้นวิธีการไม่ใช้ยาซึ่งรวมถึงการควบคุมอุณหภูมิจากภายนอก การจัดสภาพแวดล้อมให้ส่งเสริมการระบายความร้อน การใช้เทคนิคระบายความร้อนแบบต่าง ๆ และการติดตามผลอย่างสม่ำเสมอ พยาบาลยังจำเป็นต้องประเมินความเสี่ยงของภาวะแทรกซ้อนที่อาจเกิดขึ้นจากมาตรการลดอุณหภูมิ เช่น การเกิดหนาวสั่น (shivering) ซึ่งอาจทำให้การเผาผลาญเพิ่มขึ้นและทำให้ระดับอุณหภูมิสูงขึ้นอีก⁶ การประสานงานร่วมกับทีมสหสาขาวิชาชีพถือเป็นหลักสำคัญในการดูแลแบบองค์รวม เพื่อให้การควบคุมอุณหภูมิเป็นไปอย่างปลอดภัย ลดการเกิด secondary brain injury

ด้วยเหตุนี้ การพิจารณาเลือกใช้แนวทางการลดอุณหภูมิที่เหมาะสมบนพื้นฐานหลักฐานเชิงประจักษ์จึงมีความสำคัญยิ่งต่อการป้องกันภาวะแทรกซ้อน ลดความเสียหายของสมองในระยะทุติยภูมิ และเสริมสร้างผลลัพธ์ทางคลินิกที่ดีขึ้นในผู้ป่วยบาดเจ็บสมองชนิดรุนแรง

วัตถุประสงค์

เพื่อทบทวนหลักฐานเชิงประจักษ์เกี่ยวกับแนวทางการลดอุณหภูมิภายในผู้ป่วยบาดเจ็บสมอง

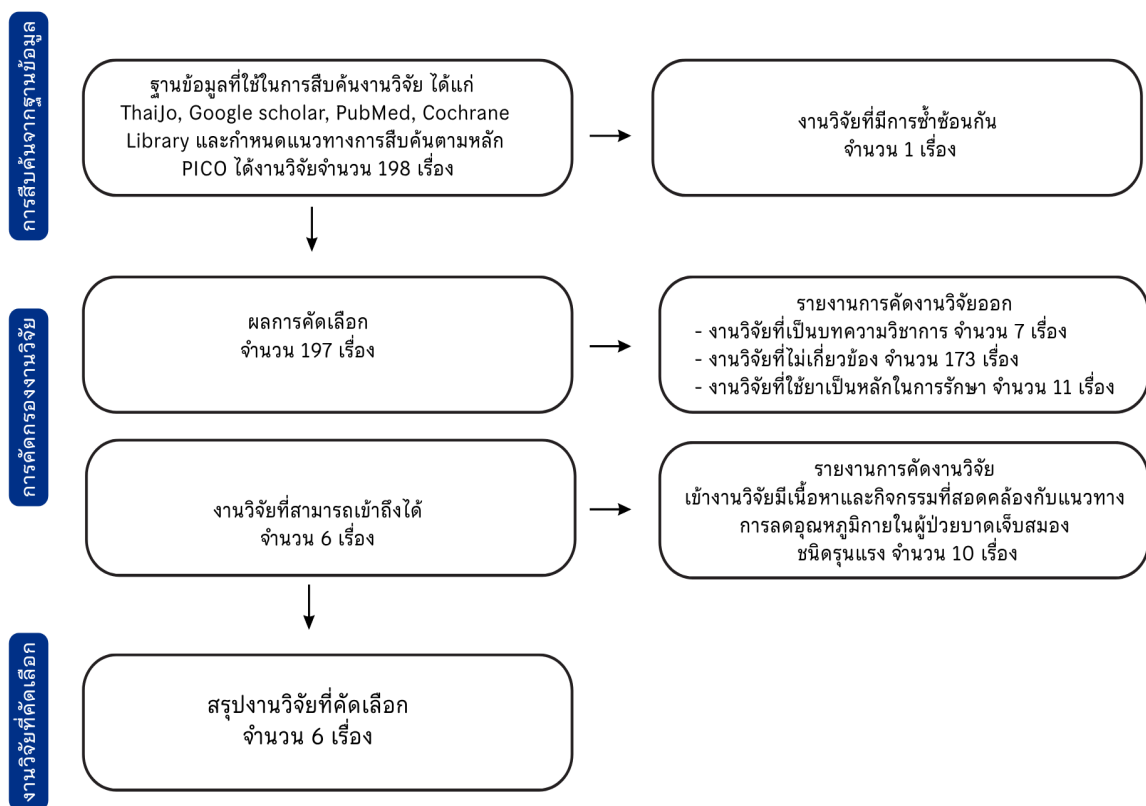
วิธีการ

ดำเนินการสืบค้นงานวิจัยที่มีการเผยแพร่ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2016 - 2025 จากฐานข้อมูล ThaiJo, Google Scholar, PubMed และ Cochrane Library โดยกำหนดแนวทางการสืบค้นตามหลัก PICO ได้แก่ ผู้ป่วยบาดเจ็บสมองชนิดรุนแรง (Population) วิธีการลดอุณหภูมิหรือการควบคุมอุณหภูมิ (Intervention) การเปรียบเทียบวิธีการลดอุณหภูมิ (Comparison) และผลลัพธ์ด้านการควบคุมอุณหภูมิ และผลลัพธ์ทางระบบประสาท (Outcome) คำค้นที่ใช้ ได้แก่ “Traumatic brain injury”, “Severe traumatic brain injury”, “Brain injury”, “Fever management”, “Tepid sponge”, “Cooling blanket”, “Selective brain cooling”, “Targeted temperature management”, “Temperature control” และ “Temperature management” ร่วมกับคำค้นภาษาไทย ได้แก่ “ผู้ป่วยบาดเจ็บสมอง” “วิธีการลดอุณหภูมิ” และ “การควบคุมอุณหภูมิ” โดยใช้ตัวดำเนินการเชิงตรรกะ (Boolean operators) ได้แก่ AND และ OR

กำหนดเกณฑ์การคัดเข้า (Inclusion criteria) เป็นงานวิจัยที่ศึกษาในกลุ่มตัวอย่างผู้ป่วยบาดเจ็บสมองและมีอายุมากกว่า

15 ปี ขึ้นไป งานวิจัยสอดคล้องกับหลักการ PICO ที่กำหนด และสามารถเข้าถึงรายงานการวิจัยได้ ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ผลการสืบค้นพบงานวิจัยจำนวน 198 เรื่อง ภายหลังการคัดกรองตามแนวทาง PRISMA และการประเมินตามเกณฑ์ที่กำหนด คงเหลืองานวิจัยที่ผ่านเกณฑ์จำนวน 6 เรื่อง ประกอบด้วย Systematic review and meta-analysis จำนวน 1 เรื่อง, Randomized controlled trial จำนวน 1 เรื่อง, Quasi-experimental study จำนวน 1 เรื่อง, Umbrella review จำนวน 1 เรื่อง, Systematic literature review and expert consensus จำนวน 1 เรื่อง และ Narrative review/ Expert review จำนวน 1 เรื่อง⁹⁻¹⁴

การประเมินระดับหลักฐานตามแนวทาง The Joanna Briggs Institute (JBI) Levels of Evidence (2014)⁸ พบว่างานวิจัยที่นำมาสังเคราะห์ประกอบด้วยหลักฐานระดับ 1b จำนวน 2 เรื่อง ระดับ 1c จำนวน 1 เรื่อง ระดับ 2c จำนวน 1 เรื่อง ระดับ 5a จำนวน 1 เรื่อง และระดับ 5b จำนวน 1 เรื่อง โดยรายละเอียดการคัดเลือกงานวิจัยแสดงตามแผนภาพ PRISMA flow diagram (ภาพที่ 1) ดังนี้



ภาพ 1 ภาพแสดงขั้นตอนในการคัดเลือกงานวิจัยตามแนวทางของ PRISMA diagram

ตารางที่ 1 หลักฐานเชิงประจักษ์ในการทางการลดอุณหภูมิในผู้ป่วยบาดเจ็บสมอง

ผู้แต่ง/ปี	รูปแบบการวิจัย (ระดับหลักฐาน)	วิธีดำเนินการวิจัย	ผลของงานวิจัย
Rattanawan and Jitpanya (2017) ⁹	Systematic Review/ Meta-analysis of RCTs and other study designs (Level 1b)	การวิจัยเชิงปริมาณแบบ Meta- analysis สืบค้นงานวิจัยและ วิทยานิพนธ์ในประเทศไทย พ.ศ. 2532 - 2556 คัดเลือกงานวิจัย 6 เรื่อง ประเมินคุณภาพด้วย JBI และวิเคราะห์ค่า Effect Size ตามวิธี ของ Glass, McGaw และ Smith	ค่าเฉลี่ย Effect Size รวมเท่ากับ -0.52 แสดงว่าการจัดการภาวะอุณหภูมิสูงช่วย ลดอุณหภูมิร่างกายได้ในระดับ ปานกลาง โดย การให้ความเย็นเฉพาะ ที่บริเวณศีรษะและลำคอ ($d = -0.66$) มีประสิทธิภาพสูงสุด รองลงมาคือการเช็ด ตัวร่วมกับพัดลม ($d = -0.51$) และการ เช็ดตัวด้วยน้ำเย็นร่วมกับพัดลม ($d = -0.41$) สนับสนุนการให้ความเย็น เฉพาะที่เป็นแนวทางการพยาบาลที่มี หลักฐานเชิงประจักษ์ในผู้ป่วยบาดเจ็บ สมองที่มีภาวะอุณหภูมิร่างกายสูง
Baraka et al. (2020) ¹⁰	Quasi-experimental study (Level 2c)	ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการ ศึกษาเป็นกลุ่มผู้ป่วยที่ได้รับบาดเจ็บ สมองและมีภาวะเลือดออกในสมอง มีอุณหภูมิที่วัดจากทวารหนัก 37.5°C ขึ้นไป จำนวน 80 ราย แบ่งเป็น กลุ่ม ทดลองและกลุ่มควบคุม กลุ่มละ 40 ราย ดำเนินการทดลองโดยกลุ่ม ควบคุมได้รับการลดอุณหภูมิโดยวิธี การลดอุณหภูมิโดยการใช้น้ำเย็นล้าง ในกระเพาะอาหาร และกลุ่มทดลอง ใช้การลดอุณหภูมิแบบเฉพาะที่ คือ บริเวณส่วนศีรษะ ลำคอ	การลดอุณหภูมิเฉพาะส่วนสามารถลด อุณหภูมิได้ดีกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับ การลดอุณหภูมิโดยใช้น้ำเย็นล้างใน กระเพาะอาหาร นอกจากนี้ผลลัพธ์ ทางการเปลี่ยนแปลงของระบบประสาท มีผลลัพธ์ที่ดีกว่า เช่น ระดับความรู้สึก ตัว การตอบสนองต่อแสงของรูม่านตา การตอบสนองต่อการกระตุ้นทางระบบ ประสาท
Yin Chen et al. (2023) ¹¹	Randomized Controlled Trial (Level 1c)	ศึกษาผู้ป่วยบาดเจ็บสมองรุนแรง 120 ราย สุ่มเป็น 2 กลุ่ม เปรียบ เทียบการรักษาด้วย Mild Therapeutic Hypothermia กับ Target Temperature Management (TTM) โดยควบคุม อุณหภูมิ $32-35^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 5 วัน และประเมินผลจากคะแนน GCS ผลการรักษา ระดับ oxidative stress และภาวะแทรกซ้อน	กลุ่มที่ได้รับ Target Temperature Management (TTM) มีผลลัพธ์ดี กว่ากลุ่มที่ได้รับ Mild Therapeutic Hypothermia อย่างมีนัยสำคัญ โดย มีคะแนน GCS หลังการรักษาสูงกว่า อัตราความสำเร็จของการรักษาสูงกว่า ระดับสารบ่งชี้ภาวะ Oxidative Stress ลดลงมากกว่า และเกิดภาวะแทรกซ้อน น้อยกว่า แสดงให้เห็นว่าการควบคุม อุณหภูมิอย่างแม่นยำสามารถช่วยลดการ บาดเจ็บของสมองและส่งเสริมการฟื้นตัว ของผู้ป่วยบาดเจ็บสมองรุนแรงได้ดีกว่า การลดอุณหภูมิแบบทั่วไป

ผู้แต่ง/ปี	รูปแบบการวิจัย (ระดับหลักฐาน)	วิธีดำเนินการวิจัย	ผลของงานวิจัย
Lavinio et al. (2024) ¹²	Systematic Literature Review and Expert Consensus (Level 5a)	ดำเนินการทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบเกี่ยวกับการควบคุมอุณหภูมิในผู้ป่วยบาดเจ็บสมอง (TBI) จากนั้นนำหลักฐานเข้าสู่กระบวนการ Modified Delphi โดยผู้เชี่ยวชาญ 18 คน เพื่อพัฒนาข้อเสนอแนะตามหลักฐานเชิงประจักษ์และความเห็นพ้องของผู้เชี่ยวชาญ	ผลการศึกษาพบว่า การดูแลผู้ป่วย TBI ควรมุ่งรักษาอุณหภูมิร่างกายให้อยู่ในเกณฑ์ปกติ (Normothermia 36.0 - 37.5°C) และป้องกันการเกิดไข้เนื่องจากใช้สัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของความดันในกะโหลกศีรษะและผลลัพธ์ทางระบบประสาทที่ไม่พึงประสงค์ โดยแนะนำให้ใช้ยาลดไข้ร่วมกับวิธีลดไข้ทางกายภาพหรืออุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิตามความเหมาะสม ไม่แนะนำให้ใช้ Therapeutic Hypothermia เป็นการรักษามาตรฐานเพื่อเพิ่มผลลัพธ์ทางระบบประสาทหรือลดอัตราการเสียชีวิต แต่สามารถพิจารณาใช้ในผู้ป่วยที่มีภาวะความดันในกะโหลกศีรษะสูง และไม่ตอบสนองต่อการรักษามาตรฐาน พร้อมเฝ้าระวังภาวะแทรกซ้อน เช่น อาการหนาวสั่น การติดเชื้อ ความผิดปกติของอิเล็กโทรไลต์ และภาวะหัวใจเต้นผิดจังหวะ
Ashayeri et al. (2025) ¹³	Umbrella Review (Level 1b)	ศึกษาแบบ Umbrella Review โดยรวบรวมและสังเคราะห์ Systematic Reviews และ Meta-analyses เกี่ยวกับ Therapeutic Hypothermia ในผู้ป่วย TBI พร้อมประเมินคุณภาพงานวิจัยและสรุปผลด้านการเสียชีวิต ผลลัพธ์ทางระบบประสาท และภาวะแทรกซ้อน	การลดอุณหภูมิด้วย Therapeutic Hypothermia (Surface Cooling และ Endovascular Cooling) ช่วยลด ICP ได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่ยังไม่มีความชัดเจนว่าช่วยลดอัตราการเสียชีวิตหรือเพิ่มผลลัพธ์ทางระบบประสาท และอาจเพิ่มความเสี่ยงต่อภาวะแทรกซ้อน จึงควรใช้ในผู้ป่วยที่เหมาะสมเป็นรายกรณี
Rabinstein and Stocchetti (2025) ¹⁴	Narrative Review/Expert Review (Level 5b)	ทบทวนและสังเคราะห์หลักฐานจากงานวิจัยและแนวทางเวชปฏิบัติที่เกี่ยวข้องกับการจัดการอุณหภูมิในผู้ป่วยบาดเจ็บสมอง เปรียบเทียบการจัดการภาวะไข้ การรักษาอุณหภูมิปกติ และการลดอุณหภูมิร่างกาย พร้อมวิเคราะห์ข้อดี ข้อจำกัด และทิศทางการวิจัยในอนาคต โดยไม่มีการเก็บข้อมูลจากผู้ป่วยโดยตรง	ควรควบคุมภาวะไข้โดยรักษาอุณหภูมิให้อยู่ในระดับปกติ (Normothermia) ด้วยการเฝ้าระวังอุณหภูมิ การให้ยาลดไข้ และการใช้มาตรการระบายความร้อนตามข้อบ่งชี้ โดยยังไม่แนะนำให้ใช้ Therapeutic Hypothermia เป็นการรักษามาตรฐาน

ผลการสังเคราะห์

การสังเคราะห์หลักฐานเกี่ยวกับการจัดการอุณหภูมิภายในผู้ป่วยบาดเจ็บสมองชนิดรุนแรง จากวรรณกรรมที่เผยแพร่ระหว่างปี ค.ศ. 2016 - 2025 ประกอบด้วยหลักฐานเชิงประจักษ์จำนวน 6 เรื่อง ได้แก่ การวิเคราะห์ห่อภิณ งานวิจัยเชิงทดลอง งานวิจัย

กึ่งทดลอง และข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ⁹⁻¹⁴ วัตถุประสงค์เพื่อสังเคราะห์วิธีการลดไข้ แนวทางการควบคุมอุณหภูมิ ระยะเวลาการดำเนินการ และประสิทธิผลของวิธีการต่าง ๆ ในผู้ป่วยบาดเจ็บสมองชนิดรุนแรง ซึ่งเป็นกลุ่มผู้ป่วยที่มีความเสี่ยงสูงต่อการเกิด Secondary Brain Injury จากภาวะไข้ การเพิ่มขึ้นของอัตรา

การเผาผลาญของสมอง การเพิ่มการใช้ออกซิเจนของเนื้อสมอง การกระตุ้นกระบวนการอักเสบ และการเพิ่มขึ้นของความดันในกะโหลกศีรษะ¹²⁻¹⁴

กลุ่มตัวอย่างจากงานวิจัยที่นำมาสังเคราะห์ส่วนใหญ่เป็นผู้ป่วยบาดเจ็บสมองชนิดรุนแรงที่มีระดับความรู้สึกตัวต่ำ (Glasgow Coma Scale; GCS ≤ 8) และเข้ารับการรักษามองหผู้ป่วยวิกฤตระบบประสาทหรือหผู้ป่วยวิกฤตคัลยกรรมประสาท โดยผู้ป่วยส่วนใหญ่เป็นเพศชาย มีอายุอยู่ในช่วง 30 - 60 ปี และหลายการศึกษาประกอบด้วยผู้ป่วยที่ได้รับการผ่าตัดเปิดกะโหลกศีรษะเพื่อระบายเลือดออกในสมอง ลดก้อนเลือดหรือควบคุมภาวะความดันในกะโหลกศีรษะสูง ซึ่งเป็นกลุ่มที่จำเป็นต้องได้รับการติดตามและควบคุมอุณหภูมิอย่างใกล้ชิดเพื่อป้องกันการเกิดภาวะแทรกซ้อนทางระบบประสาท^{10 - 14}

การประเมินอุณหภูมิร่างกายในการศึกษาที่นำมาสังเคราะห์มีความแตกต่างกันตามวิธีการวิจัย โดยงานวิจัยในประเทศไทยใช้การวัดอุณหภูมิบริเวณรักแร้เป็นหลัก และกำหนดเกณฑ์เริ่มต้นการลดไข้เมื่ออุณหภูมิร่างกายอยู่ระหว่าง 37.9 - 39.5°C⁹ ขณะที่หลักฐานจากต่างประเทศและข้อเสนอนี้มาจากผู้เชี่ยวชาญสนับสนุนให้ใช้การวัดอุณหภูมิแกนกลางของร่างกาย เช่น การวัดทางทวารหนัก กระเพาะปัสสาวะ หรือหลอดอาหาร เนื่องจากมีความแม่นยำในการสะท้อนอุณหภูมิภายในร่างกายมากกว่า โดยแนะนำให้เริ่มควบคุมอุณหภูมิเมื่ออุณหภูมิแกนกลางสูงกว่า 38.0 - 38.5°C และรักษาระดับอุณหภูมิเป้าหมายให้อยู่ในช่วง 36 - 37.5°C เพื่อป้องกันการผลกระทบจากภาวะไข้ต่อการทำงานของสมอง^{10,12-14}

วิธีการจัดการอุณหภูมิในผู้ป่วยบาดเจ็บสมองชนิดรุนแรงสามารถแบ่งออกเป็น 3 แนวทาง ได้แก่ การลดอุณหภูมิด้วยวิธีทางกายภาพ (Physical Cooling) การควบคุมอุณหภูมิแบบมุ่งเป้าหมาย (Target Temperature Management; TTM) และการรักษาด้วยภาวะอุณหภูมิต่ำ (Therapeutic Hypothermia; TH) โดยการเลือกวิธีขึ้นอยู่กับระดับความรุนแรงของภาวะไข้ ความสามารถในการควบคุมอุณหภูมิ ความดันในกะโหลกศีรษะ และเป้าหมายของการรักษา¹²⁻¹⁴

การลดอุณหภูมิด้วยวิธีทางกายภาพเป็นวิธีที่มีการศึกษามากที่สุด โดยเฉพาะในงานวิจัยของประเทศไทย ซึ่งมีการเปรียบเทียบการใช้มาตรการลดอุณหภูมิ ได้แก่ ผ้าห่มเย็น เสื้อเย็น และ ถุงเจลเย็น ซึ่งควบคุมอุณหภูมิประมาณ 8 - 12°C กับ การเช็ดตัวลดไข้โดยใช้น้ำอุณหภูมิห้องประมาณ 23 - 25°C⁹ ผลการวิเคราะห์ห้ภูมิพบว่า การใช้อุปกรณ์ให้ความเย็นมีประสิทธิภาพในการลดอุณหภูมิร่างกายมากกว่าการเช็ดตัวลดไข้ โดยพบความแตกต่างของการลดอุณหภูมิระหว่างกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากอุปกรณ์ให้ความเย็นสามารถเพิ่มการถ่ายเทความร้อนจากร่างกายผ่านบริเวณที่มีหลอดเลือดจำนวนมาก ได้แก่ ศีรษะ ลำคอ รักแร้ และลำตัว ส่งผลให้สามารถลดอุณหภูมิได้รวดเร็วและคงระดับอุณหภูมิได้ดีกว่า⁹ ระยะเวลาที่ใช้ในการลดอุณหภูมิด้วยวิธีทาง

กายภาพจากงานวิจัยที่สังเคราะห์พบว่าอยู่ระหว่าง 20 - 60 นาที โดยการใช้ถุงเจลเย็นหรือผ้าห่มเย็นส่วนใหญ่ดำเนินการต่อเนื่องประมาณ 60 นาที และประเมินอุณหภูมิซ้ำที่ระยะ 15, 30 และ 60 นาที หลังเริ่มการรักษา ส่วนการใช้เสื้อเย็นดำเนินการประมาณ 20 นาที และติดตามผลที่ 30 และ 60 นาที ขณะที่การเช็ดตัวลดไข้ใช้ระยะเวลาประมาณ 20 - 30 นาที ผลการศึกษาพบว่าอุณหภูมิร่างกายเริ่มลดลงภายใน 15 - 30 นาที และสามารถเข้าสู่ระดับเป้าหมายภายใน 30 - 60 นาที โดยกลุ่มที่ได้รับการอุปกรณ์ให้ความเย็นมีแนวโน้มลดอุณหภูมิได้รวดเร็วกว่าและมีประสิทธิภาพมากกว่ากลุ่มควบคุม⁹ สำหรับการลดอุณหภูมิสมองเฉพาะที่ (Selective Brain Cooling; SBC) Baraka และคณะ¹⁰ ศึกษาเปรียบเทียบการใช้ความเย็นเฉพาะบริเวณศีรษะและลำคอกับการลดอุณหภูมิแกนกลางของร่างกาย (Core Cooling) ในผู้ป่วยบาดเจ็บสมองชนิดรุนแรง โดยกลุ่ม SBC ได้รับการให้ความเย็นบริเวณศีรษะและลำคอครั้งละ 2 ชั่วโมง วันละ 2 ครั้ง รวมระยะเวลาประมาณ 240 นาทีต่อวัน ส่วนกลุ่มควบคุมได้รับการลดอุณหภูมิด้วยสารน้ำเย็นทางหลอดเลือดดำร่วมกับการล้างกระเพาะอาหารด้วยน้ำเย็น ผลการศึกษาพบว่า กลุ่ม SBC สามารถลดอุณหภูมิถึงระดับเป้าหมายได้เร็วกว่า มีความคงที่ของอุณหภูมิสูงกว่า และมีผลลัพธ์ทางระบบประสาทที่ดีกว่ากลุ่ม Core Cooling อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)¹⁰

ในส่วนของการควบคุมอุณหภูมิแบบมุ่งเป้าหมาย (Target Temperature Management; TTM) หลักฐานปัจจุบันมีแนวโน้มสนับสนุนการรักษาภาวะอุณหภูมิปกติ (Targeted Normothermia) มากกว่าการทำให้เกิดภาวะอุณหภูมิต่ำในผู้ป่วยทุกราย โดย Chen และคณะ¹¹ พบว่า TTM มีส่วนช่วยลดกระบวนการอักเสบ ลดภาวะเครียดจากออกซิเดชัน (Oxidative Stress) และส่งเสริมกลไกการปกป้องเซลล์สมอง ทั้งนี้ ประสิทธิภาพจะขึ้นอยู่กับความสามารถในการควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในช่วงเป้าหมายอย่างต่อเนื่องและการเลือกผู้ป่วยที่เหมาะสม¹¹ ข้อเสนอนี้มาจากสมาคมเวชศาสตร์ผู้ป่วยวิกฤตแห่งยุโรป (ESICM) และสมาคมวิสัญญีประสาทและเวชบำบัดผู้ป่วยวิกฤต (NACCS) แนะนำให้เริ่มการควบคุมอุณหภูมิทันทีเมื่ออุณหภูมิแกนกลางสูงกว่า 38°C โดยใช้อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิที่สามารถปรับระดับความเย็นได้อย่างแม่นยำ ติดตามอุณหภูมิทุก 15 - 30 นาทีในระยะเริ่มต้น และเมื่ออุณหภูมิเข้าสู่เป้าหมายแล้วควรติดตามอย่างน้อยทุก 1 ชั่วโมง ทั้งนี้ควรรักษาระดับอุณหภูมิให้อยู่ในช่วง 36 - 37.5°C ต่อเนื่องประมาณ 24 - 72 ชั่วโมง ในผู้ป่วยที่มีไข้ต่อเนื่องหรือมีภาวะความดันในกะโหลกศีรษะสูงตามข้อบ่งชี้ทางคลินิก¹²

สำหรับการรักษาด้วย Therapeutic Hypothermia ถึงแม้ว่าจะสามารถลดความดันในกะโหลกศีรษะได้อย่างมีประสิทธิภาพในผู้ป่วยที่มี ICP สูง แต่หลักฐานปัจจุบันยังไม่สนับสนุนให้ใช้เป็นมาตรฐานในผู้ป่วยบาดเจ็บสมองชนิดรุนแรงทุกราย เนื่องจากยังไม่พบความแตกต่างอย่างชัดเจนด้านอัตรา

การเสียชีวิตและผลลัพธ์ทางระบบประสาทระยะยาว¹³⁻¹⁴ โดยการดำเนินการ ประกอบด้วย 3 ระยะ ได้แก่ ระยะเหนี่ยวนำ (Induction phase) ลดอุณหภูมิลงสู่ระดับเป้าหมายประมาณ 32 - 35°C ภายใน 2 - 6 ชั่วโมง ระยะคงอุณหภูมิ (Maintenance phase) รักษาระดับอุณหภูมิเป้าหมายประมาณ 24 - 72 ชั่วโมง และระยะเพิ่มอุณหภูมิ (Rewarming phase) เพิ่มอุณหภูมิอย่างช้า ๆ ในอัตรา 0.25 - 0.5°C ต่อชั่วโมง เพื่อลดความเสี่ยงต่อการเพิ่มขึ้นของ ICP และภาวะแทรกซ้อนจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว¹²⁻¹⁴

ภาวะแทรกซ้อนที่พบจากการควบคุมอุณหภูมิ ได้แก่ อาการหนาวสั่น (Shivering) ภาวะหัวใจเต้นผิดจังหวะ ความผิดปกติของอิเล็กโทรไลต์ การติดเชื้อ ความผิดปกติของการแข็งตัวของเลือด และการบาดเจ็บของผิวหนังจากอุปกรณ์ทำความเย็น ดังนั้น ผู้ป่วยที่ได้รับการควบคุมอุณหภูมิควรได้รับการติดตามคลื่นไฟฟ้าหัวใจ ประเมินระดับอิเล็กโทรไลต์ เฝ้าระวังอาการหนาวสั่น และตรวจประเมินผิวหนังอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาการรักษา^{10,12-14}

อภิปรายผลการสังเคราะห์

การศึกษาที่นำมาสังเคราะห์ทั้งหมดมีวัตถุประสงค์เพื่อทบทวนหลักฐานเชิงประจักษ์เกี่ยวกับแนวทางการลดอุณหภูมิภายในผู้ป่วยบาดเจ็บสมอง โดยผลการสังเคราะห์จากงานวิจัยแสดงให้เห็นว่า การควบคุมอุณหภูมิเป็นองค์ประกอบสำคัญของการป้องกันการบาดเจ็บสมองระยะทุติยภูมิ เนื่องจากภายหลังจากการบาดเจ็บรุนแรง สมองจะเกิดความผิดปกติของกลไกการรักษาสมดุลภายใน ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของการไหลเวียนเลือดสมอง การสูญเสียความสมบูรณ์ของ blood-brain barrier และการกระตุ้นกระบวนการอักเสบภายในระบบประสาทส่วนกลาง ทำให้มีการหลั่งสารก่อการอักเสบ เช่น interleukin-1 β , interleukin-6 และ tumor necrosis factor- α ซึ่งกระตุ้นการสร้าง prostaglandin E₂ ที่ hypothalamus ส่งผลให้จุดควบคุมอุณหภูมิของร่างกายสูงขึ้นและเกิดภาวะไข้จากระบบประสาทส่วนกลาง (central hyperthermia) ภาวะดังกล่าวทำให้เกิดอัตราการเผาผลาญของสมอง ความต้องการออกซิเจน และการใช้พลังงานของเซลล์ประสาทเพิ่มขึ้น ส่งผลให้การบาดเจ็บของสมองลุกลามมากขึ้นและเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิด Secondary Brain Injury¹³⁻⁵

ผลการสังเคราะห์ยังแสดงให้เห็นว่า การลดอุณหภูมิสามารถยับยั้งกลไกการบาดเจ็บดังกล่าวได้ โดยเฉพาะการลดอัตราการเผาผลาญของสมอง ลดการใช้ออกซิเจน ลดการหลั่งสารก่อการอักเสบ และช่วยควบคุมความดันในกะโหลกศีรษะ ซึ่งเป็นเป้าหมายสำคัญของการดูแลผู้ป่วยบาดเจ็บสมองระยะวิกฤติ การลดอุณหภูมิสามารถลด cerebral metabolic rate ได้ประมาณร้อยละ 5 - 7 ต่อการลดอุณหภูมิร่างกาย 1 องศาเซลเซียส ส่งผลให้สมดุลระหว่างการใช้ออกซิเจนและการ

ไหลเวียนเลือดสมองดีขึ้น รวมทั้งช่วยรักษา cerebral perfusion pressure และลดการเกิด secondary brain injury แม้ว่าหลักฐานเกี่ยวกับการลดอัตราการเสียชีวิตและผลลัพธ์ทางระบบประสาทในระยะยาวยังไม่สอดคล้องกันทั้งหมด^{13-14,16}

เมื่อพิจารณาวิธีการลดอุณหภูมิ พบว่า หลักฐานเชิงประจักษ์สนับสนุนให้ใช้การลดอุณหภูมิเฉพาะที่ (localized หรือ selective brain cooling) มากกว่าการลดอุณหภูมิทั้งร่างกาย เนื่องจากสามารถลดอุณหภูมิของสมองได้โดยตรงผ่านการถ่ายเทความร้อนบริเวณศีรษะและลำคอ โดยไม่ส่งผลต่อระบบไหลเวียนโลหิตของร่างกายมากนัก ลดการกระตุ้นระบบประสาทซิมพาเทติก และลดโอกาสเกิดภาวะแทรกซ้อนจากการลดอุณหภูมิทั้งร่างกาย เช่น อาการสั่น ความผิดปกติของการแข็งตัวของเลือด และการติดเชื้อ^{10,12,14-16}

สำหรับการปฏิบัติการพยาบาล ผลการสังเคราะห์หลักฐานเชิงประจักษ์สนับสนุนให้พยาบาลมีบทบาทสำคัญในการเฝ้าระวังอุณหภูมิร่างกายอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะในช่วง 72 ชั่วโมงแรกหลังได้รับบาดเจ็บ ซึ่งเป็นระยะที่มีโอกาสเกิด secondary brain injury สูงที่สุด รวมทั้งประเมินภาวะความดันในกะโหลกศีรษะ เลือกใช้วิธีลดไข้ที่เหมาะสม และเฝ้าระวังภาวะแทรกซ้อนจากการลดอุณหภูมิ สอดคล้องกับแนวปฏิบัติทางการพยาบาลของประเทศไทยที่เน้นการควบคุมไข้ตั้งแต่ระยะแรกและเลือกใช้วิธีการลดไข้ตามระดับความรุนแรงของผู้ป่วย^{2,6-8}

โดยสรุปหลักฐานเชิงประจักษ์จากการสังเคราะห์ร่วมกัน องค์ความรู้ในปัจจุบันสนับสนุนว่า การควบคุมอุณหภูมิ เป็นองค์ประกอบสำคัญของการดูแลผู้ป่วยบาดเจ็บสมอง และการลดอุณหภูมิเฉพาะที่ เช่น หมวกเย็น เสื้อเย็น หรืออุปกรณ์ทำความเย็นบริเวณศีรษะและลำคอ มีแนวโน้มให้ประสิทธิผลและความปลอดภัยเหนือกว่าวิธีลดอุณหภูมิทั้งร่างกายในด้านการลดไข้ การควบคุม ICP และการลดการบาดเจ็บสมองระยะทุติยภูมิ

ข้อเสนอแนะ

จากผลการทบทวนหลักฐานเชิงประจักษ์ครั้งนี้ มีข้อเสนอแนะสำหรับการนำไปใช้ในการปฏิบัติ การบริหาร และการวิจัยในอนาคต ดังนี้

ด้านการปฏิบัติการพยาบาล ควรส่งเสริมการใช้แนวทางการลดอุณหภูมิภายในผู้ป่วยบาดเจ็บสมองที่อ้างอิงหลักฐานเชิงประจักษ์ โดยเฉพาะการลดอุณหภูมิเฉพาะที่บริเวณศีรษะและลำคอในผู้ป่วยบาดเจ็บสมอง ซึ่งเป็นวิธีที่มีประสิทธิผลและมีความเสี่ยงต่ำ

ด้านการบริหารและการพัฒนาคุณภาพการพยาบาล ควรส่งเสริมการพัฒนาแนวปฏิบัติหรือคู่มือในการลดอุณหภูมิภายในผู้ป่วยบาดเจ็บสมองให้เป็นแนวทางเดียวกัน เพื่อเพิ่มคุณภาพการดูแลการสอดคล้องกับการใช้หลักฐานเชิงประจักษ์

ด้านการศึกษาวิจัย ควรมีการศึกษาวิจัยเชิงทดลอง โดยเฉพาะการเปรียบเทียบประสิทธิผลและความปลอดภัยของวิธีการลดอุณหภูมิต่าง ๆ รวมถึงผลลัพธ์ระยะยาวของผู้ป่วย

เอกสารอ้างอิง

1. Maldonado KA, Alsayouri K. Physiology, brain. In: StatPearls. StatPearls Publishing; 2023. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK551718/>. Accessed December 1, 2025.
2. Lumprom O, Songwathana P. Evidence-based fever management in patients with traumatic brain injury: a case study. *J Res Nurs Midwifery Health Sci*. 2017;37(4):147-156. <https://he02.tci-thaijo.org/index.php/nur-psu/article/view/107746>
3. Mele C, Pingue V, Caputo M, et al. Neuro-inflammation and hypothalamo-pituitary dysfunction: focus on traumatic brain injury. *Int J Mol Sci*. 2021;22(5):2686. doi:10.3390/ijms22052686
4. Mrozek S, Vardon F, Geeraerts T. Brain temperature: physiology and pathophysiology after brain injury. *Anesthesiol Res Pract*. 2012;2012:989487. doi:10.1155/2012/989487
5. Walter EJ, Carraretto M. The neurological and cognitive consequences of hyperthermia. *Crit Care*. 2016;20(1):199. doi:10.1186/s13054-016-1376-4
6. Somgit W, Phutthikhamin N. Fever management within the first 72 hours in patients with severe traumatic brain injury. *Mahasarakham Hosp J*. 2019;15(2):154-163. <https://he02.tci-thaijo.org/index.php/MKHJ/article/view/204913>
7. Jindaperm W, Kuawiriyapan S, Tubtimtong P. Development of clinical nursing practice guidelines for management of fever in trauma patients. *Thai J Nurs Midwifery Pract*. 2018;5(1):127-135. <https://he02.tci-thaijo.org/index.php/apnj/article/view/131611>
8. The Joanna Briggs Institute. *Reviewers' Manual: 2014 Edition*. Solito Fine Colour Printers; 2014. <http://www.joannabriggs.org/assets/docs/sumari/reviewersmanual-2014.pdf>. Accessed May 1, 2022
9. Rattanawan P, Jitpanya C. Hyperthermia management in traumatic brain injury patients: a meta-analysis. *Royal Thai Navy Medical Journal*. 2017;44(1):33-48. <https://he01.tci-thaijo.org/index.php/nmdjournal/article/view/113996>
10. Baraka AAE, Hassan EA, El-Soussi AH, Mohamed HE. Effect of selective brain cooling versus core cooling on achieving target temperature among patients with severe traumatic brain injury. *Int J Afr Nurs Sci*. 2020;13:100209. doi:10.1016/j.ijans.2020.100209
11. Chen Y, Zhang X, Li Y, Wang H, Liu J. Target temperature management and therapeutic hypothermia in severe neuroprotection for traumatic brain injury: Clinical value and effect on oxidative stress. *Medicine (Baltimore)*. 2023;102(10):e32921. doi:10.1097/MD.00000000000032921
12. Lavinio A, Coles JP, Robba C, Aries M, Bouzat P, Chean D, et al. Targeted temperature control following traumatic brain injury: ESICM/NACCS best practice consensus recommendations. *Crit Care*. 2024;28(1):170. doi:10.1186/s13054-024-04951-x.
13. Ashayeri H, Balafar M, Ebrahimi A, Soleimanpour H, Hajipoor-Kashgsaray N, Shahsavarinia K, et al. Therapeutic hypothermia in patients with traumatic brain injury: an umbrella review. *BMC Neurol*. 2025;25:440. doi:10.1186/s12883-025-04463-3.
14. Rabinstein AA, Stocchetti N. Temperature management after traumatic brain injury. *Expert Rev Neurother*. 2025. doi:10.1080/17434440.2025.2537393.
15. Hong JM, Choi ES, Park SY. Selective brain cooling: a new horizon of neuroprotection. *Front Neurol*. 2022;13:873165. doi:10.3389/fneur.2022.873165
16. Kawakita K, Shishido H, Kuroda Y. Review of temperature management in traumatic brain injuries. *J Clin Med*. 2024;13(7):2144. doi:10.3390/jcm13072144

การอ้างอิง

จรรณทรัพย์ วิธูระ, ภูมิินทร์ ดวงสุริยะ, ณัฐชนก เกินบุรินทร์, สุนิศา สุธรรมปวง. แนวทางการลดอุณหภูมิในผู้ป่วยบาดเจ็บสมอง ภายใต้หลักฐานเชิงประจักษ์. *วารสารวิชาการราชวิทยาลัยจุฬาภรณ์*. 2569; 8(4): 326-334. <https://he02.tci-thaijo.org/index.php/jcra/article/view/279548>

Witura J, Doungsuriya P, Thoenburin N, Suthampuang S. Evidence-Based Approaches to Temperature Management in Patients with Traumatic Brain Injury. *J Chulabhorn Royal Acad*. 2026; 8(4): 326-334. <https://he02.tci-thaijo.org/index.php/jcra/article/view/279548>.

Online Access

<https://he02.tci-thaijo.org/index.php/jcra/article/view/279548>



Research article

การออกแบบกรอบการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกระบวนการทำให้ปราศจากเชื้อ
ในหน่วยงานจ่ายกลางและทำให้ปราศจากเชื้อ

A Process-Based Framework to Calculate the Carbon Footprint of Sterile
Processing in Central Sterile Supply Departments

วิทยา ชาญชัย^{1*}, โสภาสินี จิตจรุรัตนมณี², กัตติกา สุขวัลย์³
Withaya Chanchai^{1*}, Sobhasinee Chitrachulrattanamane²,
Kattika Sukaval³

¹ภาควิชาสาธารณสุขศาสตร์ สาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย

คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม

²งานเวชภัณฑ์ปลอดเชื้อ โรงพยาบาลรามธิบดีจักรีนฤเบดินทร์

สถาบันการแพทย์จักรีนฤเบดินทร์ คณะแพทยศาสตร์โรงพยาบาลรามธิบดี มหาวิทยาลัยมหิดล

³ศูนย์การเรียนรู้และนวัตกรรมทางการแพทย์เฮลท์เมดิค

¹Department of Public Health, Major in Occupational Health and Safety,

Faculty of Medicine, Siam University

²Central Sterile Supply Department,

Ramadhibodi Chakri Naruebodindra Hospital Chakri Naruebodindra Medical Institute

Faculty of Medicine Ramathibodi Hospital Mahidol University

³Center for Biomedical Innovation, Healthmedic Innovation Academy

*Corresponding Author, email: withaya.cha@siam.edu

Received: 20 February 2026; Revised: 21 April 2026; Accepted: 20 May 2026

บทคัดย่อ

ความเป็นมาและวัตถุประสงค์: หน่วยจ่ายกลางและทำให้ปราศจากเชื้อเป็นระบบสนับสนุนสำคัญของการผ่าตัดและหัตถการที่ใช้เครื่องมือแพทย์แบบใช้ซ้ำ โดยมีการใช้พลังงาน น้ำ วัสดุบรรจุภัณฑ์ และก่อให้เกิดของเสียอย่างต่อเนื่อง อย่างไรก็ตาม โรงพยาบาลส่วนใหญ่ยังขาดกรอบการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่เชื่อมโยงกับการปฏิบัติงานจริงและแปลงผลลัพธ์เป็นตัวชี้วัดที่ใช้ตัดสินใจได้ บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอกรอบการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกระบวนการทำให้ปราศจากเชื้อในหน่วยจ่ายกลาง โดยบูรณาการมิติคุณภาพ ความปลอดภัยในการทำงาน และความยั่งยืน **วิธีการศึกษา:** บทความวิชาการเชิงสังเคราะห์และเชิงวิวิธวิทยา โดยพัฒนากรอบการคำนวณจากแนวคิดการทำบัญชีคาร์บอนเชิงกระบวนการและการประเมินวงจรชีวิต ครอบคลุม 7 ขั้นตอน ได้แก่ การกำหนดขอบเขตและหน่วยหน้าที่ การจัดทำฐานข้อมูลชุดเครื่องมือ การเก็บข้อมูลกิจกรรมรายวันของเครื่องล่างและเครื่องนั่ง การคำนวณคาร์บอนต่อรอบเครื่องจากข้อมูลกิจกรรมและปัจจัยการปล่อย การจัดสรรคาร์บอนสู่ระดับชุดและเครื่องมือรายชิ้น การรวมผลกระทบจากระบบหล่อหุ้มปราศจากเชื้อและการจัดการของเสีย และการเชื่อมโยงผลลัพธ์สู่ระดับเคลผ่าตัด **ผลการศึกษา:** กรอบที่เสนอทำให้คาร์บอนต่อรอบเครื่องเป็นค่าตั้งต้นที่ตรวจสอบได้ และสามารถจัดสรรเป็นคาร์บอนต่อชุด ต่อเครื่องมือ และต่อเคลผ่าตัด ตัวชี้วัดดังกล่าวสะท้อนประสิทธิภาพการใช้ความจุเครื่อง การทำซ้ำจากเหตุการณ์คุณภาพ การเลือกบรรจุภัณฑ์ และเส้นทางการจัดการของเสีย พร้อมกำหนดจุดควบคุมคุณภาพในแต่ละขั้นตอนเพื่อลดความเสี่ยงต่อความปลอดภัยของผู้ป่วยและบุคลากร **สรุป:** กรอบการคำนวณนี้เป็นเครื่องมือเชิงระบบสำหรับหน่วยจ่ายกลางที่ทำซ้ำได้ โปร่งใส และใช้สนับสนุนการตัดสินใจด้านคุณภาพ ความปลอดภัย และความยั่งยืน ทั้งยังเป็นฐานสำหรับการทดสอบในระบบงานจริงและการพัฒนาคาร์บอนอ้างอิงของโรงพยาบาลต่อไป

คำสำคัญ: คาร์บอนฟุตพริ้นท์, หน่วยจ่ายกลางและทำให้ปราศจากเชื้อ, ระบบหล่อหุ้มปราศจากเชื้อ, การทำให้ปราศจากเชื้อ, ความยั่งยืน

Abstract

Background and Purpose: Central sterile supply departments are essential to surgical and procedural services using reusable medical devices. Their workflows consume energy, water, and packaging materials, continuously generating waste. However, practical frameworks for calculating carbon footprints from routine sterile processing activities and translating them into decision-ready indicators remain limited. This article proposes a process-based framework for calculating the carbon footprint of sterile processing in central sterile supply departments, integrating quality management, occupational safety, and sustainability. **Methods:** This methodological academic article synthesized relevant evidence and developed a seven-step framework based on process-based carbon accounting and life-cycle thinking. The steps include defining system boundaries and functional units; developing an instrument set database; collecting daily activity data for washer-disinfectors and steam sterilizers; calculating per-cycle emissions from activity data and emission factors; allocating emissions to instrument sets and individual instruments; incorporating sterile barrier systems and waste-management pathways; and linking the results to surgical case-level indicators. **Results:** The proposed framework establishes per-cycle emissions as an auditable starting point and converts them into per-set, per-instrument, and per-case indicators. These indicators reflect machine capacity utilization, quality-related reprocessing, packaging choices, and waste-management pathways. Quality control points are embedded in each step to support carbon reduction without compromising patient safety, infection prevention, or occupational safety. **Conclusions:** The framework provides a transparent and repeatable management tool for central sterile supply departments. It can support integrated decision-making on quality, safety, and sustainability, and can serve as a basis for field testing and the development of hospital-specific carbon reference values.

Keywords: Carbon footprint, Central sterile supply department, Sterile barrier system, Sterile processing, Sustainability

บทนำ (Introduction)

ระบบบริการสุขภาพเป็นภาคส่วนที่ใช้ทรัพยากร พลังงาน วัสดุทางการแพทย์ และระบบโลจิสติกส์อย่างต่อเนื่อง ตั้งแต่การผลิตและจัดหาเวชภัณฑ์ การใช้ในกระบวนการรักษา ไปจนถึงการจัดการของเสียภายหลังการใช้งาน หลักฐานเชิงประจักษ์ในช่วงที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่า กิจกรรมทางการแพทย์มีส่วนต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งในระดับประเทศและระดับโลก โดยเฉพาะบริการผ่าตัดและหัตถการที่มีการใช้เครื่องมือแพทย์จำนวนมาก ดังนั้น การลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของระบบสุขภาพจึงเป็นประเด็นสำคัญที่ต้องดำเนินการควบคู่กับการรักษาคุณภาพการดูแล ความปลอดภัยของผู้ป่วย และมาตรฐานการควบคุมการติดเชื้อ¹⁻³

หน่วยจ่ายกลางและทำให้ปราศจากเชื้อ หรือ Central Sterile Supply Department (CSSD) เป็นหน่วยงานสนับสนุนหลักของโรงพยาบาลที่มีบทบาทโดยตรงต่อความปลอดภัยของการผ่าตัดและหัตถการ หน่วยงานนี้รับผิดชอบการรับคืนเครื่องมือปนเปื้อน การล้าง การตรวจสอบ การบรรจุ การทำให้ปราศจากเชื้อ การจัดเก็บ และการกระจายเครื่องมือแพทย์แบบใช้ซ้ำ กระบวนการดังกล่าวมีการใช้ไฟฟ้า น้ำ ไอน้ำ สารเคมี วัสดุบรรจุภัณฑ์ และก่อให้เกิดของเสียอย่างต่อเนื่อง จึงเป็นพื้นที่สำคัญที่สามารถพัฒนาระบบข้อมูลเพื่อประเมินและ

ลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของโรงพยาบาลได้อย่างเป็นรูปธรรม โดยงานวิจัยด้านการประเมินวงจรชีวิตของเครื่องมือแพทย์ชี้ให้เห็นว่า กระบวนการทำให้ปราศจากเชื้อ โดยเฉพาะการนึ่งฆ่าเชื้อด้วยไอน้ำ เป็นหนึ่งในแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำคัญของการใช้เครื่องมือแพทย์แบบใช้ซ้ำ⁴⁻⁵ แม้เครื่องมือแบบใช้ซ้ำมักถูกมองว่าเป็นทางเลือกที่ยั่งยืนกว่าเครื่องมือแบบใช้ครั้งเดียว แต่ความได้เปรียบด้านสิ่งแวดล้อมของเครื่องมือแบบใช้ซ้ำขึ้นกับประสิทธิภาพของระบบรีไซเคิลเป็นสำคัญ ปัจจัยที่มีผลต่อการคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ได้แก่ พลังงานที่ใช้ผลิตไอน้ำ การใช้น้ำและไฟฟ้าในการล้าง ประสิทธิภาพการใช้ความจุของเครื่องล้างและเครื่องนึ่ง จำนวนชุดเครื่องมือในแต่ละรอบการบรรจุเวชภัณฑ์ และเส้นทางการจัดการของเสีย⁵⁻⁷ การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในหน่วยจ่ายกลางจึงไม่ควรพิจารณาเฉพาะเครื่องล้างหรือเครื่องนึ่งเป็นรายอุปกรณ์เท่านั้น แต่ควรมองทั้งกระบวนการตั้งแต่เครื่องมือเข้าสู่หน่วยจ่ายกลางจนถึงการส่งมอบเวชภัณฑ์ปราศจากเชื้อพร้อมใช้ การใช้ความจุของเครื่องในแต่ละรอบมีผลโดยตรงต่อการปล่อยชุดเครื่องมือหากจำนวนชุดในรอบเครื่องน้อย คาร์บอนต่อชุดจะสูงขึ้นแม้การใช้พลังงานต่อรอบเครื่องจะใกล้เคียงเดิม นอกจากนี้ การแยกเครื่องมือออกจากชุดมาตรฐานเพื่อลดจำนวนเครื่องมือที่ไม่บ่อย อาจทำให้เกิดการบรรจุแยกชิ้นและผ่านกระบวนการทำให้ปราศจากเชื้อเพิ่มเติมส่งผลให้การ

ใช้ทรัพยากรต่อเครื่องมือหนึ่งชิ้นสูงขึ้นโดยไม่ตั้งใจ⁵

ระบบห่อหุ้มปราศจากเชื้อ หรือ sterile barrier system (SBS) เป็นอีกองค์ประกอบสำคัญที่มีผลต่อคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของหน่วยจ่ายกลาง เนื่องจากเกี่ยวข้องทั้งการเลือกวัสดุบรรจุภัณฑ์การคงสภาพความปราศจากเชื้อ การเกิดของเสีย และวิธีการจัดการของเสียหลังใช้งาน การเลือกใช้วัสดุและเส้นทางการกำจัด เช่น การเผา การจัดการเป็นขยะติดเชื้อ หรือการคัดแยกเพื่อรีไซเคิลในกรณีที่เหมาะสม สามารถทำให้คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของเวชภัณฑ์ปราศจากเชื้อแตกต่างกันได้อย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตาม การลดคาร์บอนจากบรรจุภัณฑ์ต้องไม่เพิ่มความเสียหายต่อห่อหุ้ม วัสดุ ความชื้นตกค้าง การปนเปื้อน หรือการสูญเสียความคงสภาพความปราศจากเชื้อ^{5,8} นอกจากนี้มิติสิ่งแวดล้อมแล้ว หน่วยจ่ายกลางยังเป็นพื้นที่ปฏิบัติงานที่มีความเสี่ยงด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัย บุคลากรอาจสัมผัสความร้อน ไอน้ำแรงดันสูง สารเคมี ของมีคม การยกเคลื่อนย้ายของหนัก และการทำงานซ้ำภายใต้ข้อจำกัดด้านเวลา การออกแบบระบบที่ลดรอบเครื่องมือที่ไม่จำเป็น ลดการทำซ้ำจากข้อผิดพลาดด้านคุณภาพ และเพิ่มความสม่ำเสมอของกระบวนการ จึงมีศักยภาพในการลดทั้งคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ภาระงาน และความเสี่ยงต่อบุคลากรไปพร้อมกัน

แม้ปัจจุบันมีงานวิจัยจำนวนมากเกี่ยวกับคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของเครื่องมือแพทย์ การเปรียบเทียบเครื่องมือแบบใช้ซ้ำกับแบบใช้ครั้งเดียว และผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของกระบวนการทำให้ปราศจากเชื้อ แต่ยังมีช่องว่างขององค์ความรู้ในการแปลงข้อมูลเหล่านี้เป็นกรอบการคำนวณที่ใช้ได้จริงในระดับหน่วยงาน โดยเฉพาะกรอบที่เชื่อมโยงข้อมูลการทำงานประจำของหน่วยจ่ายกลางกับตัวชี้วัดที่ใช้ตัดสินใจได้ เช่น กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อชุดเครื่องมือ ต่อเครื่องมือหนึ่งชิ้นและต่อเคสผ่าตัด ช่องว่างดังกล่าวมีความสำคัญต่อโรงพยาบาลที่ต้องการขับเคลื่อนนโยบายความยั่งยืน แต่ยังมีข้อจำกัดด้านข้อมูล บุคลากร และระบบสารสนเทศ⁵⁻¹⁴ บทความนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอกรอบการออกแบบการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกระบวนการทำให้ปราศจากเชื้อในหน่วยจ่ายกลาง โดยสังเคราะห์หลักฐานด้านเวชภัณฑ์ปราศจากเชื้อ การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ การบริหารคุณภาพ และความปลอดภัยในการทำงาน¹⁵⁻¹⁷ เพื่อพัฒนาแนวทางที่สามารถประยุกต์ใช้กับบริบทโรงพยาบาลไทย กรอบดังกล่าวมุ่งให้หน่วยจ่ายกลางสามารถใช้ข้อมูลการปฏิบัติงานประจำในการคำนวณ วิเคราะห์ และสื่อสารผลลัพธ์อย่างเป็นระบบ โดยยังคงหลักสำคัญว่า การลดคาร์บอนต้องไม่ลดทอนความปลอดภัยของผู้ป่วย คุณภาพของเวชภัณฑ์ปราศจากเชื้อ หรือความปลอดภัยของบุคลากร^{1-3,18}

วิธีการศึกษา

บทความนี้เป็นบทความวิชาการเชิงสังเคราะห์และเชิงวิธีวิทยา มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนารอบการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกระบวนการทำให้ปราศจากเชื้อในหน่วยจ่ายกลาง และทำให้ปราศจากเชื้อ โดยอาศัยแนวคิดการทำบัญชีคาร์บอนเชิงกระบวนการ การประเมินวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ และการบริหารคุณภาพในงานเวชภัณฑ์ปราศจากเชื้อเป็นฐานในการออกแบบกรอบที่พัฒนาขึ้นมุ่งให้สามารถใช้ข้อมูลจากงานประจำของหน่วยจ่ายกลาง ได้แก่ จำนวนรอบเครื่องล่าง จำนวนรอบเครื่องมือหนึ่งจำนวนชุดเครื่องมือที่ผ่านกระบวนการ วัสดุบรรจุภัณฑ์ และข้อมูลการจัดการของเสีย มาแปลงเป็นตัวชี้วัดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่ใช้ตัดสินใจได้ในระดับชุดเครื่องมือ เครื่องมือรายชิ้น และเคสผ่าตัด โดยการศึกษาเริ่มจากการทบทวนและสังเคราะห์เอกสารวิชาการที่เกี่ยวข้องกับคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของระบบบริการสุขภาพ การประเมินวงจรชีวิตของเครื่องมือแพทย์การเปรียบเทียบเครื่องมือแพทย์แบบใช้ซ้ำกับแบบใช้ครั้งเดียว การทำให้ปราศจากเชื้อด้วยไอน้ำ ระบบห่อหุ้มปราศจากเชื้อและการจัดการของเสียจากกระบวนการทำให้ปราศจากเชื้อจากนั้นนำหลักฐานที่ได้มาวิเคราะห์ร่วมกับลำดับงานจริงของหน่วยจ่ายกลาง เพื่อกำหนดขอบเขตของระบบตัวแปรที่ต้องเก็บข้อมูล วิธีการจัดสรรคาร์บอนและจุดควบคุมคุณภาพในแต่ละขั้นตอน ซึ่งขอบเขตของกรอบการคำนวณกำหนดให้เริ่มตั้งแต่เครื่องมือแพทย์ปนเปื้อนเข้าสู่กระบวนการของหน่วยจ่ายกลาง และสิ้นสุดเมื่อเวชภัณฑ์ปราศจากเชื้อถูกส่งออกจากหน่วยงานพร้อมใช้งาน กิจกรรมที่รวมอยู่ในขอบเขต ได้แก่ การล้างด้วยเครื่องล่าง การทำให้แห้ง การบรรจุด้วยระบบห่อหุ้มปราศจากเชื้อ การนึ่งฆ่าเชื้อด้วยไอน้ำ การจัดเก็บ การขนย้ายภายในหน่วยงาน และการจัดการของเสียจากบรรจุภัณฑ์ กิจกรรมที่อยู่นอกขอบเขต ได้แก่ การผลิตเครื่องมือแพทย์ตั้งแต่ต้นทาง การก่อสร้างอาคาร ระบบสาธารณูปโภคถาวร และการขนส่งภายนอกโรงพยาบาล เนื่องจากไม่ใช่กิจกรรมที่หน่วยจ่ายกลางสามารถควบคุมหรือปรับปรุงได้โดยตรงในระดับงานประจำ

การกำหนดหน่วยหน้าที่ของการคำนวณแบ่งเป็น 3 ระดับ ได้แก่ กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อชุดเครื่องมือ กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อเครื่องมือหนึ่งชิ้น และ กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อเคสผ่าตัด หน่วยต่อชุดเครื่องมือใช้สำหรับการบริหารภายในหน่วยจ่ายกลาง หน่วยต่อเครื่องมือหนึ่งชิ้นใช้สำหรับการทบทวนความเหมาะสมของการจัดชุดเครื่องมือ และหน่วยต่อเคสผ่าตัดใช้สำหรับสื่อสารกับทีมผ่าตัดและผู้บริหารโรงพยาบาลเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจด้านคุณภาพ ความปลอดภัยและความยั่งยืนร่วมกัน การพัฒนารอบการคำนวณดำเนินการเป็น 7 ขั้นตอน ได้แก่ การกำหนดขอบเขตและหน่วยหน้าที่ การจัดทำฐานข้อมูลชุดเครื่องมือ การเก็บข้อมูลกิจกรรมรายวันของเครื่องล่างและเครื่องมือ การคำนวณคาร์บอนต่อรอบเครื่อง การจัดสรรคาร์บอนสู่ระดับชุดเครื่องมือและเครื่องมือรายชิ้น การรวมผลกระทบจากระบบ

ห่อหุ้มปราศจากเชื้อและการจัดการของเสีย และการเชื่อมโยงผลลัพธ์สู่ระดับเซลล์ระดับต้นตอดังกล่าวถูกออกแบบให้เรียงตามลำดับการทำงานจริงของหน่วยจ่ายกลางเพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถตรวจสอบข้อมูลย้อนหลังและทำซ้ำได้ในระยะยาว ข้อมูลกิจกรรมที่เสนอให้เก็บประกอบด้วยจำนวนรอบเครื่องล้างต่อวัน จำนวนรอบเครื่องหนึ่งต่อวันความจุสูงสุดของเครื่อง จำนวนชุดเครื่องมือที่ผ่านกระบวนการในแต่ละรอบ จำนวนเครื่องมือในแต่ละชุดชนิดและน้ำหนักของระบบห่อหุ้มปราศจากเชื้อ เหตุการณ์ที่ทำให้เกิดการทำให้ซ้ำ เช่น ห่อขึ้น ห่อฉีก การปนเปื้อน หลังบรรจุ การคืนชุดไม่ครบ และรอบลูกเงินที่จำเป็นต้องเดินเครื่องโดยใช้ความจุไม่เต็มรอบ ข้อมูลเหล่านี้ถูกกำหนดให้เป็นข้อมูลขั้นต่ำที่จำเป็นต่อการคำนวณและการติดตามคุณภาพโดยยังคงลดภาระการบันทึกของบุคลากรให้มากที่สุด

การคำนวณคาร์บอนต่อรอบเครื่องใช้หลักการนำข้อมูลกิจกรรมคูณกับปัจจัยการปล่อยของทรัพยากรแต่ละชนิด ได้แก่ ไฟฟ้า น้ำ เชื้อเพลิงหรือพลังงานที่ใช้ผลิตไอน้ำ และสารเคมีในกรณีที่มีข้อมูลพร้อม ค่าคาร์บอนต่อรอบเครื่องล้างและเครื่องหนึ่งถูกใช้เป็นค่าตั้งต้นสำหรับการจัดสรรต่อไปยังชุดเครื่องมือ โดยนำคาร์บอนต่อรอบหารด้วยจำนวนชุดที่ผ่านกระบวนการจริงในรอบนั้น จากนั้นนำคาร์บอนต่อชุดหารด้วยจำนวนเครื่องมือในชุด เพื่อคำนวณคาร์บอนต่อเครื่องมือหนึ่งชิ้น เมื่อเชื่อมโยงกับข้อมูลการใช้ชุดเครื่องมือในห้องผ่าตัด จึงสามารถคำนวณคาร์บอนต่อเซลล์ผ่าตัดได้จากผลรวมของคาร์บอนของชุดเครื่องมือหลัก ชุดเสริม และรายการบรรจุแยกชิ้นที่ถูกเปิดใช้จริง กรณีที่งานมีความผันแปร เช่น จำนวนชุดต่อรอบยังไม่เต็มความจุของเครื่อง หรือมีความจำเป็นต้องเปิดรอบลูกเงิน กรอบนี้เสนอให้บันทึกสถานะของรอบเครื่องแยกจากรอบปกติ เพื่อป้องกันการตีความว่าคาร์บอนต่อชุดที่สูงขึ้นเกิดจากความไม่มีประสิทธิภาพเพียงอย่างเดียว การตัดสินใจว่าจะรอให้จำนวนชุดครบก่อนเริ่มหนึ่งหรือเริ่มหนึ่งทันที ควรพิจารณาร่วมกันระหว่างความพร้อมของเครื่องมือ ความเร่งด่วนของการใช้งาน ความปลอดภัยของผู้ป่วย ตารางผ่าตัด และข้อกำหนดทางเทคนิคของเครื่องหนึ่งไม่ควรเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ความจุของเครื่องโดยแลกกับความล่าช้าที่กระทบต่อการรักษา หรือเพิ่มความเสี่ยงต่อคุณภาพของเวชภัณฑ์ปราศจากเชื้อ ในแต่ละขั้นตอนของกรอบการคำนวณกำหนดให้มีจุดควบคุมคุณภาพควบคู่กัน ได้แก่ การตรวจสอบความครบถ้วนของฐานข้อมูลชุดเครื่องมือ การตรวจสอบความถูกต้องของจำนวนรอบเครื่องและจำนวนชุด การยืนยันแหล่งที่มาของปัจจัยการปล่อย การทวนสอบความสอดคล้องของหน่วยวัด การบันทึกเหตุการณ์ซ้ำ และการทบทวนผลลัพธ์ที่ผิดปกติ เช่น คาร์บอนต่อชุดสูงกว่าค่าปกติอย่างมาก จุดควบคุมเหล่านี้ช่วยให้การลดคาร์บอนดำเนินไปโดยไม่ลดทอนความปลอดภัยของผู้ป่วย มาตรฐานการควบคุมการติดเชื้อ หรือความปลอดภัยของบุคลากร

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในรูปคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า

kgCO₂e เป็นหน่วยวัดที่ใช้แสดงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า โดยคำว่า kg หมายถึงกิโลกรัม CO₂ หมายถึงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และ e หมายถึงค่าเทียบเท่า เมื่อรวมกันแล้ว kgCO₂e จึงหมายถึงปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ถูกแปลงให้มีผลกระทบต่อภาวะโลกร้อนเทียบเท่ากับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในหน่วยกิโลกรัม ในทางวิชาการ หน่วย kgCO₂e ถูกใช้เพื่อรวมผลกระทบจากก๊าซเรือนกระจกหลายชนิดให้อยู่ในหน่วยเดียวกัน แม้ว่าก๊าซแต่ละชนิดจะมีศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนไม่เท่ากันก็ตาม การแปลงดังกล่าวอาศัยค่าอ้างอิงที่เรียกว่า ศักยภาพก่อภาวะโลกร้อน หรือ Global Warming Potential ซึ่งกำหนดในช่วงเวลาอ้างอิงมาตรฐาน เช่น 100 ปี เพื่อสะท้อนผลกระทบต่อสภาพภูมิอากาศในระยะยาว ตัวอย่างเช่น ก๊าซมีเทนมีศักยภาพก่อภาวะโลกร้อนสูงกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์หลายเท่า แม้การปล่อยมีเทนจะมีปริมาณน้อย แต่ผลกระทบต่อภาวะโลกร้อนอาจเทียบเท่ากับการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ในปริมาณที่มากกว่า เมื่อนำผลกระทบของก๊าซชนิดต่าง ๆ มาแปลงให้อยู่ในหน่วยเดียวกัน ผลลัพธ์จะถูกรายงานในรูปของ kgCO₂e ทำให้สามารถเปรียบเทียบและประเมินผลได้อย่างเป็นระบบ⁹

ในบริบทของงานจ่ายกลางและกระบวนการทำให้ปราศจากเชื้อ การรายงานผลการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในหน่วย kgCO₂e ช่วยให้เราสามารถรวมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากแหล่งต่าง ๆ เช่น การใช้ไฟฟ้า การใช้ไอน้ำ การผลิตไอน้ำ การใช้เชื้อเพลิง และการจัดการของเสีย ไว้ในตัวเลขเดียวที่เข้าใจง่ายและเปรียบเทียบได้ นอกจากนี้ยังเอื้อให้เราสามารถเปรียบเทียบผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมระหว่างชุดเครื่องมือ เครื่องมือรายชิ้น หรือเซลล์ผ่าตัดได้อย่างเป็นมาตรฐาน และนำไปใช้เป็นตัวชี้วัดเชิงระบบสำหรับการบริหารคุณภาพ ความปลอดภัย และความยั่งยืนของโรงพยาบาลได้อย่างเหมาะสม กล่าวโดยสรุป kgCO₂e ทำหน้าที่เป็นภาษากลางทางวิชาการที่ช่วยให้ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของกระบวนการทำงานในระบบสุขภาพสามารถถูกวัด วิเคราะห์ เปรียบเทียบ และนำไปใช้ประกอบการตัดสินใจเชิงบริหารได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีความหมาย โดยยังคงสอดคล้องกับมาตรฐานสากลด้านการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก^{4,5,9}

กรอบการออกแบบการคำนวณแบบรายขั้นตอนในหน่วยจ่ายกลาง

แนวทางนี้ออกแบบตามหลักแนวทางการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่เริ่มต้นจากกระบวนการทำงานจริง ที่ละขั้นตอน (process based carbon accounting) เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถใช้ข้อมูลที่มีอยู่แล้วในงานประจำ โดยแบ่งเป็น 7 ขั้นตอนที่ทำซ้ำได้และขยายผลได้⁹

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดขอบเขตและหน่วยงานรวมถึงหน้าที่ให้สื่อสารได้

การคำนวณควรเริ่มจากการกำหนดขอบเขตระบบให้ชัดเจน โดยรวมเฉพาะกิจกรรมที่หน่วยจ่ายกลางสามารถควบคุมและปรับปรุงได้จริง ได้แก่ การล้างด้วยเครื่องล้างอัตโนมัติ การทำให้ปราศจากเชื้อด้วยไอน้ำ การทำให้แห้ง การบรรจุด้วยระบบห่อหุ้มปราศจากเชื้อ (sterile barrier system: SBS) การขนย้ายภายใน และการจัดการของเสียจากวัสดุบรรจุภัณฑ์ ส่วนกิจกรรมที่ไม่เกี่ยวข้องกับการตัดสินใจเชิงปฏิบัติการประจำวัน เช่น การผลิตเครื่องมือแพทย์ตั้งแต่ต้นทาง การก่อสร้างอาคาร และระบบสาธารณูปโภคอาคาร ควรกำหนดให้อยู่นอกขอบเขตการประเมินในระยะเริ่มต้น โดยระบบควรกำหนดให้เริ่มตั้งแต่เครื่องมือปนเปื้อนเข้าสู่กระบวนการของหน่วยจ่ายกลาง และสิ้นสุดเมื่อเวชภัณฑ์ปราศจากเชื้อผ่านการตรวจปล่อยและพร้อมส่งมอบให้หน่วยงานผู้ใช้ การกำหนดขอบเขตควรเริ่มจากข้อมูลที่เก็บได้จริงในงานประจำ และสามารถขยายรายละเอียดเพิ่มเติมได้เมื่อระบบข้อมูลมีความพร้อม⁹

หน่วยงานที่สำหรับการรายงานผลควรกำหนดให้สื่อสารได้ทั้งระดับหน่วยงาน ระดับห้องผ่าตัด และระดับผู้บริหาร โดยใช้ 3 ระดับ ได้แก่ kgCO₂e ต่อชุดเครื่องมือ kgCO₂e ต่อเครื่องมือหนึ่งชิ้น และ kgCO₂e ต่อเคสผ่าตัด หน่วยต่อชุดเหมาะสำหรับติดตามประสิทธิภาพของรอบเครื่อง หน่วยต่อชิ้นเหมาะสำหรับการออกแบบชุดเครื่องมือ ส่วนหน่วยต่อเคสผ่าตัดเหมาะสำหรับสื่อสารผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมกับทีมคลินิกและผู้บริหาร^{9,15-17}

เพื่อให้ผลการคำนวณมีความน่าเชื่อถือ ควรกำหนดนิยามของชุดเครื่องมือ เครื่องมือหนึ่งชิ้น รอบเครื่องล้าง รอบเครื่องนึ่ง และเคสผ่าตัดให้เป็นมาตรฐานเดียวกันทั้งหน่วยงาน รวมถึงจัดทำแผนผังระบบที่ระบุจุดเก็บข้อมูลหลัก ได้แก่ จุดรับเครื่องมือปนเปื้อน รอบเครื่องล้าง รอบเครื่องนึ่ง จุดบรรจุ จุดตรวจปล่อย และจุดส่งมอบเวชภัณฑ์ปราศจากเชื้อ นอกจากนี้ ควรกำหนดวิธีควบคุมคุณภาพข้อมูลตั้งแต่ขั้นตอนแรก เช่น การตรวจสอบจำนวนรอบเครื่อง จำนวนชุดต่อรอบ ความครบถ้วนของข้อมูล และการแยกรอบพิเศษหรือรอบฉุกเฉินออกจากรอบปกติ เพื่อให้การตีความผลไม่คลาดเคลื่อนในกรณีที่โหลดเครื่องไม่เต็ม ความเร่งด่วนของงาน หรือความผันแปรของปริมาณงานประจำวัน โดยสรุป ขั้นตอนนี้เป็นฐานสำคัญของการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในหน่วยจ่ายกลาง เพราะช่วยให้การเก็บข้อมูล การคำนวณ และการนำผลไปใช้ปรับปรุงระบบงานมีความชัดเจนเป็นมาตรฐาน และสอดคล้องกับบริบทการปฏิบัติงานจริงของโรงพยาบาลไทย⁹

ขั้นตอนที่ 2 การจัดทำฐานข้อมูลชุดเครื่องมือและการนิยามโครงสร้างงานให้พร้อมต่อการคำนวณ

ภายหลังการกำหนดขอบเขตระบบและหน่วยหน้าที่หน่วยจ่ายกลางควรจัดทำฐานข้อมูลชุดเครื่องมือให้เป็นมาตรฐานเดียวกันทั้งหน่วยงาน เพื่อใช้เป็นข้อมูลตั้งต้นในการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ฐานข้อมูลควรครอบคลุมชุดเครื่องมือที่ใช้จริง ได้แก่ ชุดมาตรฐาน ชุดเฉพาะทาง ชุดย่อย และรายการห่อเดี่ยว เนื่องจากแต่ละรายการอาจมีจำนวนเครื่องมือ วิธีบรรจุ และเส้นทางการทำความสะอาดและทำให้ปราศจากเชื้อแตกต่างกัน โครงสร้างข้อมูลขั้นต่ำควรประกอบด้วยรหัสชุด ชื่อชุด หน่วยงานผู้ใช้งาน จำนวนเครื่องมือในชุด ชนิดของระบบห่อหุ้มปราศจากเชื้อ (sterile barrier system: SBS) และเส้นทางการขนถ่ายของแต่ละชุด เช่น การล้างด้วยเครื่องล้างอัตโนมัติ การล้างด้วยมือก่อนเข้าเครื่อง การใช้ถาดเฉพาะ หรือการใช้อุปกรณ์เสริม ข้อมูลเหล่านี้ช่วยให้การจัดสรรคาร์บอนจากระดับรอบเครื่องไปสู่ระดับชุดและระดับเครื่องมือหนึ่งชิ้นมีความถูกต้องมากขึ้น เพื่อป้องกันความคลาดเคลื่อน ควรกำหนดนิยามและกติกาก่อนนับให้ชัดเจน เช่น ความหมายของชุดเครื่องมือ รายการที่ไม่นับรวม เช่น วัสดุสิ้นเปลืองหรือของใช้ครั้งเดียว และวิธีการจัดการกรณีมีการเพิ่มหรือลดเครื่องมือชั่วคราว นอกจากนี้ควรกำหนดกระบวนการควบคุมคุณภาพข้อมูล เช่น การตรวจสอบความครบถ้วนของรายการเครื่องมือ การทวนสอบรหัสชุด การตรวจสอบชนิดบรรจุภัณฑ์ และการปรับปรุงฐานข้อมูลเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงรายการเครื่องมือหรือแนวปฏิบัติของหน่วยงาน^{5,8-9}

ในระยะเริ่มต้น ฐานข้อมูลไม่จำเป็นต้องครอบคลุมทุกชุดเครื่องมือทั้งหมด แต่ควรเริ่มจากชุดที่มีปริมาณการใช้งานสูงหรือมีผลกระทบต่อภาระงานของหน่วยจ่ายกลางมากที่สุดก่อน เพื่อให้เห็นประโยชน์เชิงบริหารอย่างชัดเจน จากนั้นจึงขยายไปยังชุดเฉพาะทาง ชุดใช้น้อย และรายการห่อเดี่ยวเมื่อระบบข้อมูลมีความพร้อม ตัวอย่างเช่น หน่วยจ่ายกลางอาจเริ่มจากชุดผ่าตัดทั่วไป รหัส GS-01 ซึ่งใช้ในห้องผ่าตัดศัลยกรรมทั่วไป ประกอบด้วยเครื่องมือโลหะ 29 ชิ้น ใช้ผ้าห่อสองชั้นแบบใช้ครั้งเดียว ผ่านการล้างด้วยเครื่องล้างอัตโนมัติ และผ่านการทำให้ปราศจากเชื้อด้วยไอน้ำ ข้อมูลชุดนี้สามารถใช้เป็นตัวแปรตั้งต้นในการคำนวณคาร์บอนต่อชุด คาร์บอนต่อเครื่องมือหนึ่งชิ้น และคาร์บอนต่อเคสผ่าตัดที่ใช้ชุดดังกล่าว โดยสรุป ขั้นตอนนี้เป็นกรสร้างฐานข้อมูลกลางของหน่วยจ่ายกลาง เพื่อให้การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์มีความถูกต้อง ตรวจสอบได้ และเชื่อมโยงกับการพัฒนาคุณภาพ ความปลอดภัยในการทำงาน และความยั่งยืนของระบบงานปราศจากเชื้อได้อย่างเป็นรูปธรรม

ขั้นตอนที่ 3 การออกแบบการเก็บข้อมูลกิจกรรมรายวัน และตัวชี้วัดประสิทธิภาพการโหลดเครื่องให้พร้อมต่อการจัดสรรคาร์บอน

เมื่อมีขอบเขต หน่วยหน้าที่ และฐานข้อมูลชุดเครื่องมือที่เป็นมาตรฐานแล้ว ขั้นตอนถัดมาคือการออกแบบระบบเก็บข้อมูลกิจกรรมที่สะท้อนการปฏิบัติงานจริงของหน่วยจ่ายกลาง โดยมุ่งให้ได้ข้อมูลเพียงพอสำหรับการจัดสรรคาร์บอนจากระดับรอบเครื่องไปสู่ระดับชุดและรายชิ้น ขณะเดียวกันต้องลดภาระการบันทึกให้ทำได้ต่อเนื่องอย่างน้อยหนึ่งเดือนโดยไม่ลดคุณภาพข้อมูล หลักการจึงอยู่ที่การเลือกตัวแปรขึ้นต่ำที่อธิบายผลลัพธ์ได้มากที่สุด โดยเฉพาะจำนวนรอบเครื่องและประสิทธิภาพการโหลด ซึ่งเป็นตัวกำหนดคาร์บอนต่อหน่วยผลผลิตโดยตรงเชิงโครงสร้าง การเก็บข้อมูลควรแบ่งเป็นสามชุดข้อมูลที่เชื่อมโยงกันได้แก่ ข้อมูลรอบเครื่องล่าง ข้อมูลรอบเครื่องนั่ง และข้อมูลการบรรจุ โดยเน้นการบันทึกแบบรายวันเพื่อสะท้อนความแปรผันตามตารางผ่าตัดและเหตุการณ์ฉุกเฉิน สำหรับเครื่องล่างและเครื่องนั่ง ข้อมูลขึ้นต่ำที่ควรบันทึกคือจำนวนรอบต่อวัน ความจุสูงสุดต่อรอบ ปริมาณการใช้จริง และจำนวนชุดที่ผ่านกระบวนการในวันนั้น พร้อมทั้งแยกรอบพิเศษที่มีข้อจำกัดด้านการจัดวางหรือวัสดุ เพื่อป้องกันการตีความประสิทธิภาพที่อาจคลาดเคลื่อน นอกจากนั้นควรบันทึกเหตุการณ์ที่ทำให้เกิดการทำให้หรือเพิ่มรอบเครื่องในรูปแบบที่ง่าย เช่น ทำเครื่องหมายที่ชัดเจนหรือใส่จำนวนครั้ง ได้แก่ การนั่งซ้ำจากความขึ้นหรือการปนเปื้อน การคืนชุดเพราะไม่ครบ และรอบฉุกเฉิน เหตุการณ์เหล่านี้เป็นตัวแทนของคุณภาพกระบวนการและมีผลต่อคาร์บอนโดยตรงผ่านการเพิ่มรอบเครื่องและภาระงานบุคลากร นอกจากนี้ควรกำหนดตัวชี้วัดการโหลดของเครื่องอย่างน้อยสองตัว ได้แก่ สัดส่วนการใช้ความจุจริงต่อความจุสูงสุด และจำนวนชุดเฉลี่ยต่อรอบ เพื่อใช้ทั้งเป็นตัวแปรคำนวณและตัวชี้วัดบริหารร่วมกับมิติความปลอดภัยในการทำงาน^{4,5}

ตัวอย่างการบันทึกหนึ่งวัน เครื่องล่างทำงาน 10 รอบ ความจุ 12 ช่อง ใช้จริงเฉลี่ย 8 ช่อง ล้างได้ 80 ชุด ขณะเดียวกันเครื่องนั่งทำงาน 8 รอบ ความจุ 18 ช่อง ใช้จริงเฉลี่ย 12 ช่อง นั่งได้ 72 ชุด ข้อมูลนี้สะท้อนการใช้ความจุประมาณสองในสามของศักยภาพ ซึ่งเป็นช่องว่างที่สามารถนำไปวางแผนมาตรการเพิ่มประสิทธิภาพการโหลด ลดจำนวนรอบ และลดคาร์บอนต่อชุดได้ การปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้เครื่องจักรเพื่อการลดคาร์บอนจำเป็นต้องดำเนินภายใต้ข้อจำกัดทางเทคนิคและมาตรฐานคุณภาพอย่างเคร่งครัด โดยเฉพาะหลักการจัดวางโหลดที่คงความสามารถในการแทรกซึมของไอน้ำ การไหลเวียนของไอน้ำและการระบายอากาศภายในห้องนั่ง รวมถึงการควบคุมสภาวะที่ป้องกันการเกิดความชื้นตกค้างซึ่งอาจกระทบต่อความสมบูรณ์ของบรรจุภัณฑ์และความคงสภาพความปราศจากเชื้อ เพื่อให้การคำนวณคาร์บอนทำได้ ตรวจสอบได้ และเชื่อมโยงเข้ากับการบริหารคุณภาพและความปลอดภัยในการทำงานของหน่วยจ่ายกลางได้ในตัวเดียวกัน⁵

ขั้นตอนที่ 4 การกำหนดข้อมูลการใช้ทรัพยากรต่อรอบเครื่องและค่าปัจจัยการปล่อย เพื่อคำนวณคาร์บอนต่อรอบอย่างตรวจสอบได้

เมื่อหน่วยงานมีข้อมูลกิจกรรมรายวันและตัวชี้วัดการโหลดเครื่องแล้ว ขั้นตอนต่อมาคือการคำนวณคาร์บอนต่อรอบเครื่องอย่างเป็นระบบโดยใช้หลักการผลรวมของกิจกรรมการใช้ทรัพยากรคูณด้วยค่าปัจจัยการปล่อยของทรัพยากรนั้น คาร์บอนต่อรอบถือเป็นค่าตั้งต้นของการจัดสรรไปสู่ระดับชุด เครื่องมือและเคสผ่าตัด ดังนั้นความถูกต้องและความโปร่งใสของขั้นตอนนี้เป็นเงื่อนไขสำคัญต่อความน่าเชื่อถือของผลลัพธ์และการนำไปใช้เชิงบริหาร โดยการกำหนดองค์ประกอบทรัพยากรต้องสอดคล้องกับระบบจริงของโรงพยาบาล โดยเครื่องล่างอัตโนมัติ มักมีไฟฟ้าและน้ำเป็นทรัพยากรหลัก และอาจรวมสารเคมีเมื่อมีข้อมูลพร้อม ขณะที่เครื่องนั่งไอน้ำมีพลังงานเพื่อผลิตไอน้ำเป็นแกนหลัก ซึ่งอาจมาจากหม้อไอน้ำกลางหรือระบบผลิตไอน้ำเฉพาะเครื่อง และมีไฟฟ้าสำหรับระบบควบคุมและปั๊มประกอบ การรวบรวมข้อมูลการใช้ทรัพยากรต่อรอบควรเริ่มจากคู่มือเครื่อง เอกสารทางเทคนิคผู้ผลิต หรือข้อมูลจากฝ่ายวิศวกรรม และหากเป็นไปได้ให้ตรวจสอบภาคสนามเป็นระยะเพื่อยืนยันความสอดคล้องกับสภาพการใช้งานจริง การเลือกค่าปัจจัยการปล่อยควรใช้ค่าที่หน่วยงานรับรองหรือใช้ในการรายงานด้านสิ่งแวดล้อมเพื่อให้เปรียบเทียบได้ในระยะยาว โดยต้องระบุชนิดเชื้อเพลิงหรือแหล่งไอน้ำอย่างชัดเจน เนื่องจากมีผลต่อค่าคาร์บอนอย่างมีนัยสำคัญ โดยสมการคำนวณควรถูกเขียนให้เรียบง่ายแต่ครอบคลุมประกอบ และแยกสำหรับเครื่องล่างและเครื่องนั่งเพื่อสะท้อนการใช้ทรัพยากรที่แตกต่างกัน โดยกำหนดหน่วยของทุกตัวแปรเพื่อป้องกันความคลาดเคลื่อนจากการแปลงหน่วย ควบคู่กับมาตรฐานการจัดการคุณภาพข้อมูล เช่น การบันทึกแหล่งที่มาตัวเลข เวอร์ชันของค่าปัจจัยการปล่อย และการตรวจสอบความสมเหตุสมผลของผลลัพธ์ โดยเฉพาะกรณีที่ค่าคาร์บอนต่อรอบเปลี่ยนแปลงผิดปกติ ซึ่งอาจเกิดจากการเปลี่ยนโปรแกรมเครื่อง ชนิดโหลด หรือแหล่งพลังงาน รวมถึงความคลาดเคลื่อนของการบันทึก⁹

ตัวอย่างการคำนวณเครื่องล่าง สามารถเริ่มจากข้อมูลที่เข้าถึงได้ง่าย เช่น เครื่องล่างใช้ไฟฟ้า 6 kWh ต่อรอบ และค่าปัจจัยการปล่อยไฟฟ้า 0.50 kgCO₂e ต่อ kWh จะได้คาร์บอนจากไฟฟ้า 3.00 kgCO₂e ต่อรอบ หากใช้น้ำ 60 ลิตรต่อรอบ และค่าปัจจัยการปล่อยของน้ำ 0.0005 kgCO₂e ต่อลิตร จะได้คาร์บอนจากน้ำ 0.03 kgCO₂e ต่อรอบ รวมขึ้นต่ำเป็น 3.03 kgCO₂e ต่อรอบ สำหรับเครื่องนั่ง หากประเมินคาร์บอนรวมต่อรอบได้ 12.0 kgCO₂e จากพลังงานผลิตไอน้ำและไฟฟ้าประกอบ สามารถใช้เป็นค่าฐานสำหรับการจัดสรรคาร์บอนต่อชุดในขั้นตอนถัดไปได้ทันที โดยเฉพาะในระยะเริ่มต้นที่ยังไม่มีข้อมูลไอน้ำแยกรายละเอียด นอกจากความถูกต้องเชิงคำนวณ ขั้นตอนนี้ยังเชื่อมโยงกับคุณภาพและความปลอดภัยในการทำงานโดยตรง เพราะจำนวนรอบเครื่องที่เพิ่มขึ้นจากการ

ไหลลดต่ำหรือการทำซ้ำย่อมเพิ่มการใช้พลังงาน เพิ่มความร้อน ใอน้ำ และการสัมผัสสารเคมีในพื้นที่ปฏิบัติงาน การทำให้คาร์บอน ต่อรอบเป็นภาษากลางเดียวกับจำนวนรอบเครื่องจึงเอื้อต่อการ กำหนดมาตรการที่ลดทั้งคาร์บอนและความเสี่ยงของบุคลากร ไปพร้อมกัน โดยสรุป ขั้นตอนที่ 4 คือการสร้างค่าคาร์บอน

ขั้นตอนที่ 5 การจัดสรรคาร์บอนจากระดับรอบเครื่องสู่ ระดับชุดเครื่องมือและเครื่องมือรายชิ้นอย่างเป็นระบบ

เมื่อได้ค่าคาร์บอนต่อรอบเครื่องแล้ว ขั้นตอนสำคัญคือ การจัดสรรคาร์บอนดังกล่าวไปยังหน่วยหน้าที่ใช้ตัดสินใจ จริง ได้แก่ คาร์บอนต่อชุดเครื่องมือและคาร์บอนต่อเครื่องมือ รายชิ้น หลักคิดพื้นฐานคือคาร์บอนต่อรอบเครื่องมีลักษณะกึ่ง คงที่ในสภาวะปกติ ดังนั้นคาร์บอนต่อหน่วยผลผลิตจึงขึ้นกับ จำนวนชุดที่แบ่งปันคาร์บอนของรอบนั้นเป็นหลัก การจัดสรรควรอิงจำนวนชุดในรอบเดียวกัน ไม่ใช่น้ำหนักหรือมูลค่าเครื่องมือ เพื่อให้สอดคล้องกับการทำงานจริงของหน่วยจ่ายกลาง และ

ต่อรอบเครื่องด้วยสมการที่ตรวจสอบได้และสอดคล้องกับระบบ พลังงานจริงของโรงพยาบาล เพื่อให้การจัดสรรคาร์บอนใน ขั้นตอนถัดไปมีความถูกต้อง และทำให้ผลลัพธ์สามารถใช้ สนับสนุนการบริหารคุณภาพและความปลอดภัยของหน่วยจ่าย กลาง ได้อย่างเป็นรูปธรรม^{4-5,9}

ชี้ให้เห็นประเภทงานที่ปรับปรุงได้ เชิงปฏิบัติให้คำนวณแยก ตามกระบวนการอย่างน้อยสองส่วน คือการล้างและการนึ่ง โดยนำคาร์บอนต่อรอบของแต่ละเครื่องหารด้วยจำนวนชุดที่ ผ่านกระบวนการในรอบเดียวกัน แล้วรวมเป็นคาร์บอนจาก กระบวนการต่อชุด จากนั้นแปลงเป็นคาร์บอนต่อเครื่องมือ โดยนำคาร์บอนต่อชุดหารด้วยจำนวนเครื่องมือในชุดตามฐาน ข้อมูลมาตรฐาน การจัดสรรในรูปแบบนี้ทำให้ผลของการไหลลด เครื่องปรากฏชัด หากไหลลดต่ำ คาร์บอนต่อชุดจะสูงขึ้นทันที แม้คาร์บอนต่อรอบจะเท่าเดิม^{4-5,9}

ตัวอย่าง

เครื่องล้างปล่อย 3.03 kgCO₂e ต่อรอบ และรอบนั้นล้าง 10 ชุด จะได้ 0.303 kgCO₂e ต่อชุด
เครื่องนึ่งปล่อย 12.0 kgCO₂e ต่อรอบ และรอบนั้นนึ่ง 12 ชุด จะได้ 1.00 kgCO₂e ต่อชุด
ดังนั้นคาร์บอนจากกระบวนการต่อชุดเท่ากับ 1.303 kgCO₂e ต่อชุด
หากชุดมาตรฐานมี 29 เครื่องมือ คาร์บอนต่อเครื่องมือเท่ากับ 1.303 หาร 29 ได้ประมาณ
0.045 kgCO₂e ต่อชิ้น หรือ 45 gCO₂e ต่อชิ้น
หากรอบหนึ่งเดียวกันมีเพียง 6 ชุด คาร์บอนจากการนึ่งต่อชุดจะเพิ่มเป็น 2.0 kgCO₂e ต่อชุด
สะท้อนผลของการไหลลดต่ำอย่างตรงไปตรงมา

เพื่อให้ข้อมูลเทียบเคียงได้ ควรกำหนดคติดิามาตรฐานของ การนับ เช่น นับเฉพาะชุดที่ผ่านกระบวนการครบถ้วนในรอบนั้น และใช้จำนวนเครื่องมือตามชุดการใช้งานหลัก (master set list) โดยไม่เปลี่ยนตามการเพิ่มลดชั่วคราว พร้อมทั้งแยกกรณีรอบ พิเศษหรือรอบฉุกเฉินที่มีข้อจำกัดด้านการจัดวางหรือความเร่งด่วน เพื่อป้องกันการตีความว่าคาร์บอนสูงเท่ากับไร้ประสิทธิภาพ โดยอัตโนมัติ นอกจากนี้ การจัดสรรคาร์บอนยังเชื่อมกับความ ปลอดภัยในการทำงาน เพราะการเพิ่มจำนวนรอบเครื่องจาก

ขั้นตอนที่ 6 การคำนวณคาร์บอนจากระบบบรรจุภัณฑ์ ปลอดภัยและการจัดการของเสียเพื่อให้คาร์บอนต่อชุด สะท้อนความจริงทั้งกระบวนการ

ภายหลังจัดสรรคาร์บอนจากระดับรอบเครื่องสู่ระดับชุดและ รายชิ้นแล้ว ขั้นตอนต่อมาคือการรวมองค์ประกอบที่มีนัยสำคัญ ต่อคาร์บอนรวมแต่ถูกมองข้ามบ่อย ได้แก่ ระบบบรรจุภัณฑ์ ปลอดภัยและการจัดการของเสีย การรวมส่วนนี้ทำให้คาร์บอน

การไหลลดต่ำหรือการทำซ้ำย่อมเพิ่มภาระยกของ การจัดวาง และ การสัมผัสความร้อน ใอน้ำ และสารเคมี ดังนั้นคาร์บอนต่อชุด ควรถูกใช้ร่วมกับตัวชี้วัดจำนวนรอบเครื่อง เพื่อบริหารจัดการที่ ลดทั้งคาร์บอนและความเสี่ยงของบุคลากรไปพร้อมกัน โดยสรุป ขั้นตอนนี้คือสะพานที่ทำให้คาร์บอนต่อรอบกลายเป็นตัวชี้วัดเชิง บริหารในระดับชุดและรายชิ้นที่นำไปใช้ปรับปรุงระบบงานได้จริง

ต่อชุดสะท้อนกระบวนการครบวงจรในระดับหน่วยงาน และทำให้ เห็นปัจจัยหรือจุดแทรกแซงในระบบที่แม้มีการเปลี่ยนแปลง เพียงเล็กน้อยที่ไม่ได้อยู่ที่เครื่องจักรโดยตรง แต่เป็นการตัดสินใจด้านวัสดุ วิธีบรรจุ และการคัดแยกของเสียซึ่ง หน่วยจ่ายกลาง สามารถปรับปรุงได้จริง โดยแกนแนวคิดคือคาร์บอนของบรรจุ ภัณฑ์ต้องพิจารณาทั้งตัววัสดุและเส้นทางปลายทาง เนื่องจาก วัสดุชนิดเดียวกันอาจให้คาร์บอนต่างกันตามการกำจัด เช่น

เผาขยะติดเชื้อ รีไซเคิล หรือระบบกู้คืนพลังงาน ในบริบทไทย ที่มีข้อจำกัดด้านการควบคุมการติดเชื้อเข้มงวด การออกแบบต้องเริ่มจากการแยกข้อมูลของเสียให้ถูกต้องและชัดเจนก่อน แล้วจึงประเมินตามเส้นทางที่ปฏิบัติจริงของโรงพยาบาล^{5,8}

เชิงวิธีคำนวณ ควรจำแนกบรรจุภัณฑ์เป็นแบบใช้ครั้งเดียว และแบบใช้ซ้ำ เพราะตรรกะต่างกันโดยพื้นฐาน แบบใช้ครั้งเดียว คำนวณได้ตรงไปตรงมาด้วยมวลวัสดุต่อชุดคูณค่าปัจจัยการ

ปล่อยที่ครอบคลุมการผลิตและการกำจัด ส่วนแบบใช้ซ้ำต้องเฉลี่ยผลกระทบตลอดอายุการใช้งาน โดยกระจายคาร์บอนจากการผลิตตามจำนวนครั้งใช้งานจริง และบวกภาระจากการล้างต่อครั้ง รวมถึงการกำจัดเมื่อหมดอายุในรูปค่าเฉลี่ยต่อครั้ง ทั้งนี้ควรตั้งสมมติฐานแบบอนุรักษ์นิยมเมื่อข้อมูลยังไม่สมบูรณ์ เพื่อหลีกเลี่ยงการประเมินต่ำกว่าความเป็นจริง^{5,8}

ตัวอย่างแบบใช้ครั้งเดียว

ผ้าห่อสองชั้นน้ำหนักเฉลี่ย 0.12 kg ต่อชุด และค่าปัจจัยการปล่อยรวมผลิต และกำจัด 2.0 kgCO₂e ต่อ kg
คาร์บอนบรรจุภัณฑ์ต่อชุดเท่ากับ 0.12 คูณ 2.0 ได้ 0.24 kgCO₂e ต่อชุด
หากคาร์บอนจากการล้างและน้ำในขั้นตอนที่ 5 เท่ากับ 1.30 kgCO₂e ต่อชุด
คาร์บอนรวมต่อชุดเท่ากับ 1.54 kgCO₂e
เมื่อชุดมี 29 เครื่องมือ คาร์บอนเฉลี่ยต่อชิ้นเท่ากับ 1.54หาร 29
ได้ประมาณ 0.053 kgCO₂e ต่อชิ้น หรือ 53 gCO₂e ต่อชิ้น

การตีความผลลัพธ์ต้องเชื่อมกับคุณภาพและความปลอดภัยเสมอ เพราะระบบห่อหุ้มปราศจากเชื้อ (SBS) มีบทบาทหลักในการคงความปราศจากเชื้อจนถึงจุดใช้งาน การลดคาร์บอนที่เพิ่มความเสี่ยงต่อห่อฉีกขาด ความชื้นตกค้าง หรือการปนเปื้อนภายหลังการนั่งถือว่าไม่เหมาะสม ดังนั้นควรบันทึกตัวชี้วัดคุณภาพควบคู่ เช่น อัตราห่อขึ้น อัตราห่อฉีก และการคืนชุดจากความ

ไม่สมบูรณ์ของบรรจุภัณฑ์ เช่นเดียวกับมิติความปลอดภัยของการคัดแยกของเสียที่ต้องลดความเสี่ยงต่อการสัมผัสของมีคม และการปนเปื้อนในบุคลากร โดยสรุป ขั้นตอนนี้ทำให้คาร์บอนต่อชุดเป็นตัวชี้วัดครบวงจรที่ตรวจสอบได้และใช้ตัดสินใจเชิงระบบได้จริง โดยคงความสัมพันธ์ระหว่างความยั่งยืน คุณภาพเวชภัณฑ์ปลอดภัย และความปลอดภัยในการทำงานของบุคลากร^{5,8}

ขั้นตอนที่ 7 การเชื่อมโยงคาร์บอนจากงานปราศจากเชื้อสู่ระดับหัตถการและการใช้ผลลัพธ์เพื่อการตัดสินใจเชิงคลินิกและเชิงนโยบาย

ขั้นตอนสุดท้ายคือการยกระดับผลการคำนวณจากระดับหน่วยสนับสนุนไปสู่ระดับหัตถการ เพื่อให้คาร์บอนฟุตพริ้นท์มีความหมายต่อระบบการดูแลผู้ป่วยและถูกใช้ประกอบการตัดสินใจด้านทรัพยากร คุณภาพ และความยั่งยืน หลักการสำคัญคือยึดการใช้งานจริงในห้องผ่าตัดเป็นฐาน โดยบันทึกว่าหนึ่งเคสใช้ชุดเครื่องมือใด จำนวนเท่าใด และมีการเปิดเพิ่ม

รายการบรรจุแยกชิ้นหรือไม่ ข้อมูลดังกล่าวมักดึงได้จากแบบฟอร์มเตรียมเคสหรือระบบบันทึกการใช้เวชภัณฑ์ที่มีอยู่เดิม หากออกแบบการเชื่อมโยงข้อมูลให้สอดคล้องกับเวิร์กโฟลว์เดิม นอกจากนั้นการคำนวณคาร์บอนต่อเคสดำเนินการโดยนำคาร์บอนรวมต่อชุดจากขั้นตอนที่ 6 คูณด้วยจำนวนชุดที่ใช้ในเคส และบวกคาร์บอนจากรายการที่เปิดเผย ผลลัพธ์ช่วยสะท้อนผลของการเตรียมความพร้อมและการตัดสินใจหน้างานของทีมนัดผ่าตัดในรูปตัวเลขเดียวที่สื่อสารได้ข้ามวิชาชีพ¹⁵⁻¹⁷

ตัวอย่าง

หากคาร์บอนรวมต่อชุดเท่ากับ 1.54 kgCO₂e และเคสหนึ่งใช้ชุดหลัก 1 ชุด พร้อมเปิดเพิ่มรายการแยกชิ้นรวม 0.30 kgCO₂e
คาร์บอนต่อเคสเท่ากับ 1.54 + 0.30 = 1.84 kgCO₂e

การแปลงสู่ระดับเคสทำให้เห็นรูปแบบเชิงระบบที่ระดับหน่วยงานไม่สามารถอธิบายได้ เช่น หัตถการใดมีคาร์บอนสูงจากการใช้หลายชุดหรือเปิดเพิ่มบ่อย เคสใดมีความแปรผันสูง

ระหว่างทีมผ่าตัด และแนวทางเตรียมเคสหรือการออกแบบชุดแบบใดที่ลดการเปิดเพิ่มได้โดยไม่กระทบความปลอดภัยผู้ป่วย ข้อมูลนี้จึงใช้สนับสนุนการปรับมาตรฐานชุดเครื่องมือ การฝึก

อบรม และการสื่อสารระหว่าง หน่วยจ่ายกลาง กับห้องผ่าตัด อย่างมีหลักฐาน นอกจากนั้นในเชิงคุณภาพ การตีความต้อง ตั้งอยู่บนหลักไม่ลดทอนความปลอดภัยและการควบคุมการ ติดเชื้อ เพราะบางสถานการณ์การเปิดเพิ่มหรือการมีชุดสำรอง อาจลดภาวะแทรกซ้อนและความสูญเสียในระยะยาวได้ ดังนั้น การใช้คาร์บอนต่อเคสควรพิจารณาควบคู่กับข้อมูลผลลัพธ์ทาง คลินิกเพื่อคงสมดุลระหว่างความยั่งยืนและคุณภาพการดูแล โดยสรุป ขั้นตอนนี้ทำให้คาร์บอนฟุตพริ้นท์จากงานปราศจาก เชื้อกลายเป็นตัวชี้วัดเชิงระบบที่ตรวจสอบได้และใช้กำหนด มาตรการได้จริง ทั้งในระดับคลินิกและระดับนโยบายของโรง พยาบาล พร้อมสร้างวงจรการพัฒนาอย่างต่อเนื่องด้วยการ เก็บข้อมูลซ้ำและประเมินผลหลังการปรับปรุง

จากหลักการดังกล่าว คณะผู้วิจัยจึงได้พัฒนารอบแนวคิด การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของชุดเครื่องมือปราศจากเชื้อ โดยแบ่งองค์ประกอบออกเป็น 5 ส่วน ได้แก่ ปัจจัยนำเข้า กระบวนการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ตัวชี้วัดผลลัพธ์ การตีความและการตัดสินใจ และผลลัพธ์เชิงระบบ ดังนี้

1. ปัจจัยนำเข้า (Input Factors) ปัจจัยนำเข้าเป็น ข้อมูลพื้นฐานที่ใช้สำหรับการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของชุด เครื่องมือปราศจากเชื้อ โดยครอบคลุมข้อมูลของชุดเครื่องมือ กิจกรรมการปฏิบัติงาน การใช้ทรัพยากร บรรจุภัณฑ์ และของเสีย ที่เกิดขึ้นในกระบวนการทำให้ปราศจากเชื้อ

1.1 ฐานข้อมูลชุดเครื่องมือ ประกอบด้วยข้อมูลจำแนกชุด เครื่องมือ ได้แก่

- รหัสชุดเครื่องมือ
- ชื่อชุดเครื่องมือ
- จำนวนเครื่องมือในแต่ละชุด
- ประเภทหรือกลุ่มของชุดเครื่องมือ
- หน่วยงานผู้ใช้
- ชนิดของบรรจุภัณฑ์ปราศจากเชื้อ

1.2 ข้อมูลกิจกรรมรายวันของหน่วยจ่ายกลาง ประกอบด้วย ข้อมูลการปฏิบัติงานที่เกิดขึ้นจริงในแต่ละวัน ได้แก่

- จำนวนรอบเครื่องล้าง
- จำนวนรอบเครื่องนึ่ง
- จำนวนชุดเครื่องมือต่อรอบ
- ประเภทของรอบการทำงาน ได้แก่ รอบปกติ รอบฉุกเฉิน และรอบนิ่งซ้ำ

- อัตราการใช้ความจุของเครื่องล้างและเครื่องนึ่ง

1.3 ข้อมูลการใช้ทรัพยากร ประกอบด้วยทรัพยากรที่ใช้ใน กระบวนการล้าง ทำให้แห้ง บรรจุ และทำให้ปราศจากเชื้อ ได้แก่

- ไฟฟ้า
- น้ำ
- ไอน้ำ
- เชื้อเพลิง
- สารเคมี
- วัสดุสิ้นเปลือง

- ค่าปัจจัยการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของทรัพยากรแต่ละ ประเภท

1.4 ข้อมูลบรรจุภัณฑ์และของเสีย ประกอบด้วยข้อมูลที่ เกี่ยวข้องกับวัสดุห่อหุ้มปราศจากเชื้อและของเสียที่เกิดขึ้น หลังการใช้งาน ได้แก่

- ระบบห่อหุ้มปราศจากเชื้อ
- ชนิดของวัสดุบรรจุภัณฑ์
- น้ำหนักของวัสดุ
- ปริมาณของเสีย
- ประเภทของของเสีย
- เส้นทางการจัดการของเสีย เช่น การฝังกลบ การเผา หรือการรีไซเคิล

2. กระบวนการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Process-Based Carbon Accounting) กระบวนการคำนวณ คาร์บอนฟุตพริ้นท์ใช้แนวทางการประเมินตามกระบวนการปฏิบัติ งานจริง โดยเชื่อมโยงข้อมูลกิจกรรมกับค่าปัจจัยการปล่อยก๊าซ เรือนกระจก และจัดสรรคาร์บอนจากระดับรอบเครื่องสู่ระดับ ชุดเครื่องมือ รายชิ้น และระดับเคสผ่าตัด

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดขอบเขตการประเมินและหน่วย หน้าที่

กำหนดขอบเขตของการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ใน กระบวนการจัดการเครื่องมือปราศจากเชื้อ ตั้งแต่การล้าง การ บรรจุ การทำให้ปราศจากเชื้อ การจัดเก็บ การส่งมอบ และ การจัดการของเสีย โดยหน่วยหน้าที่ที่ใช้ในการประเมิน ได้แก่

- kgCO₂e ต่อรอบเครื่อง
- kgCO₂e ต่อชุดเครื่องมือ
- kgCO₂e ต่อเครื่องมือหนึ่งชิ้น
- kgCO₂e ต่อเคสผ่าตัด

ขั้นตอนที่ 2 จัดทำฐานข้อมูลชุดเครื่องมือ

รวบรวมและจัดระบบข้อมูลชุดเครื่องมือ เพื่อใช้เป็นฐานใน การเชื่อมโยงข้อมูลกิจกรรม ทรัพยากร และผลลัพธ์ด้านคาร์บอน

ขั้นตอนที่ 3 เก็บข้อมูลกิจกรรมรายวัน

บันทึกข้อมูลการปฏิบัติงานประจำวันของหน่วยจ่ายกลาง ได้แก่ จำนวนรอบเครื่องล้าง จำนวนรอบเครื่องนึ่ง จำนวนชุด เครื่องมือต่อรอบ และลักษณะของรอบการทำงาน

ขั้นตอนที่ 4 คำนวณคาร์บอนต่อรอบเครื่อง

คำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากทรัพยากร ที่ใช้ในแต่ละรอบของเครื่องล้างและเครื่องนึ่ง โดยใช้ข้อมูล กิจกรรมคูณกับค่าปัจจัยการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

หลักการคำนวณ

ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ = ข้อมูลกิจกรรม × ค่าปัจจัย การปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ขั้นตอนที่ 5 จัดสรรคาร์บอนสู่ระดับชุดเครื่องมือและรายชิ้น

นำปริมาณคาร์บอนต่อรอบเครื่องมาจัดสรรให้กับชุดเครื่องมือแต่ละชุด โดยพิจารณาจากจำนวนชุดในรอบนั้น น้ำหนักเครื่องมือ ขนาดชุด หรือสัดส่วนการใช้ความจุของเครื่อง

ขั้นตอนที่ 6 รวมคาร์บอนจากบรรจุกิจกรรมและของเสีย

คำนวณคาร์บอนจากวัสดุห่อหุ้มปราศจากเชื้อ วัสดุสิ้นเปลือง และกระบวนการจัดการของเสีย แล้วรวมเข้ากับคาร์บอนจากกระบวนการล้างและทำให้ปราศจากเชื้อ

ขั้นตอนที่ 7 เชื่อมโยงผลลัพธ์สู่ระดับเคสผ่าตัด

นำค่าคาร์บอนของชุดเครื่องมือแต่ละชุดไปเชื่อมโยงกับประเภทของการผ่าตัดหรือหัตถการ เพื่อคำนวณคาร์บอน-ฟุตพริ้นท์ต่อเคสผ่าตัด

3. ตัวชี้วัดผลลัพธ์ (Output Indicators) ผลลัพธ์จากการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์สามารถแสดงได้หลายระดับ เพื่อใช้เปรียบเทียบ วิเคราะห์ และสนับสนุนการตัดสินใจเชิงระบบ

3.1 คาร์บอนฟุตพริ้นท์ต่อรอบเครื่อง ใช้ประเมินประสิทธิภาพของเครื่องล้างและเครื่องึ่งในแต่ละรอบการทำงาน

3.2 คาร์บอนฟุตพริ้นท์ต่อชุดเครื่องมือ ใช้เปรียบเทียบผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมระหว่างชุดเครื่องมือแต่ละประเภท

3.3 คาร์บอนฟุตพริ้นท์ต่อเครื่องมือหนึ่งชิ้น ใช้วิเคราะห์ความเหมาะสมของจำนวนเครื่องมือในแต่ละชุด และใช้ประกอบการปรับปรุงรายการเครื่องมือ

3.4 คาร์บอนฟุตพริ้นท์ต่อเคสผ่าตัด ใช้เชื่อมโยงผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของกระบวนการทำให้เครื่องมือปราศจากเชื้อกับการให้บริการทางศัลยกรรม

4. การตีความผลและการตัดสินใจ (Interpretation and Decision-Making) ผลลัพธ์จากการคำนวณสามารถ

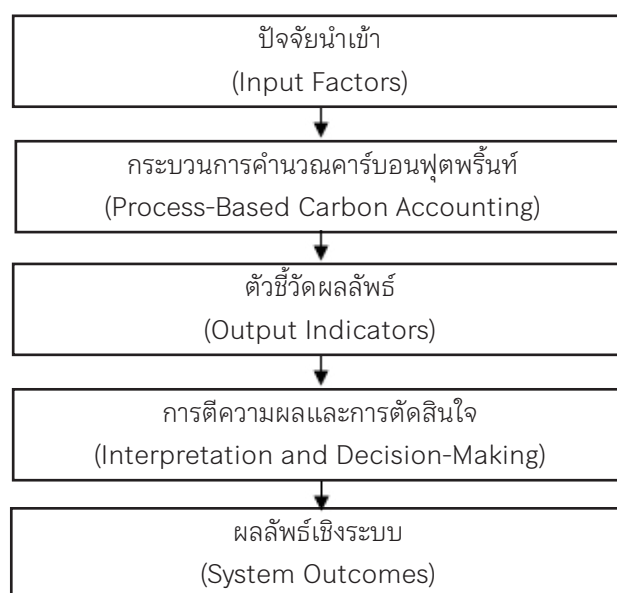
นำไปใช้เพื่อสนับสนุนการบริหารจัดการหน่วยจ่ายกลาง ห้องผ่าตัด และระบบบริการสุขภาพ โดยเน้นการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมควบคู่กับการคงมาตรฐานความปลอดภัยของผู้ป่วย โดยแนวทางการใช้ผลลัพธ์ ได้แก่

- เพิ่มประสิทธิภาพการใช้ความจุของเครื่องล้างและเครื่องึ่ง
- ลดรอบหนึ่งซ้ำที่เกิดจากปัญหาคุณภาพ
- ปรับรายการเครื่องมือในชุดให้เหมาะสมกับการใช้งานจริง
- เลือกระบบห่อหุ้มปราศจากเชื้อที่เหมาะสม
- ลดการใช้วัสดุสิ้นเปลืองที่ไม่จำเป็น
- ปรับปรุงการคัดแยกและการจัดการของเสีย
- สื่อสารข้อมูลคาร์บอนฟุตพริ้นท์ให้กับห้องผ่าตัด ผู้บริหาร และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

5. ผลลัพธ์เชิงระบบ (System Outcomes) กรอบ

แนวคิดนี้มุ่งให้เกิดผลลัพธ์เชิงระบบที่สมดุลระหว่างสิ่งแวดล้อม คุณภาพ ความปลอดภัย และความยั่งยืนของโรงพยาบาล โดยผลลัพธ์ที่คาดหวัง ได้แก่

- ลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากกระบวนการจัดการเครื่องมือปราศจากเชื้อ
- คงคุณภาพของเวชภัณฑ์ปราศจากเชื้อ
- คงมาตรฐานการป้องกันและควบคุมการติดเชื้อ
- ลดความเสี่ยงด้านอาชีวอนามัยของบุคลากร
- สนับสนุนเป้าหมายด้านความยั่งยืนของโรงพยาบาล
- ส่งเสริมการใช้ข้อมูลเชิงประจักษ์ในการบริหารจัดการทรัพยากร
- โครงสร้างกรอบแนวคิดแบบย่อสำหรับใส่ในภาพประกอบบทความ



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของชุดเครื่องมือปราศจากเชื้อ

ภาพที่ 1 แสดงกรอบแนวคิดการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของชุดเครื่องมือปราศจากเชื้อ แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยนำเข้า ได้แก่ ฐานข้อมูลชุดเครื่องมือ ข้อมูลกิจกรรมรายวัน ข้อมูลการใช้ทรัพยากร และข้อมูลบรรจุภัณฑ์และของเสีย กับกระบวนการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ตามกิจกรรมจริงของหน่วยจ่ายกลาง เพื่อนำไปสู่ตัวชี้วัดผลลัพธ์ในระดับรอบเครื่องชุดเครื่องมือ เครื่องมือรายชิ้น และเศษผ้าตัด ผลลัพธ์ดังกล่าวสามารถใช้ในการตีความเชิงบริหาร การปรับปรุงกระบวนการ และการสนับสนุนเป้าหมายความยั่งยืนของโรงพยาบาล โดยยังคงไว้ซึ่งคุณภาพของเวชภัณฑ์ปราศจากเชื้อและมาตรฐานการควบคุมการติดเชื้อ โดยกรอบแนวคิดการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของชุดเครื่องมือปราศจากเชื้อ

อภิปรายผล (Discussion)

กรอบการออกแบบการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกระบวนการทำให้ปราศจากเชื้อในหน่วยจ่ายกลางที่นำเสนอในบทความนี้ ช่วยเชื่อมข้อมูลการปฏิบัติงานประจำกับการตัดสินใจด้านคุณภาพ ความปลอดภัย และความยั่งยืนของโรงพยาบาลได้อย่างเป็นระบบ ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า การคำนวณควรเริ่มจากระดับรอบเครื่อง แล้วจัดสรรคาร์บอนไปสู่ระดับชุดเครื่องมือ เครื่องมือรายชิ้น และเศษผ้าตัด วิธีดังกล่าวทำให้หน่วยงานสามารถเห็นความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรอบเครื่อง การใช้ทรัพยากร ประสิทธิภาพการใช้ความจุของเครื่อง และผลลัพธ์ด้านคาร์บอนได้ชัดเจนขึ้น^{1-5,9}

ประเด็นสำคัญประการแรก คือ การกำหนดขอบเขตและหน่วยหน้าที่มีผลโดยตรงต่อความน่าเชื่อถือของผลการคำนวณ หากขอบเขตไม่ชัดเจน ผลลัพธ์ที่ได้อาจเปรียบเทียบระหว่างช่วงเวลา ระหว่างชุดเครื่องมือ หรือระหว่างหน่วยงานได้ยาก กรอบนี้จึงกำหนดให้เริ่มตั้งแต่เครื่องมือปนเปื้อนเข้าสู่หน่วยจ่ายกลาง จนถึงเวชภัณฑ์ปราศจากเชื้อพร้อมใช้งาน และกำหนดตัวชี้วัด 3 ระดับ ได้แก่ 1) กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อชุดเครื่องมือ 2) กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อเครื่องมือหนึ่งชิ้น และ 3) กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อเศษผ้าตัด ตัวชี้วัดทั้งสองระดับช่วยให้การสื่อสารระหว่างหน่วยจ่ายกลาง ห้องผ่าตัด และผู้บริหารมีความชัดเจนและใช้ประกอบการตัดสินใจได้จริง⁹

ประเด็นที่สอง คือ การใช้คาร์บอนต่อรอบเครื่องเป็นค่าตั้งต้นของการคำนวณมีความเหมาะสมกับลักษณะงานของหน่วยจ่ายกลาง เนื่องจากเครื่องล้างและเครื่องึ่งใช้พลังงาน น้ำ ไอน้ำ และทรัพยากรอื่นเป็นรอบการทำงาน การจัดสรรคาร์บอนจากระดับรอบเครื่องไปยังชุดเครื่องมือจึงสะท้อนผลของประสิทธิภาพการใช้ความจุของเครื่องได้โดยตรง หากจำนวนชุดในรอบเครื่องน้อย คาร์บอนต่อชุดจะสูงขึ้น แม้การใช้ทรัพยากรต่อรอบจะใกล้เคียงเดิม แนวคิดนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Lemonnier และ Talon ที่แสดงให้เห็นว่า หน่วยทำให้ปราศจากเชื้อสามารถประเมินคาร์บอนในระดับหน่วยงาน

และใช้ข้อมูลดังกล่าวเพื่อระบุแหล่งปล่อยคาร์บอนสำคัญได้⁹

ประเด็นที่สาม คือ ความผันแปรของงานจริงต้องถูกนำมาพิจารณาในการตีความผลลัพธ์ หน่วยจ่ายกลางมีปริมาณงานที่เปลี่ยนแปลงตามตารางผ่าตัด หัตถการฉุกเฉิน การคืนชุดเครื่องมือ และเหตุการณ์คุณภาพ เช่น ห่อขึ้น ห่อฉีก หรือการนึ่งซ้ำ ดังนั้น ค่าคาร์บอนต่อชุดที่สูงขึ้นในบางรอบไม่ควรถูกตีความว่าเกิดจากความไม่มีประสิทธิภาพเพียงอย่างเดียว แต่ควรพิจารณาร่วมกับเหตุผลทางคลินิก ความเร่งด่วนของการใช้เครื่องมือ และข้อกำหนดด้านความปลอดภัยของผู้ป่วย การแยกรอบปกติ รอบฉุกเฉิน และรอบทำซ้ำออกจากกันจึงช่วยให้การวิเคราะห์มีความเป็นธรรมและตรงกับสภาพงานจริงมากขึ้น⁴

ประเด็นที่สี่ คือ การจัดทำฐานข้อมูลชุดเครื่องมือเป็นรากฐานสำคัญของการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ หากฐานข้อมูลไม่ครบถ้วนหรือไม่มีความมาตรฐานเดียวกัน การจัดสรรคาร์บอนต่อชุดและต่อเครื่องมือหนึ่งชิ้นจะคลาดเคลื่อนได้ ฐานข้อมูลจึงควรระบุรหัสชุด ชื่อชุด จำนวนเครื่องมือ หน่วยงานผู้ใช้ ชนิดของระบบ ห่อหุ้มปราศจากเชื้อ และเส้นทางกระบวนการของแต่ละชุดอย่างชัดเจน ข้อมูลดังกล่าวยังช่วยสนับสนุนการทบทวนความเหมาะสมของชุดเครื่องมือร่วมกับห้องผ่าตัด เช่น การลดเครื่องมือที่ไม่จำเป็น การลดการเปิดเครื่องมือเพิ่ม และการลดการทำซ้ำจากความไม่ครบถ้วนของชุด⁴⁻⁵

ประเด็นที่ห้า คือ ระบบห่อหุ้มปราศจากเชื้อและการจัดการของเสียเป็นองค์ประกอบที่ควรรวมอยู่ในการคำนวณคาร์บอนต่อชุด ไม่ควรพิจารณาเฉพาะการใช้พลังงานของเครื่องล้างและเครื่องึ่งเท่านั้น การเลือกชนิดบรรจุภัณฑ์ น้ำหนักวัสดุ การใช้ครั้งเดียวหรือใช้ซ้ำ และเส้นทางจัดการของเสียหลังใช้งาน ล้วนมีผลต่อคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของเวชภัณฑ์ปราศจากเชื้อ งานของ Rizan และคณะสนับสนุนว่า การเพิ่มประสิทธิภาพการนึ่งและการเลือกบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมสามารถช่วยลดทั้งคาร์บอนและต้นทุนของกระบวนการทำให้ปราศจากเชื้อได้อย่างไรก็ตาม การลดคาร์บอนจากบรรจุภัณฑ์ต้องไม่เพิ่มความเสี่ยงต่อห่อชำรุด ความขึ้นตกค้าง หรือการปนเปื้อนหลังการทำให้ปราศจากเชื้อ^{5,9}

ประเด็นที่หก คือ การเปรียบเทียบเครื่องมือแพทย์แบบใช้ซ้ำกับแบบใช้ครั้งเดียวต้องพิจารณาตลอดกระบวนการ ไม่ควรสรุปจากชนิดของผลิตภัณฑ์เพียงอย่างเดียว หลักฐานจากงานวิจัยเกี่ยวกับ ureterscope, bronchoscope, central venous catheter insertion kit และ laryngeal mask airway แสดงให้เห็นว่า ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมขึ้นกับจำนวนครั้งใช้ การทำความสะอาด การทำให้ปราศจากเชื้อ การขนส่ง บรรจุภัณฑ์ และการกำจัดของเสีย ดังนั้น กรอบการคำนวณที่ใช้ข้อมูลจริงของหน่วยจ่ายกลางจึงช่วยให้โรงพยาบาลมีข้อมูลเฉพาะบริบทสำหรับประกอบการตัดสินใจด้านการใช้ซ้ำ การจัดซื้อ และการจัดการทรัพยากร^{5,8}

ประเด็นที่เจ็ด คือ การเชื่อมผลลัพธ์จากหน่วยจ่ายกลางไปสู่ระดับเคสผ่าตัดช่วยให้ข้อมูลคาร์บอนมีความหมายต่อทีมคลินิกมากขึ้น การรายงานเฉพาะคาร์บอนต่อรอบเครื่องหรือคาร์บอนต่อชุดอาจเป็นประโยชน์ต่อการบริหารภายในหน่วยจ่ายกลาง แต่การรายงานคาร์บอนต่อเคสผ่าตัดช่วยให้ทีมผ่าตัดเห็นผลของการใช้ชุดเครื่องมือหลายชุด การเปิดรายการแยกชิ้น และการเตรียมเครื่องมือเกินจำเป็น ข้อมูลนี้สามารถใช้สนับสนุนการปรับมาตรฐานชุดเครื่องมือ การลดการเปิดเครื่องมือที่ไม่จำเป็น และการวางแผนทรัพยากรโดยไม่กระทบต่อความปลอดภัยของผู้ป่วย^{6,7,10-14,18}

ประเด็นที่แปด คือ จุดควบคุมคุณภาพควรถูกกำหนดไว้ในทุกขั้นตอนของกระบวนการคำนวณ การลดคาร์บอนในหน่วยจ่ายกลางต้องไม่ลดมาตรฐานการทำให้ปราศจากเชื้อหรือมาตรฐานการควบคุมการติดเชื้อ จุดควบคุมที่สำคัญ ได้แก่ การตรวจสอบความถูกต้องของฐานข้อมูลชุดเครื่องมือ การยืนยันจำนวนรอบเครื่องและจำนวนชุด การตรวจสอบแหล่งที่มาของปัจจัยการปล่อย การทวนสอบหน่วยวัด การบันทึกเหตุการณ์ทำซ้ำ และการทบทวนค่าคาร์บอนที่ผิดปกติ การมีจุดควบคุมเหล่านี้ช่วยให้การลดคาร์บอนดำเนินไปพร้อมกับการรักษาคุณภาพเวชภัณฑ์ปราศจากเชื้อ ความปลอดภัยของผู้ป่วย และความปลอดภัยในการทำงานของบุคลากร¹⁵⁻¹⁷

ในเชิงนโยบาย กรอบนี้สามารถใช้เป็นเครื่องมือสนับสนุนการพัฒนาโรงพยาบาลสู่ความยั่งยืน เพราะช่วยเปลี่ยนข้อมูลการทำงานประจำให้เป็นตัวชี้วัดที่ตรวจสอบได้และสื่อสารได้กับหลายฝ่าย หน่วยจ่ายกลางสามารถใช้ข้อมูลนี้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ความจุของเครื่อง ลดรอบทำซ้ำ ปรับรูปแบบการจัดชุดเครื่องมือ เลือกระบบท่อหุ้มปราศจากเชื้อที่เหมาะสม และปรับปรุงการคัดแยกของเสีย ภายใต้หลักการสำคัญว่า การลดคาร์บอนต้องไม่ลดทอนคุณภาพการดูแลหรือความปลอดภัยของผู้ป่วย⁹ อย่างไรก็ตาม บทความนี้เป็นการพัฒนากรอบเชิงวิธียาจากการสังเคราะห์หลักฐานและลำดับงานของหน่วยจ่ายกลาง ยังไม่ใช่การทดลองใช้ในระบบงานจริงของโรงพยาบาล ผลลัพธ์ที่นำเสนอจึงควรตีความในฐานะกรอบการคำนวณและแนวทางการประยุกต์ใช้ ไม่ใช่ค่าคาร์บอนมาตรฐานของเครื่องมือหรือกระบวนการใดกระบวนการหนึ่ง การศึกษาระยะต่อไปควรนำกรอบนี้ไปทดลองใช้ในหน่วยจ่ายกลางจริง เพื่อประเมินความเป็นไปได้ของการเก็บข้อมูล ความถูกต้องของการจัดสรรค่าคาร์บอน จุดอ่อนของกระบวนการคำนวณ และการพัฒนาค่าคาร์บอนอ้างอิงสำหรับเครื่องมือ ชุดเครื่องมือ และกระบวนการทำให้ปราศจากเชื้อในบริบทของโรงพยาบาลไทย

โดยสรุป กรอบการคำนวณที่นำเสนอช่วยให้หน่วยจ่ายกลางสามารถประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากข้อมูลการปฏิบัติงานจริง และเชื่อมผลลัพธ์กับการบริหารคุณภาพ ความปลอดภัย และความยั่งยืนได้อย่างเป็นระบบ จุดเด่นของกรอบนี้คือ การเริ่มคำนวณจากระดับรอบเครื่อง การจัดสรรคาร์บอนสู่ระดับชุดและรายชิ้น การรวมบรรจุภัณฑ์และของเสีย และการเชื่อมผลลัพธ์

สู่ระดับเคสผ่าตัด แนวทางดังกล่าวช่วยให้การลดคาร์บอนเป็นส่วนหนึ่งของการพัฒนาคุณภาพงานปราศจากเชื้อ ไม่ใช่งานด้านสิ่งแวดล้อมที่แยกออกจากระบบบริการสุขภาพ

บทสรุป (Conclusion)

บทความนี้นำเสนอกรอบการออกแบบการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกระบวนการทำให้ปราศจากเชื้อในหน่วยจ่ายกลางและทำให้ปราศจากเชื้อ โดยพัฒนาจากหลักฐานด้านการประเมินวงจรชีวิต การทำบัญชีคาร์บอนเชิงกระบวนการ การบริหารคุณภาพ การควบคุมการติดเชื้อ และความปลอดภัยในการทำงาน กรอบดังกล่าวมุ่งแปลงข้อมูลจากการปฏิบัติงานประจำ เช่น จำนวนรอบเครื่องล้าง จำนวนรอบเครื่องึ่ง จำนวนชุดเครื่องมือ วัสดุท่อหุ้มปราศจากเชื้อ และข้อมูลการจัดการของเสีย ให้เป็นตัวชี้วัดที่สามารถตรวจสอบ เปรียบเทียบ และใช้ประกอบการตัดสินใจได้

กรอบการคำนวณประกอบด้วยขั้นตอนสำคัญ ได้แก่ การกำหนดขอบเขตและหน่วยหน้าที่ การจัดทำฐานข้อมูลชุดเครื่องมือ การเก็บข้อมูลกิจกรรมรายวัน การคำนวณคาร์บอนต่อรอบเครื่อง การจัดสรรคาร์บอนสู่ระดับชุดเครื่องมือและเครื่องมือรายชิ้น การรวมผลกระทบจากระบบท่อหุ้มปราศจากเชื้อ และการจัดการของเสีย และการเชื่อมโยงผลลัพธ์สู่ระดับเคสผ่าตัด ขั้นตอนเหล่านี้ช่วยให้หน่วยจ่ายกลางสามารถเห็นความสัมพันธ์ระหว่างการใช้ทรัพยากร ประสิทธิภาพของรอบเครื่อง เหตุการณ์คุณภาพ และผลกระทบด้านคาร์บอนได้ชัดเจนขึ้น โดยสาระสำคัญของกรอบนี้คือ การลดคาร์บอนไม่ควรดำเนินแยกจากคุณภาพและความปลอดภัย การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ความจุของเครื่อง การลดการทำซ้ำจากเหตุการณ์คุณภาพ การปรับรายการเครื่องมือให้เหมาะสม และการเลือกใช้ระบบท่อหุ้มปราศจากเชื้ออย่างเหมาะสม อาจช่วยลดการใช้ทรัพยากรลดภาระงาน และลดความเสี่ยงด้านอาชีวอนามัยได้ โดยต้องไม่กระทบต่อความปลอดภัยของผู้ป่วย ความคงสภาพความปราศจากเชื้อ และมาตรฐานการควบคุมการติดเชื้อ

อย่างไรก็ตาม บทความนี้เป็นกรอบการนำเสนอเชิงวิธียา ยังไม่ใช่ผลการทดลองใช้จริงในระบบงานของโรงพยาบาล และยังไม่สามารถสรุปเป็นค่าคาร์บอนอ้างอิงของเครื่องมือหรือกระบวนการใดกระบวนการหนึ่งได้ การศึกษาต่อไปควรนำกรอบนี้ไปทดลองใช้ในหน่วยจ่ายกลางจริง เพื่อประเมินความเป็นไปได้ของการเก็บข้อมูล ความถูกต้องของการจัดสรรคาร์บอน จุดอ่อนของกระบวนการคำนวณ และการพัฒนาค่าคาร์บอนอ้างอิงที่เหมาะสมกับบริบทของโรงพยาบาลไทย โดยสรุป กรอบการคำนวณที่นำเสนอเป็นแนวทางเบื้องต้นสำหรับการพัฒนาระบบข้อมูลด้านคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในหน่วยจ่ายกลาง ช่วยสนับสนุนการบริหารงานที่เชื่อมโยงคุณภาพ ความปลอดภัย และความยั่งยืนเข้าด้วยกันอย่างเป็นระบบ และสามารถใช้เป็นฐานสำหรับการวิจัยภาคสนามและการพัฒนามาตรการลดคาร์บอนในโรงพยาบาลต่อไป

กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgements)

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณงานเวชภัณฑ์ปลอดเชื้อ โรงพยาบาลรามาธิบดี จักรีนฤพดินทร์ สถาบันการแพทย์จักรีนฤพดินทร์ คณะแพทยศาสตร์โรงพยาบาลรามาธิบดี มหาวิทยาลัยมหิดล ที่ให้ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับกระบวนการปฏิบัติงานในหน่วยจ่ายกลาง อันเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนากรอบการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกระบวนการทำให้ปราศจากเชื้อ ขอขอบคุณบุคลากรที่เกี่ยวข้องในหน่วยงานจ่ายกลางและหน่วยงานสนับสนุน ที่ให้ข้อคิดเห็นเกี่ยวกับลักษณะงานจริง ขั้นตอนการทำงาน การควบคุมคุณภาพ และประเด็นด้านความปลอดภัยในการทำงาน ซึ่งช่วยให้กรอบการคำนวณที่น่าเสนอมีความสอดคล้องกับบริบทการปฏิบัติงานของโรงพยาบาลมากยิ่งขึ้น ข้อคิดเห็นและการสนับสนุนดังกล่าวมีส่วนสำคัญต่อการพัฒนาบทความวิชาการฉบับนี้ให้มีความชัดเจน เป็นระบบ และสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางเบื้องต้นสำหรับการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในหน่วยจ่ายกลางต่อไป

เอกสารอ้างอิง

1. The Shift Project. *Décarboner la santé pour soigner durablement*. The Shift Project; 2023. <https://theshiftproject.org/publications/decarboner-sante-soigner-durablement/>. Accessed December 29, 2025.
2. Keller RL, Muir K, Roth F, Jattke M, Stucki M. From bandages to buildings: Identifying the environmental hotspots of hospitals. *J Clean Prod*. 2021;319:128479. doi:10.1016/j.jclepro.2021.128479
3. Cimprich A, Young SB. Environmental footprinting of hospitals: Organizational life cycle assessment of a Canadian hospital. *J Ind Ecol*. 2023;27(5):1335-1353. doi:10.1111/jiec.13425
4. Lemonnier J, Talon D. 1ISG-027 Carbon footprint of a sterilisation unit. *Eur J Hosp Pharm*. 2021;28(Suppl 1):A4.1. doi:10.1136/ejpharm-2021-eahpconf.8
5. Rizan C, Lillywhite R, Reed M, Bhutta MF. Minimising carbon and financial costs of steam sterilisation and packaging of reusable surgical instruments. *Br J Surg*. 2022;109(2):200-210. doi:10.1093/bjs/znab406
6. Goubil A, Lefèvre K, Couret C, et al. Understanding and quantifying the environmental impact of sterile medical devices: A carbon footprint study of single-use electrosurgical scalpels and their reusable alternatives. *BMJ Surg Interv Health Technol*. 2025;7:e000348. doi:10.1136/bmjsit-2024-000348
7. Davis NF, McGrath S, Quinlan M, et al. Carbon footprint in flexible ureteroscopy: A comparative study on the environmental impact of reusable and single-use ureteroscopes. *J Endourol*. 2018;32(3):214-217. doi:10.1089/end.2018.0001
8. Krohn M, Fengler J, Mickley T, Flessa S. Analysis of processes and costs of alternative packaging options of sterile goods in hospitals: A case study in two German hospitals. *Health Econ Rev*. 2019;9(1):1. doi:10.1186/s13561-018-0218-2
9. Greenhouse Gas Protocol. *Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard*. World Resources Institute; World Business Council for Sustainable Development; 2011. https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/Product-Life-Cycle-Accounting-Reporting-Standard_041613.pdf. Accessed December 29, 2025.
10. Lilholt Sørensen B. Comparative study on environmental impacts of reusable and single-use bronchoscopes. *Am J Environ Prot*. 2018;7(4):55-62. doi:10.11648/j.ajep.20180704.11
11. McGain F, McAlister S, McGavin A, Story D. A life cycle assessment of reusable and single-use central venous catheter insertion kits. *Anesth Analg*. 2012;114(5):1073-1080. doi:10.1213/ANE.0b013e31824e9b69
12. Eckelman MJ, Mosher M, Gonzalez A, Sherman JD. Comparative life cycle assessment of disposable and reusable laryngeal mask airways. *Anesth Analg*. 2012;114(5):1067-1072. doi:10.1213/ANE.0b013e31824f6959
13. Hogan D, Rauf H, Kinnear N, et al. The carbon footprint of single-use flexible cystoscopes compared with reusable cystoscopes. *J Endourol*. 2022;36(11):1460-1464. doi:10.1089/end.2021.0891
14. Rizan C, Bhutta MF. Re: The carbon footprint of single-use flexible cystoscopes compared

with reusable cystoscopes: Methodological flaws led to the erroneous conclusion that single-use is better. *J Endourol.* 2022;36(11):1466-1467. doi:10.1089/end.2022.0482

15. Thiel CL, Eckelman M, Guido R, Huddleston M, Landis AE, Sherman JD. Environmental impacts of surgical procedures: Life cycle assessment of hysterectomy in the United States. *Environ Sci Technol.* 2015;49(3):1779-1786. doi:10.1021/es504719g
16. McGain F, Wickramarachchi K, Aye L, et al. The carbon footprint of total knee replacements. *Aust Health Rev.* 2024;48(6):664-672. doi:10.1071/AH24154
17. Boberg L, Singh J, Montgomery A, et al. Environmental impact of single-use, reusable, and mixed trocar systems used for laparoscopic cholecystectomies. *PLoS One.* 2022;17(7):e0271601. doi:10.1371/journal.pone.0271601
18. MacNeill AJ, Hopf H, Khanuja A, et al. Transforming the medical device industry: Road map to a circular economy. *Health Aff (Millwood).* 2020;39(12):2088-2097. doi:10.1377/hlthaff.2020.01118

Online Access

<https://he02.tci-thaijo.org/index.php/jcra/article/view/279637>



การอ้างอิง

วิทยา ขาญชัย, โสภาสีณี จิตรจูลรัตน์มณี, และกัตติกา สุขวัลย์. การออกแบบกรอบการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกระบวนการทำให้ปราศจากเชื้อในหน่วยงานจ่ายกลางและทำให้ปราศจากเชื้อ. *วารสารวิชาการราชวิทยาลัยจุฬาภรณ์.* 2569; 8(4): 335-348. <https://he02.tci-thaijo.org/index.php/jcra/article/view/279637>

Chanchai W, Chitrachulrattanamanee S, and Sukaval K. A Process-Based Framework to Calculate the Carbon Footprint of Sterile Processing in Central Sterile Supply Departments. *J Chulabhorn Royal Acad.* 2026;8(4): 335-348. <https://he02.tci-thaijo.org/index.php/jcra/article/view/279637>

Research article

ผลของรูปแบบการดูแลตนเองเพื่อป้องกันภาวะแทรกซ้อนทางไต
ในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2: การวิจัยกึ่งทดลอง

Effects of a Self-Care Model on the Prevention of Kidney Complications
in Patients with Type 2 Diabetes: A Quasi-Experimental Study

ณัฐวิโรจน์ ชูดำ¹, สิรินทรา ฟุตระกุล², ศศินาภรณ์ โลหิตไทย³
Nattawiroot Choodum¹, Sirintra Futrakul², Sasinaporn Lohitthai³

¹คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

²คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

³คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

¹Faculty of Nursing, Songkhla Rajabhat University

²Faculty of Nursing, Nakhon Ratchasima Rajabhat University

³Faculty of Nursing, Rambhai Barni Rajabhat University

*Corresponding Author, e-mail: Sirintra.f@nrru.ac.th

Received: 31 December 2025; Revised: 3 April 2026; Accepted: 17 April 2026

บทคัดย่อ

ความเป็นมาและวัตถุประสงค์: โรคไตจากเบาหวานเป็นภาวะแทรกซ้อนสำคัญของผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ซึ่งส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตและภาระค่าใช้จ่ายด้านสุขภาพ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของรูปแบบต่อความรู้ ความสามารถในการกำกับตนเอง และพฤติกรรมการดูแลตนเอง **วิธีการศึกษา:** การวิจัยแบบกึ่งทดลอง ใช้รูปแบบหนึ่งกลุ่มวัดก่อนและหลังการทดลอง ดำเนินการศึกษาในช่วงเดือนมิถุนายน-สิงหาคม พ.ศ. 2568 กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 จำนวน 44 คน ที่มารับบริการ ณ คลินิกโรคเบาหวาน โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลมะค่า จังหวัดนครราชสีมา เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย (1) รูปแบบการดูแลตนเองที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น (2) แบบสอบถามความรู้เกี่ยวกับโรคเบาหวานและการป้องกันภาวะแทรกซ้อนทางไต (3) แบบสอบถามความสามารถในการกำกับตนเอง และ (4) แบบสอบถามพฤติกรรมการดูแลตนเอง วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนาและสถิติทดสอบค่าทีแบบไม่อิสระ **ผลการศึกษา:** ภายหลังการเข้าร่วมโปรแกรม กลุ่มตัวอย่างมีคะแนนเฉลี่ยความรู้เกี่ยวกับโรคเบาหวาน ความสามารถในการกำกับตนเอง และพฤติกรรมการดูแลตนเองสูงกว่าก่อนเข้าร่วมโปรแกรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$) **บทสรุป:** รูปแบบการดูแลตนเองที่พัฒนามีประสิทธิภาพในการส่งเสริมศักยภาพของผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ในการดูแลตนเอง และสนับสนุนการป้องกันภาวะแทรกซ้อนทางไต สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาการดูแลผู้ป่วยในหน่วยบริการสุขภาพระดับปฐมภูมิได้

คำสำคัญ: การดูแลตนเอง, การกำกับตนเอง, โรคเบาหวานชนิดที่ 2, ภาวะแทรกซ้อนทางไต

Abstract

Background and Objectives: Diabetic kidney disease is a major complication among patients with type 2 diabetes mellitus and is associated with progressive renal deterioration, reduced quality of life, and increased healthcare burden. This study aimed to examine the effects of a self-regulation-based self-care promotion model on knowledge, self-regulation ability, and self-care behaviors among patients with type 2 diabetes mellitus. **Methods:** This quasi-experimental study employed a one-group pretest-posttest design. The study was conducted between June and August 2025. The participants consisted of 44 patients with

type 2 diabetes mellitus receiving services at the diabetes clinic of Makha Subdistrict Health Promoting Hospital, Nakhon Ratchasima Province. The research instruments included: (1) a self-care promotion model developed by the researcher, (2) a questionnaire on diabetes knowledge and prevention of diabetic kidney complications, (3) a self-regulation ability questionnaire, and (4) a self-care behavior questionnaire. Data were analyzed using descriptive statistics and paired t-test. **Results:** After participation in the program, the participants demonstrated significantly higher mean scores in diabetes knowledge, self-regulation ability, and self-care behaviors compared with the pre-intervention period ($p < .05$). **Conclusion:** The developed self-care promotion model was effective in enhancing self-care capacity among patients with type 2 diabetes mellitus and supporting the prevention of diabetic kidney complications. The findings suggest that the model could serve as a practical approach for strengthening diabetes care and promoting self-management in primary healthcare settings.

Keywords: Kidney complications, Self-care, Self-regulation, Type 2 diabetes mellitus

บทนำ

โรคเบาหวานเป็นโรคไม่ติดต่อเรื้อรังที่เป็นปัญหาสำคัญทางสาธารณสุขทั่วโลก และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ภาวะน้ำตาลในเลือดสูงเรื้อรังสามารถก่อให้เกิดความเสียหายต่ออวัยวะหลายระบบ โดยเฉพาะระบบหัวใจและหลอดเลือด ระบบประสาท และระบบไต ซึ่งส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตของผู้ป่วยอย่างมาก¹ ภาวะแทรกซ้อนทางไตจากเบาหวาน (diabetic nephropathy) เป็นภาวะแทรกซ้อนเรื้อรังที่สำคัญ และเป็นสาเหตุหลักของโรคไตเรื้อรังและโรคไตระยะสุดท้ายในผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2 โดยการดำเนินโรคมักเป็นไปอย่างช้าและไม่แสดงอาการในระยะเริ่มต้น ทำให้ผู้ป่วยขาดการตระหนักรู้และไม่ได้รับการดูแลป้องกันอย่างเหมาะสม ส่งผลให้เกิดภาวะแทรกซ้อนรุนแรงและเพิ่มภาระค่าใช้จ่ายด้านการรักษาอย่างต่อเนื่อง²

สถานการณ์โรคไตเรื้อรังในประเทศไทยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยโรคเบาหวานและโรคความดันโลหิตสูงเป็นสาเหตุสำคัญของการเกิดโรคไตเรื้อรัง ผู้ป่วยที่มีภาวะไตเสื่อมจำเป็นต้องได้รับการรักษาด้วยการฟอกเลือด การล้างไตทางช่องท้อง หรือการปลูกถ่ายไต ซึ่งล้วนเป็นการรักษาที่มีค่าใช้จ่ายสูงและส่งผลกระทบต่อผู้ป่วย ครอบครัว และระบบบริการสุขภาพของประเทศ³ ปัจจุบันที่มีความสัมพันธ์กับการเกิดภาวะแทรกซ้อนทางไตในผู้ป่วยโรคเบาหวาน ได้แก่ การควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดและความดันโลหิตที่ไม่เหมาะสม รวมถึงพฤติกรรมการดูแลตนเองที่ไม่ถูกต้อง เช่น การบริโภคอาหารที่ไม่เหมาะสม การขาดการออกกำลังกาย การรับประทานยาไม่สม่ำเสมอ การสูบบุหรี่ และการใช้ยาแก้ปวดเป็นเวลานาน ซึ่งปัจจัยดังกล่าวสามารถป้องกันหรือชะลอการเกิดภาวะแทรกซ้อนได้ หากผู้ป่วยมีความรู้และสามารถดูแลตนเองได้อย่างเหมาะสม^{2,4}

โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลมะค่าเป็นหน่วยบริการสุขภาพระดับปฐมภูมิที่ให้บริการดูแลผู้ป่วยโรคเบาหวานอย่างต่อเนื่อง แม้ว่าจะมีการดำเนินงานด้านการรักษาและการให้สุขศึกษาแก่ผู้ป่วยโรคเบาหวาน แต่ยังพบแนวโน้มการเกิด

ภาวะแทรกซ้อนทางไตเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง สอดคล้องกับสถานการณ์โรคไตเรื้อรังในจังหวัดนครราชสีมาและระดับประเทศ จากรายงานคลินิกโรคเรื้อรัง รพ.สต.มะค่า ปี พ.ศ.2568 พบว่า ผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ส่วนหนึ่งยังไม่สามารถควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดได้ตามเกณฑ์ และเริ่มมีภาวะเสี่ยงต่อการเกิดภาวะแทรกซ้อนทางไตเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ ยังพบว่าผู้ป่วยบางส่วนมีพฤติกรรมการดูแลตนเองที่ไม่เหมาะสม ขาดความต่อเนื่องในการควบคุมอาหาร การออกกำลังกาย และการรับประทานยา ส่งผลให้การควบคุมโรคไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอ

จากการวิเคราะห์สภาพปัญหา พบว่า ผู้ป่วยยังขาดความรู้ ทักษะการดูแลตนเอง และความสามารถในการกำกับตนเองในการควบคุมพฤติกรรมสุขภาพ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการควบคุมโรคและการป้องกันภาวะแทรกซ้อนทางไต ดังนั้น ผู้วิจัยจึงประยุกต์ใช้แนวคิดการดูแลตนเองของโอเชมร่วมกับแนวคิดการกำกับตนเองของเบนดูรา เพื่อพัฒนารูปแบบส่งเสริมการดูแลตนเองสำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2 โดยมุ่งเน้นการส่งเสริมความรู้ ความสามารถในการกำกับตนเอง และพฤติกรรมการดูแลตนเอง เพื่อป้องกันภาวะแทรกซ้อนทางไต และส่งเสริมคุณภาพชีวิตของผู้ป่วยในระยะยาว

วิธีการศึกษา

รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยแบบกึ่งทดลอง (Quasi-experimental research) แบบหนึ่งกลุ่มวัดก่อนและหลังการทดลอง (One-group pretest-posttest design) เพื่อศึกษาผลของรูปแบบการดูแลตนเองต่อความรู้ ความสามารถในการกำกับตนเอง การดูแลตนเอง และพฤติกรรมการดูแลตนเองของผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรเป้าหมายในการวิจัย คือ ผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ที่มารับบริการที่คลินิกโรคเบาหวาน โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลมะค่า ตำบลบ้านโพธิ์ อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา

กลุ่มตัวอย่าง คือ ผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2 จำนวน 44 คน คัดเลือกกลุ่มตัวอย่างโดยวิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling) ตามเกณฑ์คุณสมบัติที่กำหนด ขนาดกลุ่มตัวอย่างคำนวณโดยใช้โปรแกรม G*Power สำหรับการทดสอบค่าเฉลี่ยแบบกลุ่มเดียวก่อน-หลัง (paired t-test) โดยกำหนดขนาดอิทธิพล (effect size) เท่ากับ .5 ระดับนัยสำคัญทางสถิติ (α) เท่ากับ .05 และอำนาจการทดสอบ (power) เท่ากับ .80 ได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างขั้นต่ำจำนวน 34 คน และเพื่อป้องกันการสูญหายของข้อมูล ผู้วิจัยจึงเพิ่มขนาดตัวอย่างเป็นจำนวน 44 คน มีเกณฑ์คัดเลือกเข้าศึกษา ได้แก่

1. ได้รับการวินิจฉัยจากแพทย์ว่าเป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2
2. มีอายุ 18 ปีขึ้นไป
3. สามารถสื่อสารภาษาไทยได้
4. สม่ใจเข้าร่วมการวิจัยและให้ความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษร

เกณฑ์คัดออกจากการศึกษา ได้แก่ ผู้ป่วยที่มีภาวะแทรกซ้อนรุนแรงหรือมีภาวะเจ็บป่วยที่เป็นอุปสรรคต่อการเข้าร่วมกิจกรรมตามโปรแกรม

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่

1. เครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินการทดลอง คือ รูปแบบการดูแลตนเองตามแนวคิดการดูแลตนเองและการกำกับตนเองเป็นรูปแบบของกิจกรรมที่มุ่งส่งเสริมให้ผู้ป่วยโรคเบาหวานมีพฤติกรรมในการดูแลตนเองที่เหมาะสม สร้างกิจกรรมการดูแลตนเองที่ประยุกต์จากทฤษฎีในการดูแลตนเองของโอเรม และการกำกับตนเองของแบนดรา เพื่อให้ผู้ป่วยสามารถดูแลตนเองและควบคุมระดับน้ำตาลได้ โดยดำเนินการกิจกรรมต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ มี 4 กิจกรรม กิจกรรมละ 60 - 90 นาที คือ

กิจกรรมที่ 1 ดำเนินกิจกรรม ณ ห้องประชุมโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลละค่า ใช้ระยะเวลา 90 นาที พัฒนาการรับรู้ในการดูแลตนเองและสร้างความตระหนักโดยรับชมวีดิทัศน์เรื่อง "ภาวะแทรกซ้อนของโรคเบาหวาน" โดยรับชมตัวแบบทั้งดีและไม่ดีผ่านวีดิทัศน์ ให้ความรู้โดยการบรรยายใช้สไลด์ประกอบการบรรยายที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เรื่องความรู้ในการดูแลตนเองของผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ในด้านการรับประทานอาหาร การออกกำลังกาย การรับประทานยา และการจัดการความเครียด เพื่อควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดให้เหมาะสม เพื่อให้รับรู้ตนเองถึงการปฏิบัติตัวในรูปแบบต่าง ๆ สังเกตตนเองว่าทำได้ดีพอหรือยัง เสนอแนะวิธีทางเลือกสุขภาพให้กลุ่มตัวอย่างคิดตัดสินใจด้วยตนเอง โดยผู้วิจัยเป็นผู้ชี้แนะ และกระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้ร่วมกัน

กิจกรรมที่ 2 ดำเนินกิจกรรม ณ ห้องประชุมโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลละค่า ใช้ระยะเวลา 90 นาที พัฒนาทักษะในการดูแลและกำกับตนเองเพื่อควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด เน้นการฝึกทักษะปฏิบัติการดูแลตนเองในเรื่อง การเลือกรับประทาน

อาหาร การผ่อนคลายความเครียด การออกกำลังกาย และการรับประทานยา กิจกรรมตั้งเป้าหมายและวางแผนการดูแลตนเองเพื่อควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด โดยใช้การประเมินตนเองและสังเกตจากค่าระดับน้ำตาลในเลือด ตั้งเป้าหมายระดับน้ำตาลของตนเอง พร้อมตัดสินใจเลือกวิธีการดูแลตนเองที่เหมาะสมกับตนเอง เป็นระยะเวลา 30 นาทีพร้อมทบทวนการฝึกทักษะต่าง ๆ ที่เคยได้รับความรู้ในครั้งที่แล้ว

กิจกรรมที่ 3 ส่งเสริมการดูแลและการกำกับตนเองโดยติดตามทางโทรศัพท์รายบุคคล (Tele-nursing) 2 ครั้ง ห่างกัน 2 สัปดาห์ ครั้งละ 15 - 30 นาที โดยผู้วิจัยให้ข้อมูลเสริมและกระตุ้นเตือน เสริมแรงให้กำลังใจเรื่องต่าง ๆ ให้ผู้ป่วยสามารถดูแลตนเองได้ประเมินเป้าหมายว่าผู้ป่วยสามารถปฏิบัติได้มากน้อยเพียงใด มีปัญหาและอุปสรรคในด้านใดบ้างพร้อมหาแนวทางการแก้ไขปัญหาร่วมกัน พร้อมให้คำแนะนำร่วมกับญาติผู้ดูแล เปิดโอกาสให้ซักถามพูดคุย ให้กำลังใจซึ่งกันและกันให้ฝ่าฟันอุปสรรคนี้ไปด้วยกันพูดคุยใจในการปรับเปลี่ยนพฤติกรรม ร่วมกับการฝึกทักษะที่จำเป็นรายบุคคล กำกับ ชี้แนะ ติดตามการดูแลตนเองและการกำกับตนเองของผู้ป่วย เปิดโอกาสให้ซักถามสนับสนุนการกำกับตนเองให้บรรลุเป้าหมาย ให้คำปรึกษา และกระตุ้นเตือนให้มาตรวจตามนัด

กิจกรรมที่ 4 สรุปผลและแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ดำเนินกิจกรรม ณ ห้องประชุมโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลละค่า ภายหลังเสร็จสิ้นการติดตามทางโทรศัพท์ครั้งที่ 2 โดยนำกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมกิจกรรมเป็นรายกลุ่ม ใช้ระยะเวลา 1 ชั่วโมง 30 นาที ผู้วิจัยดำเนินกิจกรรมอภิปราย แลกเปลี่ยนความคิดเห็น ให้ข้อมูลป้อนกลับ เปิดโอกาสให้ผู้ป่วยซักถาม ภายหลังเสร็จสิ้นกิจกรรม ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลหลังการทดลอง (post-test) โดยใช้แบบสอบถามชุดเดียวกับก่อนการทดลอง ซึ่งใช้ระยะเวลาในการตอบแบบสอบถามประมาณ 30 - 45 นาที และร่วมกันสรุปผล

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วย

ส่วนที่ 1 แบบสอบถามข้อมูลส่วนบุคคล ประกอบด้วยข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา อาชีพ ระยะเวลาการเป็นโรคเบาหวาน ประวัติการเจ็บป่วยร่วม และประวัติการรักษาโรคเบาหวาน ลักษณะคำถามเป็นแบบเลือกตอบและเติมคำ

ส่วนที่ 2 แบบสอบถามความรู้เกี่ยวกับโรคเบาหวานและการป้องกันภาวะแทรกซ้อนทางไต ซึ่งผู้วิจัยสร้างขึ้นจากการทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับโรคเบาหวานและการป้องกันภาวะแทรกซ้อนทางไต ประกอบด้วยข้อคำถามจำนวน 12 ข้อ ลักษณะคำถามเป็นแบบเลือกตอบ 3 ตัวเลือก คือ ใช่ ไม่ใช่ ไม่ทราบ และมีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้ ตอบถูก ได้ 1 คะแนน และตอบผิดหรือตอบไม่ทราบได้ 0 คะแนน คะแนนเต็ม 12 คะแนน คะแนนมากแสดงว่ามีความรู้เกี่ยวกับโรคเบาหวานและการป้องกันภาวะแทรกซ้อนทางไตดี

ส่วนที่ 3 แบบสอบถามความสามารถในการกำกับตนเอง เป็นแบบสอบถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อประเมินความสามารถของผู้ป่วยในการกำกับตนเองด้านสุขภาพ ได้แก่ การตั้งเป้าหมาย การวางแผน การติดตาม และการประเมินพฤติกรรมของตนเอง ลักษณะคำถามเป็นแบบมาตราประมาณค่า 5 ระดับ ตั้งแต่ 1 - 5 คะแนน จำนวน 12 ข้อ คะแนนรวมอยู่ระหว่าง 12 - 60 คะแนน คะแนนรวมสูงแสดงถึงความสามารถในการกำกับตนเองในระดับสูง

ส่วนที่ 4 แบบสอบถามพฤติกรรมการดูแลตนเอง เป็นแบบสอบถามที่ใช้ประเมินพฤติกรรมการดูแลตนเองในชีวิตประจำวันของผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2 เช่น พฤติกรรมการรับประทานอาหาร การออกกำลังกาย การเข้ายา การหลีกเลี่ยงปัจจัยเสี่ยง และการมาตรวจติดตามตามนัด ลักษณะคำถามเป็นแบบมาตราประมาณค่า (Likert scale) 4 ระดับ จำนวน 12 ข้อ โดยให้คะแนนตั้งแต่ 1 - 4 คะแนน คะแนนอยู่ระหว่าง 12 - 48 คะแนน คะแนนมากแสดงว่า มีพฤติกรรมการดูแลตนเองดี

ความตรงเชิงเนื้อหาของเครื่องมือ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้รับการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาโดยผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านการพยาบาลผู้ป่วยโรคเรื้อรัง การสาธารณสุข และการวิจัยทางสุขภาพ โดยรูปแบบการดูแลตนเองตามแนวคิดการดูแลตนเองและการกำกับตนเอง ผู้วิจัยได้ปรับแก้ตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิก่อนนำไปใช้ ส่วนเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล คำนวณดัชนีความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity Index: CVI) ผลการประเมินพบว่าแบบสอบถามความรู้เกี่ยวกับโรคเบาหวานและการป้องกันภาวะแทรกซ้อนทางไต มีค่าดัชนีความตรงเชิงเนื้อหาในระดับรายข้อ (I-CVI) อยู่ระหว่าง 0.67 - 1.00 และค่าดัชนีความตรงเชิงเนื้อหาในระดับแบบสอบถาม (S-CVI/Ave) เท่ากับ 0.83 แบบสอบถามความสามารถในการกำกับตนเอง มีค่า I-CVI อยู่ระหว่าง 0.67 - 1.00 และค่า S-CVI/Ave เท่ากับ 0.86 และแบบสอบถามพฤติกรรมการดูแลตนเอง มีค่า I-CVI อยู่ระหว่าง 0.67 - 1.00 และค่า S-CVI/Ave เท่ากับ 0.89 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้ เครื่องมือได้รับการปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิก่อนนำไปใช้เก็บรวบรวมข้อมูลจริง

การตรวจสอบความเที่ยงของเครื่องมือ (Reliability) ผู้วิจัยนำเครื่องมือที่ผ่านการปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้กับกลุ่มที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน ณ โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านโพธิ์ อำเภอมือง จังหวัดนครราชสีมา

และเป็นผู้ไม่ใช้กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ จากนั้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยง แบบสอบถามความรู้เกี่ยวกับโรคเบาหวานและการป้องกันภาวะแทรกซ้อนทางไต มีค่าความเที่ยงตามสูตรครุเดอร์-ริชาร์ดสัน (KR-20) เท่ากับ .82 แบบสอบถามความสามารถในการกำกับตนเอง แบบสอบถามการดูแลตนเอง เท่ากับ .86 แบบสอบถามพฤติกรรมการดูแลตนเอง มีค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค เท่ากับ .82, .88, .86, และ .90 ตามลำดับ แสดงว่าเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้มีความเที่ยงอยู่ในระดับเหมาะสมสำหรับนำไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัย

การเก็บรวบรวมข้อมูล การดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยแบ่งออกเป็น 3 ระยะ ได้แก่

ระยะก่อนการทดลอง ผู้วิจัยเข้าพบกลุ่มตัวอย่าง ณ คลินิกโรคเบาหวาน โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลมะค่า ตำบลบ้านโพธิ์ อำเภอมือง จังหวัดนครราชสีมา ในวันที่ผู้ป่วยมาตรวจตามนัด โดยกลุ่มตัวอย่างได้รับการชี้แจงวัตถุประสงค์ ขั้นตอนการวิจัย และลงนามในแบบแสดงความยินยอม จากนั้นเก็บข้อมูลก่อนการทดลองโดยใช้แบบสอบถามที่กำหนด

ระยะการทดลอง กลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมรูปแบบการดูแลตนเองตามกิจกรรมที่กำหนด ระยะเวลา 6 สัปดาห์

ระยะหลังการทดลอง ภายหลังสิ้นสุดการทดลอง ผู้วิจัยเก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามชุดเดียวกับก่อนการทดลอง

การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลที่ได้อาจจากการวิจัยนำมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ทางสถิติ โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และใช้สถิติเชิงอนุมาน ได้แก่ การทดสอบค่าทีแบบไม่อิสระ (Dependent t-test) เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยก่อนและหลังการทดลอง กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

การพิทักษ์สิทธิกลุ่มตัวอย่าง

การวิจัยนี้ได้รับการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ HE-RDI-NRRU.093/2568 ลงวันที่ 30 พฤษภาคม 2568 ผู้วิจัยคำนึงถึงหลักจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์อย่างเคร่งครัด โดยชี้แจงวัตถุประสงค์การวิจัย ขั้นตอนการเก็บข้อมูล และประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัยให้กลุ่มตัวอย่างทราบ ข้อมูลที่ได้จากการวิจัยถูกเก็บเป็นความลับ กลุ่มตัวอย่างมีสิทธิถอนตัวจากการวิจัยได้ตลอดเวลาโดยไม่เกิดผลกระทบใด ๆ

ผลการศึกษา (Results)

ตารางที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

	ข้อคำถาม	จำนวน	ร้อยละ
1. เพศ			
	ชาย	13	29.5
	หญิง	31	70.5
2. อายุ			
	41 - 50 ปี	1	2.3
	51 - 60 ปี	12	27.3
	60 ปีขึ้นไป	31	70.5
3. สถานภาพ			
	โสด	2	4.5
	คู่	31	70.5
	หม้าย/แยกกันอยู่	11	25.0
4. ระดับการศึกษา			
	ไม่ได้เรียน	1	2.3
	ประถมศึกษา	33	75.0
	มัธยมศึกษา	9	20.5
	ปริญญาตรี/สูงกว่า	1	2.3
5. การประกอบอาชีพ			
	เกษตรกร	15	34.1
	ค้าขาย	5	11.4
	ธุรกิจส่วนตัว	4	9.1
	รับจ้าง	4	9.1
	ไม่ได้ประกอบอาชีพ	16	36.4
6. รายได้ (บาท/เดือน)			
	10,001 - 15,000 บาท	1	2.3
	15,001 - 20,000 บาท	1	2.3
	5,001 - 10,000 บาท	25	56.8
	น้อยกว่า 5,000 บาท	17	38.6
7. โรคประจำตัว			
	เบาหวาน	31	70.5
	เบาหวาน ความดัน	4	9.1
	เบาหวาน ความดัน ไขมัน	9	20.5
8. ระยะเวลาที่ป่วยโรคเบาหวาน			
	1 - 5 ปี	10	22.7

	ข้อคำถาม	จำนวน	ร้อยละ
	6 - 10 ปี	22	50.0
	มากกว่า 10 ปี	12	27.3
9. การตรวจภาวะแทรกซ้อน			
	ตรวจตรงตามแพทย์สั่ง	17	38.6
	ตรวจทุกปี	27	61.4
10. ระดับน้ำตาลในเลือด (FBS)			
	81 - 120 mg/dl	18	40.9
	121 - 140 mg/dl	18	40.9
	มากกว่า 140 mg/dl	8	18.2
11. ระดับน้ำตาลสะสมในเลือด (HBA1c)			
	น้อยกว่า 7	3	6.8
	7 - 8	31	70.5
	มากกว่า 8	10	22.7
12. ดัชนีมวลกาย (kg/m²)			
	ผอม น้อยกว่า 18.5	1	2.3
	ปกติ 18.5 - 22.9	17	38.6
	น้ำหนักเกิน 23 - 24.9	19	43.2
	อ้วน ระดับ 1 25 - 29.9	5	11.4
	อ้วน ระดับ 2 มากกว่า 30	2	4.5
13. ระดับความดันโลหิตตัวบน (mmHg)			
	91 - 120 mmHg	12	27.3
	121 - 140 mmHg	32	72.7
14. ระดับความดันโลหิตตัวล่าง (mmHg)			
	น้อยกว่า 70 mmHg	3	6.8
	71 - 80 mmHg	24	54.5
	81 - 90 mmHg	17	38.6
15. อาศัยอยู่กับ (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)			
	สามี-ภรรยา	23	52.3
	ลูก-หลาน	14	31.8
	ญาติพี่น้อง/ พ่อ-แม่	6	13.6
	อยู่คนเดียว	1	2.3
16. บุคคลในครอบครัวป่วยโรคเบาหวาน			
	ไม่มี	27	61.4
	มี	17	38.6
	พ่อ-แม่, ญาติ	8	18.2
	พี่-น้อง	5	11.4

	ข้อคำถาม	จำนวน	ร้อยละ
	สามี-ภรรยา	4	9.1
17. การประกอบอาหาร			
	ทำอาหารเอง	41	93.2
	ซื้ออาหารสำเร็จรูป	1	2.3
	คนอื่นทำให้ทาน	2	4.5
18. การซื้ออาหารสำเร็จรูป			
	ร้านอาหารตามสั่ง	8	18.2
	ตลาด	35	79.5
	รถเร่	1	2.3

จากตารางที่ 1 กลุ่มตัวอย่างผู้ป่วยโรคเบาหวานจำนวน 44 คน ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง (ร้อยละ 70.5) มีอายุ 60 ปี ขึ้นไป (ร้อยละ 70.5) สถานภาพสมรสส่วนใหญ่อยู่เป็นคู่ (ร้อยละ 70.5) และมีระดับการศึกษาส่วนใหญ่อยู่ในระดับประถมศึกษา (ร้อยละ 75.0) ด้านอาชีพพบว่าส่วนใหญ่ไม่ได้ประกอบอาชีพ (ร้อยละ 36.4) และเป็นเกษตรกร (ร้อยละ 34.1) โดยมีรายได้ต่อเดือนส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 5,001 - 10,000 บาท (ร้อยละ 56.8) ด้านข้อมูลสุขภาพพบว่าส่วนใหญ่ป่วยเป็นโรคเบาหวานเพียงโรคเดียว (ร้อยละ 70.5) และมีระยะเวลาการป่วยอยู่ในช่วง 6 - 10 ปี (ร้อยละ 50.0) กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เข้ารับการตรวจภาวะแทรกซ้อนเป็นประจำทุกปี (ร้อยละ 61.4) ระดับน้ำตาลในเลือด (FBS) อยู่ในช่วง 81 - 120 และ 121 - 140 mg/dl เท่ากัน

(อย่างละร้อยละ 40.9) ระดับน้ำตาลสะสมในเลือด (HbA1c) ส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 7 - 8 (ร้อยละ 70.5) ดัชนีมวลกายอยู่ในกลุ่มน้ำหนักเกิน (ร้อยละ 43.2) และอยู่ในเกณฑ์ปกติ (ร้อยละ 38.6) ด้านความดันโลหิตพบว่าค่าความดันโลหิตตัวบนส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 121 - 140 mmHg (ร้อยละ 72.7) และค่าความดันโลหิตตัวล่างอยู่ในช่วง 71 - 80 mmHg (ร้อยละ 54.5) ด้านลักษณะการอยู่อาศัยพบว่าส่วนใหญ่อาศัยอยู่กับคู่สมรสหรือครอบครัว (ร้อยละ 97.7) และไม่พบสมาชิกในครอบครัวป่วยเป็นโรคเบาหวาน (ร้อยละ 61.4) ด้านพฤติกรรมการประกอบอาหารพบว่าส่วนใหญ่ทำอาหารรับประทานเอง (ร้อยละ 93.2) และซื้ออาหารจากตลาดเป็นหลัก (ร้อยละ 79.5)

ตารางที่ 2 ตารางเปรียบเทียบความสามารถในการกำกับตนเองของผู้ป่วยโรคเบาหวานของกลุ่มทดลองก่อนและหลังการเข้าร่วมโปรแกรม

ความสามารถในการกำกับตนเองของผู้ป่วยโรคเบาหวาน	กลุ่มทดลองโปรแกรม		t	P- value
	ก่อนทดลอง Mean $\pm$ SD	หลังทดลอง Mean $\pm$ SD		
ความสามารถในการกำกับตนเองของผู้ป่วยโรคเบาหวาน	46.84 $\pm$ 7.00	51.00 $\pm$ 6.55	-3.497	< .001

จากตารางที่ 2 พบว่า ภายหลังจากเข้าร่วมโปรแกรม กลุ่มตัวอย่างมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการกำกับตนเองสูงกว่าก่อนการทดลอง โดยก่อนการทดลองมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 46.84 $\pm$ 7.00 คะแนน และภายหลังจากทดลองเพิ่มขึ้นเป็น

51.00 $\pm$ 6.55 คะแนน เมื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยก่อนและหลังการทดลอง พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (t = -3.497, p < .001)

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบพฤติกรรมการดูแลตนเองของผู้ป่วยโรคเบาหวานของกลุ่มทดลองก่อนและหลังการเข้าร่วมโปรแกรม

พฤติกรรมการดูแลตนเองของผู้ป่วย โรคเบาหวาน	กลุ่มทดลองโปรแกรม		t	P- value
	ก่อนทดลอง Mean ± SD	หลังทดลอง Mean ± SD		
พฤติกรรมการดูแลตนเองของผู้ป่วย โรคเบาหวาน	39.81 ± 3.251	41.25 ± 2.431	-5.212	< .001

จากตารางที่ 3 พบว่า ภายหลังจากเข้าร่วมโปรแกรม กลุ่มตัวอย่างมีคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมการดูแลตนเองสูงกว่าก่อนการทดลอง โดยก่อนการทดลองมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 39.81 ± 3.251 คะแนน และภายหลังจากทดลองเพิ่มขึ้นเป็น 41.25 ± 2.431 คะแนน เมื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยก่อนและหลังการทดลอง พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($t = -5.212, p = < .001$)

อภิปรายผลการศึกษา

ผลการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า ภายหลังจากเข้าร่วมรูปแบบการดูแลตนเองเพื่อป้องกันภาวะแทรกซ้อนทางไต ผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการกำกับตนเองและพฤติกรรมการดูแลตนเองสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สะท้อนว่ารูปแบบการดูแลตนเองที่พัฒนาขึ้นสามารถส่งเสริมศักยภาพของผู้ป่วยในการจัดการสุขภาพของตนเองได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งในด้านการตระหนักรู้ การตัดสินใจ และการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขภาพที่เกี่ยวข้องกับการป้องกันภาวะแทรกซ้อนทางไต ผลลัพธ์ดังกล่าวสอดคล้องกับแนวคิดการดูแลโรคเบาหวานสมัยใหม่ที่มุ่งเน้น patient-centered care และการส่งเสริม self-management เพื่อควบคุมระดับน้ำตาล ลดปัจจัยเสี่ยง และชะลอการเกิดโรคไตเรื้อรัง¹⁻⁵

ผลการศึกษาที่พบว่าคะแนนความรู้เกี่ยวกับโรคเบาหวานและการป้องกันภาวะแทรกซ้อนทางไตเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สะท้อนว่าโปรแกรมสามารถส่งเสริมการรับรู้ความเข้าใจและการตระหนักถึงความสำคัญของการดูแลตนเองในผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ได้อย่างมีประสิทธิภาพ อาจเนื่องมาจากกิจกรรมให้ความรู้ การแลกเปลี่ยนเรียนรู้ การฝึกทักษะ และการติดตามอย่างต่อเนื่อง ซึ่งช่วยให้ผู้ป่วยสามารถเชื่อมโยงความรู้ไปสู่การปฏิบัติในชีวิตประจำวันได้ดียิ่งขึ้น ผลการศึกษาดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมา ที่พบว่าโปรแกรมส่งเสริมการจัดการตนเองสามารถเพิ่มระดับความรู้และพฤติกรรมสุขภาพของผู้ป่วยโรคเบาหวานได้อย่างมีนัยสำคัญ^{6,9,10}

การที่คะแนนความสามารถในการกำกับตนเองเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน อาจอธิบายได้จากองค์ประกอบสำคัญของโปรแกรมที่เน้นกระบวนการ self-regulation ได้แก่ การสังเกตตนเอง การตั้งเป้าหมาย การวางแผน การติดตามผล และการประเมินพฤติกรรมสุขภาพอย่างต่อเนื่อง กระบวนการดังกล่าวช่วยให้

ผู้ป่วยเปลี่ยนบทบาทจาก “ผู้รับบริการ” ไปสู่ “ผู้จัดการสุขภาพของตนเอง” มากขึ้น ส่งผลให้เกิดความเชื่อมั่นในการควบคุมโรคและการตัดสินใจด้านสุขภาพได้อย่างเหมาะสม หลักฐานเชิงประจักษ์ล่าสุดสนับสนุนว่า intervention ที่บูรณาการ self-regulation และ self-management สามารถเพิ่มความรู้ความสามารถในการดูแลตนเอง และ adherence ต่อแผนการรักษาในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 ได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะโปรแกรมที่มีการฝึกปฏิบัติจริง การให้ข้อมูลย้อนกลับและการติดตามต่อเนื่อง⁹⁻¹¹ นอกจากนี้ การศึกษาของ Motamed-Jahromi และคณะยังพบว่าโปรแกรมที่ผสมผสาน mindfulness ร่วมกับ self-regulation สามารถลดพฤติกรรมละเลยการดูแลตนเองในผู้สูงอายุเบาหวานได้ ซึ่งสะท้อนว่าการสนับสนุนด้านจิตใจและการตระหนักรู้ตนเองมีบทบาทสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมสุขภาพ¹³

ผลการศึกษาที่พบว่าพฤติกรรมการดูแลตนเองเพิ่มขึ้น ภายหลังจากเข้าร่วมโปรแกรม อาจเกิดจากการออกแบบกิจกรรมที่เชื่อมโยง “ความรู้” ไปสู่ “การปฏิบัติจริง” ในชีวิตประจำวัน ไม่ว่าจะเป็นการเลือกอาหาร การออกกำลังกาย การใช้ยาอย่างเหมาะสม และการหลีกเลี่ยงปัจจัยเสี่ยงต่อไตเสื่อม โดยเฉพาะการติดตามทางโทรศัพท์รายบุคคล ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการกระตุ้นเตือน เสริมแรง และช่วยแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการปรับพฤติกรรมสุขภาพ ส่งผลให้ผู้ป่วยเกิดความต่อเนื่องในการดูแลตนเองมากขึ้น ผลลัพธ์ดังกล่าวสอดคล้องกับงาน systematic review และ meta-analysis ที่รายงานว่าการ telenursing, DSMES, mHealth และ digital diabetes management สามารถเพิ่ม self-care efficacy ลด HbA1c และส่งเสริมพฤติกรรมจัดการตนเองในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 ได้อย่างมีประสิทธิภาพ^{9-12,14}

เมื่อพิจารณาลักษณะของกลุ่มตัวอย่าง พบว่าส่วนใหญ่เป็นผู้สูงอายุ มีระดับการศึกษาประถมศึกษา และมีรายได้ค่อนข้างต่ำ ซึ่งเป็นปัจจัยที่อาจส่งผลต่อ health literacy และความสามารถในการเข้าถึงข้อมูลสุขภาพ อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษากลับพบว่าพฤติกรรมการดูแลตนเองดีขึ้นภายหลังจากเข้าร่วมโปรแกรม สะท้อนว่ารูปแบบกิจกรรมที่ใช้ภาษาง่าย เน้นการฝึกปฏิบัติจริง และมีการติดตามอย่างใกล้ชิด มีความเหมาะสมกับบริบทของผู้ป่วยในหน่วยบริการปฐมภูมิ โดยเฉพาะกลุ่มผู้สูงอายุที่ต้องการการสื่อสารซ้ำ การให้กำลังใจ และการสนับสนุนอย่างต่อเนื่อง

ผลดังกล่าวสอดคล้องกับหลักฐานในประเทศไทยที่พบว่าความรอบรู้ด้านสุขภาพมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับพฤติกรรมการดูแลตนเองของผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 และโปรแกรมการจัดการตนเองในระดับปฐมภูมิสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการควบคุมโรคได้^{6,7} นอกจากนี้ หลักฐานในผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังในบริการปฐมภูมิยังพบว่าความรอบรู้ด้านสุขภาพสัมพันธ์กับพฤติกรรมการดูแลตนเอง แรงจูงใจ และ self-efficacy ของผู้ป่วย¹⁶

นอกจากนี้ ผลการศึกษายังมีความสอดคล้องเชิงคลินิกกับเป้าหมายของการป้องกันและชะลอภาวะแทรกซ้อนทางไตเนื่องจากพฤติกรรมการดูแลตนเองถือเป็นกลไกสำคัญในการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด ความดันโลหิต การไขมัน และการหลีกเลี่ยงพฤติกรรมเสี่ยงที่ส่งผลต่อการเสื่อมของไต แนวทาง KDIGO 2024 และแนวทางเวชปฏิบัติสำหรับโรคเบาหวานของประเทศไทยต่างเน้นว่าการส่งเสริม self-management ควบคู่กับการติดตามอย่างต่อเนื่องเป็นองค์ประกอบสำคัญในการชะลอการเกิด chronic kidney disease ในผู้ป่วยเบาหวาน²⁻⁴ อีกทั้งงานวิจัยไทยล่าสุดยังพบว่าโปรแกรมส่งเสริมพฤติกรรมการดูแลตนเองสามารถช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือดและชะลอการลดลงของ eGFR ได้⁸ ดังนั้น แม้การศึกษาครั้งนี้ยังไม่ได้ประเมินตัวชี้วัดการทำงานของไตโดยตรงภายหลังโปรแกรม แต่ผลลัพธ์ด้านพฤติกรรมที่ดีขึ้นอาจสะท้อนแนวโน้มเชิงบวกต่อการป้องกันภาวะแทรกซ้อนทางไตในระยะยาวได้

อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษาควรได้รับการตีความภายใต้ข้อจำกัดของการวิจัย เนื่องจากเป็นการวิจัยกึ่งทดลองแบบหนึ่งกลุ่มวัดก่อนและหลัง จึงยังไม่สามารถสรุปเชิงเหตุและผลได้อย่างสมบูรณ์ว่าการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเป็นผลจากโปรแกรมเพียงปัจจัยเดียว นอกจากนี้ ระยะเวลาติดตามผลค่อนข้างสั้น ทำให้ยังไม่สามารถยืนยันความคงอยู่ของพฤติกรรมสุขภาพ หรือผลลัพธ์ทางคลินิกในระยะยาว เช่น HbA1c, eGFR หรือ UACR ได้ อีกทั้งกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มาจากหน่วยบริการปฐมภูมิแห่งเดียวและเป็นผู้สูงอายุ จึงอาจจำกัดการอ้างอิงผลไปยังประชากรกลุ่มอื่น งานทบทวนล่าสุดยังรายงานว่าประสิทธิผลของ self-management intervention อาจแตกต่างกันตามช่วงวัย บริบทระบบบริการสุขภาพ และความเข้มแข็งของโปรแกรม¹⁵

โดยสรุป รูปแบบการดูแลตนเองที่พัฒนาขึ้นมีศักยภาพในการประยุกต์ใช้ในคลินิกโรคเรื้อรังระดับปฐมภูมิ เนื่องจากมีองค์ประกอบที่ครอบคลุมทั้งการสร้างความรู้ การฝึกทักษะ การกำกับตนเอง และการติดตามต่อเนื่อง ผลลัพธ์ที่พบสนับสนุนว่าการส่งเสริม self-regulation ร่วมกับ self-care support สามารถเพิ่มศักยภาพของผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 ในการดูแลตนเองและป้องกันภาวะแทรกซ้อนทางไตได้ในระยะเริ่มต้น การศึกษาครั้งต่อไปควรออกแบบเป็น randomized controlled trial หรือ quasi-experimental study with control group มีการติดตามผลระยะยาว และเพิ่มการประเมินตัวชี้วัดทางคลินิกด้านไต เพื่อยืนยันประสิทธิผลของโปรแกรมและสนับสนุนการ

ขยายผลสู่ระบบบริการสุขภาพในวงกว้างต่อไป

ข้อจำกัดเรื่องกลุ่มตัวอย่างผู้สูงอายุ กลุ่มตัวอย่างในการศึกษาครั้งนี้ส่วนใหญ่เป็นผู้สูงอายุ ซึ่งอาจมีลักษณะเฉพาะทั้งด้านพฤติกรรมสุขภาพ ความรอบรู้ด้านสุขภาพ และข้อจำกัดทางกายภาพ ดังนั้นผลลัพธ์ของการศึกษาอาจไม่สามารถอ้างอิงไปยังประชากรกลุ่มวัยอื่นได้โดยตรง โดยเฉพาะในกลุ่มวัยทำงานหรือวัยรุ่นที่มีบริบทการดำเนินชีวิตแตกต่างกัน นอกจากนี้ การศึกษาครั้งนี้เป็นการประเมินผลลัพธ์ในระยะสั้นภายหลังการเข้าร่วมโปรแกรม จึงสะท้อนให้เห็นการเปลี่ยนแปลงด้านความรู้ ความสามารถในการกำกับตนเอง และพฤติกรรมการดูแลตนเองในช่วงเวลาจำกัดเท่านั้น การศึกษาครั้งต่อไปควรมีการติดตามผลในระยะยาว เพื่อประเมินผลลัพธ์ทางคลินิก เช่น การเปลี่ยนแปลงของการทำงานของไต หรือการชะลอการดำเนินของโรคไตจากเบาหวาน ซึ่งจะช่วยยืนยันประสิทธิผลของโปรแกรมในเชิงผลลัพธ์ทางสุขภาพได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

ผลการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่ารูปแบบการดูแลตนเองสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในหน่วยบริการสุขภาพระดับปฐมภูมิเพื่อส่งเสริมความรู้และพฤติกรรมการดูแลตนเองของผู้ป่วยโรคเบาหวานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะในกลุ่มผู้สูงอายุที่มีความเสี่ยงต่อภาวะแทรกซ้อนทางไต ทั้งนี้ บุคลากรสาธารณสุขสามารถนำรูปแบบกิจกรรม เช่น การให้ความรู้ การฝึกทักษะ และการติดตามพฤติกรรม ไปปรับใช้ในคลินิกโรคเรื้อรังหรือกิจกรรมในชุมชน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกันภาวะแทรกซ้อนในระยะเริ่มต้น

สรุปผลการศึกษา

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลของโปรแกรมส่งเสริมการดูแลตนเองต่อความรู้ ความสามารถในการกำกับตนเอง และพฤติกรรมการดูแลตนเองของผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2 กลุ่มตัวอย่างจำนวน 44 คน ผลการศึกษาพบว่า ภายหลังการเข้าร่วมโปรแกรม กลุ่มตัวอย่างมีคะแนนความรู้ความสามารถในการกำกับตนเอง และพฤติกรรมการดูแลตนเองเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สะท้อนว่าโปรแกรมสามารถส่งเสริมศักยภาพของผู้ป่วยในการจัดการสุขภาพของตนเองและสนับสนุนการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขภาพที่สำคัญต่อการควบคุมโรคได้อย่างมีประสิทธิภาพ

นอกจากนี้ ผลการศึกษายังชี้ให้เห็นว่า การบูรณาการการให้ความรู้ การฝึกทักษะ การกำกับตนเอง และการติดตามอย่างต่อเนื่อง มีส่วนช่วยเสริมสร้างความสามารถของผู้ป่วยในการดูแลตนเองและป้องกันภาวะแทรกซ้อนทางไตในระยะเริ่มต้น อย่างไรก็ตาม การศึกษาครั้งนี้เป็นการประเมินผลในระยะสั้น และใช้รูปแบบการวิจัยแบบกึ่งทดลองในกลุ่มเดียว จึงควรมีการศึกษาติดตามผลระยะยาว รวมทั้งการวิจัยที่มีกลุ่มควบคุมเพื่อยืนยันความคงอยู่ของพฤติกรรมสุขภาพและประสิทธิผลของโปรแกรมต่อผลลัพธ์ทางคลินิกในอนาคต

ข้อเสนอแนะ

การนำผลการวิจัยไปใช้

ผลการศึกษานี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในหน่วยบริการสุขภาพระดับปฐมภูมิ โดยใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาโปรแกรมส่งเสริมการดูแลตนเองสำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวาน โดยเฉพาะในคลินิกโรคเรื้อรังหรือการดูแลผู้ป่วยในชุมชน ทั้งนี้ กิจกรรมสำคัญของโปรแกรม เช่น การให้ความรู้ การฝึกทักษะ และการส่งเสริมการกำกับตนเอง สามารถนำไปปรับใช้ให้เหมาะสมกับบริบทของพื้นที่ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกันภาวะแทรกซ้อนและส่งเสริมพฤติกรรมสุขภาพอย่างยั่งยืน

นอกจากนี้ โปรแกรมดังกล่าวสามารถใช้เป็นต้นแบบในการพัฒนาระบบบริการสุขภาพเชิงรุก โดยบูรณาการกับบทบาทของบุคลากรสาธารณสุขและอาสาสมัครสาธารณสุขในชุมชน เพื่อสนับสนุนการดูแลผู้ป่วยอย่างต่อเนื่อง

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในอนาคต

1. ควรออกแบบการวิจัยที่มีกลุ่มควบคุม (quasi-experimental with control / randomized controlled trial) เพื่อเพิ่มความเชื่อมั่นในการสรุปผลของโปรแกรม
2. ควรวิเคราะห์แบบ “จำแนกกลุ่ม” เช่น แยกตาม HbA1c (เช่น <7, 7-8, >8), BMI, ระยะเวลาป่วย, โรคร่วม เพื่อดูว่าโปรแกรมได้ผลมากในกลุ่มใด และควรปรับกิจกรรมให้เหมาะกับกลุ่มเสี่ยงเฉพาะ
3. พิจารณาใช้วิธีผสม (mixed methods) เช่น สัมภาษณ์เชิงลึก เพื่ออธิบาย “เหตุผลเชิงบริบท” ที่ทำให้บางพฤติกรรมเปลี่ยนแปลงได้/เปลี่ยนไม่ได้ โดยเฉพาะข้อจำกัดด้านเศรษฐกิจ อาหาร ในครัวเรือน และความเชื่อสุขภาพ

เอกสารอ้างอิง

1. World Health Organization. Diabetes Geneva: World Health Organization; 2024 <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/diabetes>. Accessed May 17, 2026
2. American Diabetes Association Professional Practice Committee. 2. Diagnosis and Classification of Diabetes: Standards of Care in Diabetes-2024. *Diabetes Care*. 2024;47(Suppl 1):S20-S42. doi:10.2337/dc24-S002
3. Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO) CKD Work Group. KDIGO 2024 Clinical Practice Guideline for the Evaluation and Management of Chronic Kidney Disease. *Kidney Int*. 2024;105(4S):S117-S314. doi:10.1016/j.kint.2023.10.018
4. สมาคมโรคเบาหวานแห่งประเทศไทย. *แนวทางเวชปฏิบัติสำหรับโรคเบาหวาน พ.ศ. 2566*. กรุงเทพฯ:

สมาคมโรคเบาหวานแห่งประเทศไทย; 2566 <https://www.dmthai.org/new/index.php/sara-khwam-ru/sahrab-bukhkh-l-thawpi/diabetes-book/naewthang-wech-ptibati-sahrab-rokh-bea-hwan-2566>. Accessed May 17, 2026

5. กองสุศึกษา กรมสนับสนุนบริการสุขภาพ กระทรวงสาธารณสุข. *คู่มือการดูแลสุขภาพตามหลัก 3อ.2ส. สำหรับแกนนำสุขภาพ*. นนทบุรี: กรมสนับสนุนบริการสุขภาพ; 2567 <https://hed.hss.moph.go.th/wp-content/uploads/2024/05/คู่มือการดูแลสุขภาพตามหลัก-3อ.2ส.-สำหรับแกนนำสุขภาพ.pdf> Accessed May 17, 2026
6. ภัทราวดี ใหม่มุ่น. ประสิทธิภาพของโปรแกรมการจัดการตนเองในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 ที่มีระดับน้ำตาลในเลือดสูงของโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านดอนใหญ่. *วารสารวิชาการและการพยาบาล วิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนีนี จักรีรัช*. 2567;4(2):E002372. <https://he04.tci-thaijo.org/index.php/jckr/article/view/2372>. Accessed May 17, 2026
7. ธวัช จันแดง. ความรอบรู้ด้านสุขภาพและพฤติกรรมการดูแลสุขภาพตนเองของผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2 อำเภอเมือง จังหวัดนครพนม. *วารสารอนามัยสิ่งแวดล้อมและสุขภาพชุมชน* 2567;9(4):478-484. <https://he03.tci-thaijo.org/index.php/ech/article/view/3082>. Accessed May 17, 2026
8. ปณิดา บุญมี. ผลของโปรแกรมส่งเสริมพฤติกรรมดูแลตนเองเพื่อชะลอไตเสื่อมในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 ในคลินิกหมอครอบครัวสว่างอารมณ์ จังหวัดอุทัยธานี. *วารสารวิชาการพยาบาลและสาธารณสุข*. 2568 https://he05.tci-thaijo.org/index.php/A_JNP/article/view/6876. Accessed May 17, 2026
9. Romadlon DS, Tu YK, Chen YC, Hasan F, Kurniawan R, Chiu HY. Comparative Effects of Diabetes Self-Management Programs on Type 2 Diabetes Clinical Outcomes: A Systematic Review and Network Meta-Analysis. *Diabetes Metab Res Rev*. 2024;40(6):e3840. doi:10.1002/dmrr.3840
10. Versluis A, Boels AM, Huijden MCG, Mijnsbergen MD, Rutten GEHM, Vos RC. Diabetes self-management education and support delivered by mobile health (mHealth) interventions for adults with type 2 diabetes-A systematic review and meta-analysis. *Diabet Med*. 2025;42(5):e70002. doi:10.1111/dme.70002

11. Sun J, Fan Z, Kou M, Wang X, Yue Z, Zhang M. Impact of nurse-led self-management education on type 2 diabetes: a meta-analysis. *Front Public Health*. 2025;13:1622988. Published 2025 Aug 11. doi:10.3389/fpubh.2025.1622988
12. AkbariRad M, Dehghani M, Sadeghi M, et al. The Effect of Telenursing on Disease Outcomes in People with Type 2 Diabetes Mellitus: A Narrative Review. *J Diabetes Res*. 2023;2023:4729430. Published 2023 Dec 7. doi:10.1155/2023/4729430
13. Motamed-Jahromi M, Kaveh MH, Vitale E. Mindfulness and self-regulation intervention for improved self-neglect and self-regulation in diabetic older adults. *Sci Rep*. 2024;14:13857. doi:10.1038/s41598-024-64314-y.
14. Fadli F, Nursalam N, Sjattar EL, Uly N. An Integrative Model of Self-Regulation in Type 2 Diabetes Self-Management: A Systematic Review of Individual and Family-Based Interventions. *Healthcare (Basel)*. 2025;13(24):3230. Published 2025 Dec 10. doi:10.3390/healthcare13243230
15. Khavere S, Hadjiconstantinou M, Miksza J, et al. Effectiveness of self-management interventions on Type 2 diabetes among young adults (18-45 years): A systematic review and meta-analysis. *Diabet Med*. 2025;42(10):e70127. doi:10.1111/dme.70127
16. Ho HK, Koh EY, Abdullah A, Tan NC. Health literacy and self-care among patients with chronic kidney disease in a primary care setting. *Singapore Med J*. 2025;66(6):307-313. doi:10.4103/singaporemedj.SMJ-2023-068

การอ้างอิง

ณัฐวิโรจน์ ชูดำ, ลีรินทรา พุตระกูล, ศศิณาภรณ์ โลหิตไทย. ผลของรูปแบบการดูแลตนเองเพื่อป้องกันภาวะแทรกซ้อนทางไตในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2: การวิจัยกึ่งทดลอง. *วารสารวิชาการราชวิทยาลัยจุฬาภรณ์*. 2569;8(4):349-359. <https://he02.tci-thaijo.org/index.php/jcra/article/view/279645>

Choodum N. Futrakul S. and Lohitthai S. Effects of a Self-Care Model on the Prevention of Kidney Complications in Patients with Type 2 Diabetes: A Quasi-Experimental Study. *J Chulabhorn Royal Acad*. 2026;8(4):349-359. <https://he02.tci-thaijo.org/index.php/jcra/article/view/279645>

Online Access

<https://he02.tci-thaijo.org/index.php/jcra/article/view/279645>



Research article

HER2 Testing in Breast Cancer: Correlation between Immunohistochemistry and FISH Using the Updated 2023 ASCO/CAP Guidelines

Thivaratana Sinthuwiwat¹, Somboon Kittikongwat³, Kanthida Jangyubol¹,
Bongkod Petcharat¹, Jutamas Yimnoon¹, Priyavudh Herabutya¹,
Pakaporn Tosirisuk², Archara Supavavej^{4*}

¹Cytogenetics Research Laboratory, Bureau for Research and Innovation Management,
Chulabhorn Royal Academy, Bangkok, Thailand,

²Department of Surgical Pathology, Chulabhorn Hospital, Bangkok, Thailand.

³Institute of Pathology, Ministry of Public Health, Bangkok, Thailand.

⁴Department of Medical Oncology, Chulabhorn Hospital, Bangkok, Thailand.

*Correspondence Author, email: archara.sup@cra.ac.th

Received: 13 January 2026; Revised: 22 May 2026; Accepted: 2 June 2026

Abstract

Background Human epidermal growth factor receptor 2 (HER2) is an important prognostic and predictive marker in breast cancer patients. HER2 amplification status is a prognostic factor for the response to HER2-targeted therapy. HER2 status can be screened via immunohistochemistry (IHC). HER2 gene amplification can be detected by fluorescence in situ hybridization (FISH) according to ASCO/CAP 2018 guidelines. In 2023, the ASCO/CAP guidelines for HER2 testing by FISH were updated. We analyzed the correlation between HER2 IHC status and FISH-HER2 expression according to updated guidelines. **Methods** Female patients with histologically confirmed invasive breast cancer were enrolled at Chulabhorn Hospital. HER2-IHC staining was performed and interpreted according to the 2023 ASCO/CAP guidelines. Equivocal (2+) or positive (3+) IHC results were confirmed with FISH testing. Results A total of 263 patients was classified into 192 patients in the HER2-IHC 2+ group and 71 patients in the HER2-IHC 3+ group. Among patients in the HER2-IHC 2+ group, 138 had negative FISH results, and 54 had positive FISH. **Results** All 71 patients with IHC 3+ had positive HER2 FISH results. Our study revealed a statistically significant relationship between positive (3+) IHC and FISH for HER2, with a correlation rate of 100% in the IHC 3+ group ($rs=0.639$, $p<0.001$) and 28% in the equivocal (2+) IHC group. **Conclusion** In accordance with the 2023 ASCO/CAP recommendations, our findings support that FISH testing is not required for patients with HER2 IHC 3+ breast cancer, which may help expedite therapeutic decision-making and treatment initiation.

Keywords: ASCO/CAP 2023, Breast cancer, Dual-probe ISH, FISH, HER2, IHC

Introduction

According to GLOBOCAN 2023, breast cancer remains the primary cause of cancer-related fatalities and the most prevalent malignancy among women globally, with a rising trajectory expected in the coming years.¹ Low and middle-income nations,

such as Thailand, account for roughly 60% of these deaths. Domestic data from 2023 indicates that breast cancer is the most frequent diagnosis in Thai women (23.2%) and ranks third among all cancers nationally (11.8%).² Over two decades, Thailand's incidence rates have climbed, reaching a peak age-standardized

rate (ASR) of 28.5 per 100,000 person-years.³ Crucial to treatment planning are biomarkers like Estrogen receptor (ER), Progesterone Receptor (PR), and Human Epidermal Receptor 2 (HER2), which serve as essential prognostic indicators.⁴ Notably, research has shown high levels of biomarker consistency between primary tumors and metastatic lymph nodes, specifically for HER2 (84.1%), estrogen receptor (ER) (77.6%), and progesterone receptor (PR) (82.2%).⁵

The HER2 gene, situated on chromosome 17 (17q12 - 21.32), plays a fundamental role in various malignancies, most notably breast cancer.⁶ It is responsible for regulating vital cellular functions, including proliferation, differentiation, motility, and programmed cell death.⁷ Approximately 15 - 20% of invasive breast cancers exhibit HER2 gene amplification⁸, a status that serves as both a prognostic and predictive indicator. Specifically, overexpression is linked to a higher likelihood of systemic metastasis and reduced survival rates.⁹ However, HER2 status also informs therapeutic strategies, as it determines sensitivity to anthracycline-based chemotherapy and identifies candidates for specialized targeted therapies.⁶

Immunohistochemistry (IHC) and fluorescence in situ hybridization (FISH) are the standard established HER2 testing methods used to determine the HER2 status of patients with breast cancer receiving anti-HER2 therapy. Recently, FISH was approved by the U.S. Food and Drug Administration (FDA) to assess HER2 amplification in HER2 testing in breast cancer.¹⁰ The FISH technique can be used to evaluate HER2 gene amplification in terms of the HER2/CEP17 ratio and HER2/nucleus ratio, according to the American Society of Clinical Oncology (ASCO) and the College of American Pathologists (CAP) guidelines for breast cancer.¹¹ Many laboratories have adopted IHC as primary testing, followed by FISH as confirmation

for tissue with an equivocal IHC result, such as IHC 2+¹², given the higher failure rate, longer procedure time, and higher reagent cost of FISH compared with IHC. The ASCO/CAP 2018 version of breast cancer guidelines improved the analytic validity of HER2 testing by standardizing and ensuring accurate detection of HER2 gene amplification or protein overexpression in breast cancers and enhanced the clinical utility of HER2 as a predictive biomarker for potential responsiveness to therapies targeting the HER2 protein.¹² In HER2 2+ IHC or equivocal cases, the ASCO/CAP 2018 guidelines recommend reflex FISH testing on the same sample or ordering a new test if both IHC and FISH are available. The criteria of the 2023 “Human Epidermal Growth Factor Receptor 2 (HER2) Breast Testing Guideline Update” reaffirmed the 2018 “HER2 Breast Testing Guideline Focused Update” and remained unchanged.

The ASCO/CAP 2023 guidelines categorize HER2 testing by dual-probe FISH into 5 distinct groups based on the HER2/CEP17 ratio and the average HER2 copy number per cell. Group 1: HER2/CEP17 ratio ≥ 2 and HER2/nucleus >4 , group 2: HER2/CEP17 ratio ≥ 2 and HER2/nucleus <4 , group 3: HER2/CEP17 ratio <2 and HER2/nucleus ≥ 6 , group 4: HER2/CEP17 ratio <2 and HER2/nucleus ≥ 4 or <6 and group 5: HER2/CEP17 ratio <2 and HER2/nucleus <4 . as shown in Table 1. Group 1 cases are HER2-positive, and Group 5 cases are HER2-negative; neither type requires IHC correlation. Groups 2 - 4 include equivocal or borderline cases, and the guidelines specify that IHC should be performed on the same tissue section or, when available, that a new specimen be tested with both IHC and FISH to generate an IHC score and determine HER2 status.^{13,14}

Table 1 presents the 2023 “Human Epidermal Growth Factor Receptor 2 (HER2) Breast Testing Guideline Update” regarding HER2/neu assessment by fluorescence in situ hybridization (FISH) in breast cancer.

Group	HER2 testing		IHC	FISH
1	HER2/CEP17 ratio ≥ 2.0	Average HER2 copy number ≥ 4.0 signals/cell	-	Positive
2	HER2/CEP17 ratio ≥ 2.0	Average HER2 copy number < 4.0 signals/cel	3+	Positive
			2+	Negative*
3	HER2/CEP17 ratio < 2.0	Average HER2 copy number ≥ 6.0 signals/cell	2+,3+	Positive
4	HER2/CEP17 ratio < 2.0	Average HER2 copy number ≥ 4.0 and < 6.0 signals/cell	3+	Positive
			2+	Negative*
5	HER2/CEP17 ratio < 2.0	Average HER2 copy number < 4.0 signals/cell	-	Negative

* If the IHC result is not 3+ positive, it is recommended that the specimen be considered HER2 negative because of the low HER2 copy number by FISH and lack of protein overexpression.

This study aimed to determine the concordance rate between IHC and FISH for HER2 testing in breast cancer patients at Chulabhorn Hospital, based on the 2023 ASCO/CAP recommendations. Specifically, the study evaluated whether HER2 IHC 3+ results could be considered definitively positive without

requiring confirmatory HER2-FISH testing, thereby supporting the indication for anti-HER2 therapy. This approach may reduce testing turnaround time by at least 14 days, lower costs, and facilitate earlier treatment initiation.

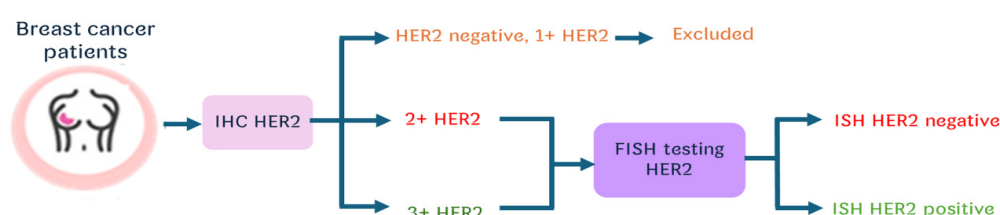
Method

Study population.

This single-center retrospective study enrolled female patients who were diagnosed with breast cancer between 1 January 2022 and 31 December 2023. This study protocol was reviewed and approved by the Human Research Ethics Committee of Chulabhorn Royal Academy (EC074/2567). Patients with histologically confirmed invasive breast carcinoma and IHC staining were interpreted per the 2023 CAP/ASCO update recommendations. After that, the IHC staining results of equivocal (2+) or positive (3+)

samples were confirmed with FISH for HER2 testing. Patients with negative results for HER2-IHC result (scores 0 and 1+) were not required for FISH for HER2 testing and were excluded. Patient demographic data and pathologic details, including hormonal status, HER2 status, the marker of proliferation, proliferative index Kiel 67 (Ki-67), and tumor staging, were collected at the time of diagnosis on the basis of the 8th AJCC classification. The workflow of the research procedure for the patients included in the study is shown in Figure 1.

Figure 1. Flow diagram of the patients included in the study



Immunohistochemistry

IHC staining was performed on 3- μ m-thick, formalin-fixed, paraffin-embedded (FFPE) sections from the same sample blocks used for HER2 FISH testing. IHC was performed using an anti-HER2/neu (4B5) rabbit monoclonal antibody (Ventana Medical Systems, Inc.). The reliability and validity of HER2 IHC results rely on the principles of the VENTANA anti-HER2/neu (4B5) assay. Pre-analytical variables heavily impact clinical validity; specifically, strict adherence to tissue fixation in 10% neutral buffered formalin (NBF) for 4 to 8 hours is critical to prevent antigen degradation and ensure accurate membrane staining. To minimize human error and maximize reproducibility, all assays were performed using automated slide stainers with pre-diluted reagents and were continuously validated against standardized cell line controls (PATHWAY HER2 4-in-1). Two breast pathologists reviewed the IHC slides. The first pathologist has 5 years of specialized experience and evaluates 120 cases annually in the Department of Surgical Pathology, Chulabhorn Hospital. The second pathologist had 6 years of experience and had assessed more than 1,000 cases annually at the Institute of Pathology, Ministry of Public Health. The results were interpreted according to the 2018 ASCO/CAP guidelines.

HER2 FISH testing.

FISH was performed on 2 μ m sections of formalin-fixed, paraffin-embedded samples via dual-color HER2/CEP17 DNA probes (PathVysion Her2/neu DNA probe Kit; Abbott). The DNA probe contains HER2 at a specific locus (red signal) and a control probe specific for the centromere of chromosome 17 (green signal). HER2 amplification signals were detected using a fluorescence microscope (Olympus BX63). Images were captured at 60X magnification, analyzed

by ASI (Applied Spectral Imaging), and processed via the GENASIS program. The interpretation of the results was based on the 2023 ASCO/CAP guidelines.

Statistical analysis

To determine the concordance rate between HER2 IHC and FISH for HER2 testing in breast cancer patients, in accordance with the ASCO/CAP 2023 guidelines at Chulabhorn Hospital, we used descriptive statistics to identify baseline clinical characteristics of HER2 alterations in breast cancer patients. The results are shown as correlations with percentages and were subsequently analyzed via Spearman's rank-order correlation.

Results

Between January 2022 and December 2023, we enrolled 916 patients who were diagnosed with breast cancer at Chulabhorn Hospital. Among these, 263 patients exhibited equivocal or HER2 IHC3+ staining and required confirmed FISH studies, which were included in this study.

Demographic data

Among the 263 patients with HER2 IHC2+ or HER2 IHC3+ breast cancer, the mean age was 56.93 ± 11.81 (SD) years. All invasive breast carcinoma samples were tested for estrogen receptor (ER), progesterone receptor (PR), HER2, and Ki-67 expression via immunohistochemistry (IHC). ER was negative in 21.76% (57 of 263) of patients and positive in 74.52% (196 of 263) of patients. PR was negative in 36.5% (96 of 263) of patients and positive in 59.7% (157 of 263). Ki-67 expression was less than 20% in 21.29% (56 of 263) of the tumors and 20% or more in 66.16% (174 of 263) of the tumors. The clinicopathologic characteristics of HER2 alterations among female patients with breast cancer are shown in Table 2.

Table 2 Clinicopathological characteristics of HER2-positive breast cancer patients in each ICH group at Chulabhorn Hospital, Thailand.

Characteristics		Total (n=263)	HER2 IHC Equivocal (2+) (n = 192)	HER2 IHC Positive (3+) (n = 71)
Median age, years		56.93 ± 11.81	55.97 ± 10.30	57.28 ± 12.33
Stage				
0		1		
1		42		
2		94		
3		69		
4		57		
Hormonal status				
Estrogen Receptor (ER)	negative	57 (21.76%)	26 (13.54%)	31 (43.66%)
	positive	196 (74.52%)	164 (85.42%)	32 (45.07%)
	no data	10 (3.80%)	2 (1.04%)	8 (11.27%)
Progesterone Receptor (PR)	negative	96 (36.50%)	56 (29.17%)	40 (56.34%)
	positive	157 (59.70%)	134 (69.79%)	23 (32.39%)
	no data	10 (3.80%)	2 (1.04%)	8 (11.27%)
Marker of Proliferation Kiel 67 (Ki-67)	<20%	56 (21.29%)	51 (26.56%)	5 (7.04%)
	≥20%	174 (66.16%)	120 (62.50%)	54 (76.06%)
	no data	33 (12.55%)	21 (10.94%)	12 (16.90%)

The concordance rate between HER2 IHC and FISH

The patients were categorized into two groups according to their HER2 IHC staining status. A total of 192 patients were classified into the equivocal or 2+HER2 IHC staining group, and 71 were classified into the positive or 3+HER2 IHC staining group. All patients were confirmed by FISH.

As shown in Table 3, of the 192 patients, 118

had negative FISH results (group 5), and 53 were confirmed to be FISH-positive (group 1). Furthermore, 21 patients were assigned to groups 2, 3, and 4 based on dual-probe FISH per the ASCO/CAP 2023 guidelines, necessitating additional workup. In those groups, blind observers performed FISH, and at least 20 cells were counted. Furthermore, 71 patients had positive scores, 3+ HER2 IHC staining, and FISH confirmation, all of which were positive.

Table 3 Genomic HER2 alteration clone characteristics by dual-probe FISH and IHC for HER2 based on the 2023 ASCO/CAP guidelines among patients with breast cancer at Chulabhorn Hospital, Thailand.

		Group	Conditions		N (%)
IHC	2+	1	HER2/CEP17 ratio ≥ 2.0	Average HER2 copy number ≥ 4.0 signals/cell	53 (20.2)
		2		Average HER2 copy number < 4.0 signals/cel	12 (4.6)
		3	HER2/CEP17 ratio <2.0	Average HER2 copy number ≥ 6.0 signals/cell	1 (0.4)
		4		Average HER2 copy number ≥ 4.0 and < 6.0 signals/cell	8 (3.0)
		5		Average HER2 copy number < 4.0 signals/cell	118 (44.9)
	3+	1	HER2/CEP17 ratio ≥ 2.0	Average HER2 copy number ≥ 4.0 signals/cell	70 (26.6)
		2		Average HER2 copy number < 4.0 signals/cel	0
		3	HER2/CEP17 ratio <2.0	Average HER2 copy number ≥ 6.0 signals/cell	1 (0.4)
		4		Average HER2 copy number ≥ 4.0 and < 6.0 signals/cell	0
		5		Average HER2 copy number < 4.0 signals/cell	0
Total					263 (100)

Regarding the genomic characteristics of HER2 alterations, this study revealed that of 71 IHC-positive (3+) patients, 70 were in group 1 (classical HER2 amplification) based on dual-probe FISH, per the ASCO/CAP 2018 guidelines. However, one patient was in group 3 (Co-amplification, previously characterized as polysomy 17). The 2+ IHC group or equivocal share of varieties of HER2 clones may interfere with the IHC results.

The correlation rate between the HER2 IHC 2+ group and HER2 FISH amplification was 28.12%,

which was not statistically significant. However, the correlation rate between the HER2 IHC 3+ group and HER2 FISH amplification was 100%, with a Spearman's rank-order correlation of 0.639 and statistically significant (Table 4). This study also evaluated the diagnostic performance of the IHC method for determining HER2 status, with FISH as a confirmatory test. The positive predictive value for positive IHC 3+ cases was 100.0% (95% CI: 94.9 - 100.0).

Table 4 Correlation between IHC and FISH results for HER2 expression according to the 2023 ASCO/CAP guidelines.

Testing modalities		FISH		Total	Correlation (%)
		Negative	Positive		
IHC	2+	138	54	192	28.12
	3+	0	71	71	100*
Total		138	125	263	

*rs=0.639, p<0.001

Discussion

Focused updates to the ASCO/CAP guidelines for HER2 testing in breast cancer were published in 2023¹⁴ to address several concerns raised following publication of the 2013 ASCO/CAP guidelines¹⁵ and to refine the definitions of HER2 status in specific situations. The 2018 and 2023 updated ASCO/CAP guidelines for HER2 testing by fluorescence in situ hybridization (FISH) currently classify HER2 amplification into five groups¹², and FISH results must be interpreted in conjunction with immunohistochemistry (IHC) results.¹⁶ Determination of HER2 amplification status using the FISH technique can significantly reduce the number of equivocal results and increase the number of truly negative HER2 IHC results.¹⁴

In Thailand, many laboratories use immunohistochemistry (IHC) as the primary method for assessing HER2 status, reserving fluorescence in situ hybridization (FISH) to confirm equivocal cases (IHC 2+) and HER2 IHC3+. As the US FDA-approved method for determining HER2 amplification, FISH is the gold standard and reference standard against which emerging technologies are benchmarked. It is also poised to remain the definitive method for HER2 testing in low- and middle-income countries, which carry a disproportionate burden of global breast cancer cases.¹⁷ Furthermore, the Comptroller General's Department of Thailand updated the diagnostic criteria in November 2022. This amendment omitted the requirement for FISH confirmation in IHC 3+ cases, thereby accelerating patient access to targeted anti-HER2 regimens.

The findings of this study reinforce the diagnostic reliability of Immunohistochemistry (IHC) in identifying HER2-positive breast cancer. Per the

consensus guidelines provided by ASCO/CAP and the College of American Pathologists (CAP), and the Royal College of Pathologists in the United Kingdom, we defined a HER2 IHC 3+ result as intense, complete membrane staining in more than 10% of tumor cells. Given that the National Institute for Health and Care Excellence (NICE) guidelines recommend a 2-week turnaround time for HER2 assessment, streamlining the diagnostic workflow is essential to prompt initiation of anti-HER2 therapies¹⁸. The high concordance between strong immunohistochemical expression and gene amplification is well-documented. Gordian-Arroyo et al demonstrated that 100% of HER2 IHC 3+ cases were FISH-positive, with 97.8% (134/137) exhibiting classic Group 1 amplification (HER2/CEP17 ratio ≥2.0 and an average HER2 copy number ≥4.0 signals/cell). Mirroring these findings, 98.6% (70/71) of the IHC 3+ patients in our cohort who underwent reflex FISH testing were categorized as Group 1, while a negligible 14% (1/71) were categorized as Group 3. This strong association was further validated by a statistically significant Spearman's rank-order correlation of 0.639 (p < 0.05). The representative IHC and FISH images shown in Figure 2 provide a visual perspective of the relationship between the IHC score and the FISH results. Our findings are consistent with international evidence. Prior concordance studies comparing dual-probe ISH (FISH and DISH) and IHC 3+ results, based on the 2018 and 2023 ASCO/CAP guidelines, are shown in Table 5.

Collectively, these data suggest that an IHC 3+ designation serves as a sufficiently robust indicator to justify immediate targeted therapy without the need for routine gene amplification verification. This aligns with findings by Thambamroong¹⁹, which

suggested that routine reflex FISH testing for all HER2 IHC-positive patients is unnecessary. Omitting compulsory FISH confirmation for IHC 3+ cases successfully reduces patient waiting times and alleviates financial burdens, while ensuring that patients receive therapeutic benefits from anti-HER2 regimens.

Figure 2. Representative immunohistochemistry (IHC) and fluorescence in situ hybridization (FISH) images (60×magnification). (A). Case with a 2+HER2 IHC score (incomplete and heterogeneous membrane staining) (B). HER2 non-amplification by FISH. (C) Case with a 3+HER2 IHC score (complete membrane staining that is intense and detected in >10% of tumor cells. (D) HER2 amplification by FISH.

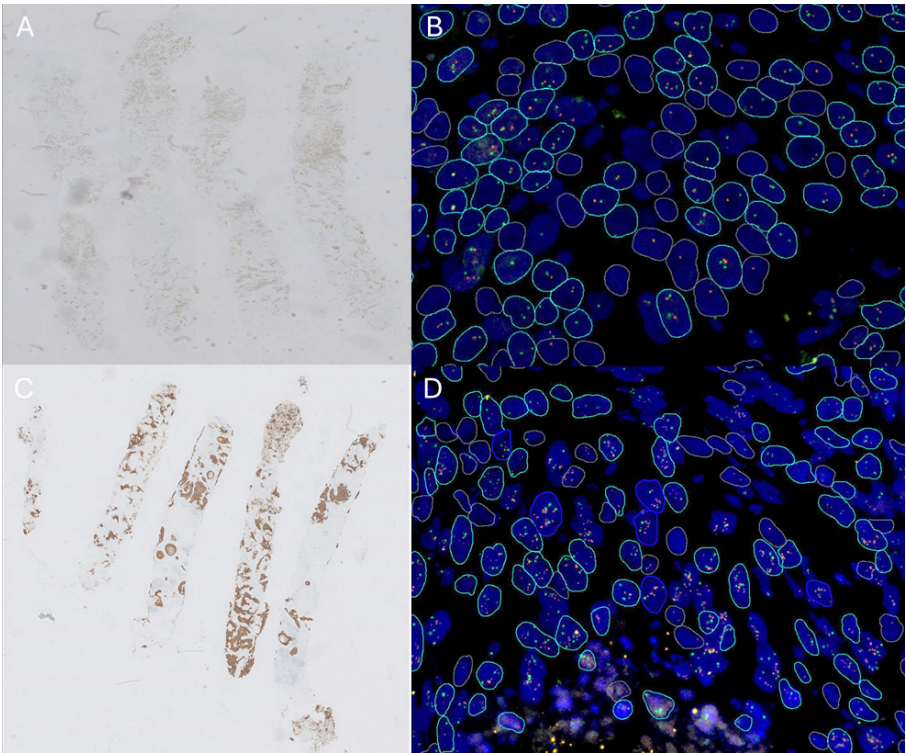


Table 5 Prior concordance studies comparing dual-probe ISH (FISH, SISH, and DISH) and IHC 3+ results, based on the 2018 and 2023 ASCO/CAP guidelines.

No	Author	Sample sizes	Concordance rates	Population	Methodology	ASCO/CAP guidelines.
1	Gordian-Arroyo et al. [8]	1350	100%	American	FISH	2018
2	Farshid et al. [20]	1815	93.4%	Australia	Silver ISH	2018
3	Li et al. [21]	2514	10.6%	China	FISH	2018
4	Thambamroong [19]	141	91.76%,	Thai	FISH	2018
5	Current author	263	100%	Thai	FISH	2023
6	Lampenkhae et al. [22]	1,307	92%	Thai	DISH	2023

Conclusion

Our study adds valuable evidence by providing real-world confirmation and providing implementation evidence supporting the selective use of reflex FISH testing primarily in HER2 equivocal (2+) cases, together with previously published data showing a high concordance rate between HER2 IHC 3+ results and HER2 amplification determined by FISH according to the 2023 ASCO/CAP guidelines. These findings have important implications for clinical management and support previous evidence suggesting that reflex FISH testing in patients with HER2 IHC 3+ results may not be required and could be omitted to streamline treatment.

Acknowledgements

We would like to thank Thitiphong Suntharayuth and Kerati Jirawattanapalin from the Biostatistics and Research Data Management Division, Bureau for Research and Innovation Management, Chulabhorn Royal Academy.

References

1. Arnold M, Morgan E, Rumgay H, et al. Current and future burden of breast cancer: Global statistics for 2020 and 2040. *Breast*. 2022;66:15-23. doi:10.1016/j.breast.2022.08.010
2. Bray F, Laversanne M, Sung H, et al. Global cancer statistics 2022: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. *CA Cancer J Clin*. 2024;74(3):229-263. doi:10.3322/caac.21834
3. Insamran W, Sangrajang S. National Cancer Control Program of Thailand. *Asian Pac J Cancer Prev*. 2020;21(3):577-582. doi:10.31557/APJCP.2020.21.3.577
4. Howlader N, Altekruse SF, Li CI, et al. US incidence of breast cancer subtypes defined by joint hormone receptor and HER2 status. *J Natl Cancer Inst*. 2014;106(5):dju055. doi:10.1093/jnci/dju055
5. Virani S, Sriplung H, Rozek LS, Meza R. Escalating burden of breast cancer in southern Thailand: analysis of 1990-2010 incidence and prediction of future trends. *Cancer Epidemiol*. 2014;38(3):235-243. doi:10.1016/j.canep.2014.03.003
6. Ahn S, Woo JW, Lee K, Park SY. HER2 status in breast cancer: changes in guidelines and complicating factors for interpretation. *J Pathol Transl Med*. 2020;54(1):34-44. doi:10.4132/jptm.2019.11.03
7. Aman NA, Doukoure B, Koffi KD, et al. HER2 overexpression and correlation with other significant clinicopathologic parameters in Ivorian breast cancer women. *BMC Clin Pathol*. 2019;19:1. doi:10.1186/s12907-018-0081-4
8. Gordian-Arroyo AM, Zynger DL, Tozbikian GH. Impact of the 2018 ASCO/CAP HER2 Guideline Focused Update. *Am J Clin Pathol*. 2019;152(1):17-26. doi:10.1093/ajcp/aqz012
9. Exman P, Tolane SM. HER2-positive metastatic breast cancer: a comprehensive review. *Clin Adv Hematol Oncol*. 2021;19(1):40-50. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33493147/>
10. Shah MV, Wiktor AE, Meyer RG, et al. Change in Pattern of HER2 Fluorescent in Situ Hybridization (FISH) Results in Breast Cancers Submitted for FISH Testing: Experience of a Reference Laboratory Using US Food and Drug Administration Criteria and American Society of Clinical Oncology and College of American Pathologists Guidelines. *J Clin Oncol*. 2016;34(29):3502-3510. doi:10.1200/JCO.2015.61.8983
11. Wang B, Ding W, Sun K, Wang X, Xu L, Teng X. Impact of the 2018 ASCO/CAP guidelines on HER2 fluorescence in situ hybridization interpretation in invasive breast cancers with immunohistochemically equivocal results. *Sci Rep*. 2019;9(1):16726. doi:10.1038/s41598-019-53003-w
12. Wolff AC, Somerfield MR, Dowsett M, et al. Human Epidermal Growth Factor Receptor 2 Testing in Breast Cancer: ASCO-College of American Pathologists Guideline Update. *J Clin Oncol*. 2023;41(22):3867-3872. doi:10.1200/JCO.22.02864
13. Antolín S, García-Caballero L, Reboredo C, et al. Is there a correlation between HER2 gene amplification level and response to neoadjuvant treatment with trastuzumab

- and chemotherapy in HER2-positive breast cancer? *Virchows Arch.* 2021;479(4):853-857. doi:10.1007/s00428-021-03104-7
14. Wolff AC, Hammond MEH, Allison KH, et al. Human Epidermal Growth Factor Receptor 2 Testing in Breast Cancer: American Society of Clinical Oncology/College of American Pathologists Clinical Practice Guideline Focused Update. *J Clin Oncol.* 2018;36(20):2105-2122. doi:10.1200/JCO.2018.77.8738
 15. Wolff AC, Hammond ME, Hicks DG, et al. Recommendations for human epidermal growth factor receptor 2 testing in breast cancer: American Society of Clinical Oncology/College of American Pathologists clinical practice guideline update. *J Clin Oncol.* 2013;31(31):3997-4013. doi:10.1200/JCO.2013.50.9984
 16. Pasricha S, Menon V, Gupta G, et al. Impact of 2018 ASCO/CAP guidelines on HER-2 reporting categories of IHC and reflex FISH in breast cancer. *Breast J.* 2020;26(11):2213-2216. doi:10.1111/tbj.14031
 17. Morsberger L, Pallavajjala A, Long P, et al. HER2 amplification by next-generation sequencing to identify HER2-positive invasive breast cancer with negative HER2 immunohistochemistry. *Cancer Cell Int.* 2022;22(1):350. doi:10.1186/s12935-022-02761-1
 18. The Royal College of Pathologists. *Pathology Reporting of Breast Disease in Surgical Excision Specimens Incorporating the Dataset for Histological Reporting of Breast Cancer.* The Royal College of Pathologists. <https://www.rcpath.org/profession/guidelines/cancer-datasets-and-tissue-pathways.html>. Accessed November 9, 2024.
 19. Thambamroong T. The concordance between IHC and ISH for HER-2 testing in breast cancer in Nakhon Pathom Hospital, Thailand, based on the ASCO/CAP 2018 guidelines: a retrospective study. *Ecancermedicalscience.* 2022;16:1370. doi:10.3332/ecancer.2022.1370
 20. Farshid G, Dhattrak D, Gilhotra A, Koszyca B, Nolan J. The impact of 2018 ASCO-CAP HER2 testing guidelines on breast cancer HER2 results. An audit of 2132 consecutive cases evaluated by immunohistochemistry and in situ hybridization. *Mod Pathol.* 2020;33(9):1783-1790. doi:10.1038/s41379-020-0555-7
 21. Li A, Bai Q, Kong H, et al. Impact of the Updated 2018 American Society of Clinical Oncology/College of American Pathologists Guideline for Human Epidermal Growth Factor Receptor 2 Testing in Breast Cancer. *Arch Pathol Lab Med.* 2020;144(9):1097-1107. doi:10.5858/arpa.2019-0369-OA
 22. Iampengkhae K, Pisutpunya A, Vuthithammee C, Sodsoon P, Apornvirat S. Comparative Analysis of Equivocal (2+) and Positive (3+) HER2 Immunohistochemistry (IHC) and Bright-Field Dual-Color In Situ Hybridization (DISH) in Primary Breast Cancer From 1,307 Node-Positive Patients. *Breast Cancer (Auckl).* 2025;19:11782234251407914. doi:10.1177/11782234251407914

Citation

Sinhuwiwat T, Kittikongwat S, Jangyubol K, Petcharat B, Yimnoon J, Herabutya P, Tosirisuk P and Supavavej A. HER2 Testing in Breast Cancer: Correlation between Immunohistochemistry and FISH Using the Updated 2023 ASCO/CAP Guidelines. *J Chulabhorn Royal Acad.* 2026;8(4): 360-369. <https://he02.tci-thaijo.org/index.php/jcra/article/view/268386>

Online Access

<https://he02.tci-thaijo.org/index.php/jcra/article/view/268386>



Academic article

การพยาบาลผู้ป่วยที่มีภาวะติดเชื้อในกระแสเลือดในห้องฉุกเฉิน:
แนวทางและบทบาทสำคัญภายใต้หลักฐานเชิงประจักษ์
Nursing Care for Adults with Sepsis in the Emergency Department:
Evidence-Based Approaches and Critical Nursing Roles

รัชฎากร พลพัฒน์¹, ภูมินทร์ ดวงสุริยะ^{2*}
Ratsadagorn Phonphat¹, Phoomin Dounsuriya²

¹โรงพยาบาลบางกรวย

²วิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนีนครลำปาง

คณะพยาบาลศาสตร์ สถาบันพระบรมราชชนก

¹Bang Kruai Hospital

²Boromarajjonani College of Nursing,

Nakhon Lampang, Faculty of Nursing, Praboromarajchanok Institute

*Corresponding Author, e-mail: phoomin.d@mail.bcnlp.ac.th

Received: 29 December 2025; Revised: 2 June 2026; Accepted: 22 June 2026

บทคัดย่อ

ภาวะติดเชื้อในกระแสเลือดเป็นภาวะฉุกเฉินทางการแพทย์ที่มีความรุนแรงและอัตราการเสียชีวิตสูงโดยเฉพาะเมื่อการประเมินและเริ่มต้นการรักษาล่าช้า ซึ่งอาจนำไปสู่ภาวะช็อกและการล้มเหลวของอวัยวะหลายระบบ ส่งผลให้ผลลัพธ์ทางคลินิกของผู้ป่วยแย่ลง และคุณภาพชีวิตลดลงจากความบกพร่องทางร่างกาย การลดลงของความสามารถในการปฏิบัติกิจวัตรประจำวัน และการพึ่งพาผู้อื่นเพิ่มขึ้น ห้องฉุกเฉินจึงเป็นบริบทสำคัญในการดูแลผู้ป่วยกลุ่มนี้ เนื่องจากเป็นจุดเริ่มต้นของการคัดกรอง วินิจฉัย และเริ่มต้นการรักษาอย่างเร่งด่วน พยาบาลห้องฉุกเฉินมีบทบาทสำคัญในการประเมินอาการตั้งแต่ระยะแรก การเฝ้าระวังการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา และการสนับสนุนการรักษาอย่างเป็นระบบร่วมกับทีมสหสาขาวิชาชีพ

ภายใต้หลักฐานเชิงประจักษ์ ในการดูแลผู้ป่วยที่มีภาวะติดเชื้อในกระแสเลือดได้เน้นการจัดการอย่างรวดเร็วภายใน 1 ชั่วโมง เพื่อเพิ่มโอกาสการรอดชีวิตและลดภาวะแทรกซ้อน บทความนี้นำเสนอแนวทางการพยาบาลผู้ป่วยภาวะติดเชื้อในกระแสเลือดในห้องฉุกเฉินโดยประยุกต์ใช้การทบทวนหลักฐานเชิงประจักษ์ ซึ่งครอบคลุมการประเมินอาการและปัจจัยการทรุดลงทางสรีรวิทยา การตรวจร่างกายและการใช้เครื่องมือคัดกรอง การดูแลตามแนวทางมาตรฐาน การเฝ้าระวังภาวะแทรกซ้อนจากการรักษา การติดตามประเมินผลอย่างใกล้ชิด และการกำหนดเป้าหมายด้านความปลอดภัย เพื่อสนับสนุนบทบาทพยาบาลในการดูแลผู้ป่วยอย่างมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับบริบทการปฏิบัติจริง และยกระดับคุณภาพการดูแลในห้องฉุกเฉิน

คำสำคัญ: ห้องฉุกเฉิน, หลักฐานเชิงประจักษ์, การพยาบาล, ภาวะติดเชื้อในกระแสเลือด

Abstract

Sepsis is a life-threatening medical emergency with high morbidity and mortality, particularly when recognition and treatment are delayed. Disease progression may lead to septic shock and multiple organ dysfunction, resulting in poor clinical outcomes and reduced quality of life. Survivors may experience physical impairment, decreased functional ability, and greater dependence on others. The emergency department (ED) is a key setting for the early identification and management of sepsis. As the first point of care, the ED plays an important role in screening, diagnosis, and timely treatment. Emergency nurses are essential in recognizing

early signs of sepsis, monitoring physiological changes, and supporting treatment in collaboration with multidisciplinary healthcare teams.

Current evidence highlights the importance of initiating sepsis management within the first hour of recognition, particularly in older adults, to improve survival and reduce complications. This article presents evidence-based nursing approaches for the care of patients with sepsis in the emergency department. The discussion includes patient assessment, recognition of physiological deterioration, physical examination and screening tools, guideline-based interventions, monitoring for treatment-related complications, ongoing evaluation, and patient safety considerations. These approaches aim to support emergency nurses in providing timely, effective, and high-quality care while improving patient outcomes in emergency settings.

Keywords: Emergency Department, Evidence-Based Practice, Nursing Care, Sepsis

บทนำ

ภาวะติดเชื้อในกระแสเลือด (sepsis) ภาวะที่ร่างกายตอบสนองต่อการติดเชื้ออย่างรุนแรงและผิดปกติ โดยเชื้อโรค (เช่น แบคทีเรีย หรือเชื้อรา) หลุดเข้าสู่กระแสเลือดและปล่อยสารพิษ กระตุ้นให้ระบบภูมิคุ้มกันหลั่งสารเคมีออกมาทั่วร่างกาย เพื่อสู้กับเชื้อโรค สารเหล่านี้ก่อให้เกิดการอักเสบอย่างรุนแรง ทำลายเนื้อเยื่อและอวัยวะสำคัญ¹ เมื่อการดำเนินโรคเข้าสู่ระยะช็อกจากการติดเชื้อ (septic shock) จะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางพยาธิสรีรวิทยาที่ซับซ้อนและรุนแรง ได้แก่ ภาวะความดันโลหิตต่ำที่ไม่ตอบสนองต่อการให้สารน้ำ การเปลี่ยนแปลงกระบวนการเผาผลาญพลังงานไปสู่ภาวะไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic metabolism) ความผิดปกติของการทำงานของเยื่อหลอดเลือด และความผิดปกติของระบบการแข็งตัวของเลือด เช่น ภาวะเลือดแข็งตัวในหลอดเลือดแบบแพร่กระจาย (disseminated intravascular coagulation) ซึ่งส่งผลให้เกิดภาวะอวัยวะล้มเหลวหลายระบบ (multiple organ dysfunction syndrome) และเพิ่มอัตราการเสียชีวิตของผู้ป่วยอย่างมีนัยสำคัญ¹⁻³ จากการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว ทำให้เห็นว่า ภาวะติดเชื้อในกระแสเลือดยังคงเป็นหนึ่งในสาเหตุสำคัญของการเสียชีวิตในระบบบริการสุขภาพ จากข้อมูลทางสถิติพบว่าทั่วโลกมีผู้ป่วยที่มีภาวะติดเชื้อในกระแสเลือดเข้ารับการรักษาทันทีในโรงพยาบาลและห้องฉุกเฉินเฉลี่ยประมาณ 49 ล้านคนต่อปี และผู้เสียชีวิตสูงถึง 11 ล้านคนต่อปี⁴ โดยเฉพาะในกลุ่มประชากรที่มีอายุตั้งแต่ 70 ปีขึ้นไปซึ่งมีโรคไม่ติดต่อเรื้อรังร่วมด้วย ภาวะติดเชื้อในกระแสเลือดมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ⁵ ในบริบทของประเทศไทย ผู้ที่มีอายุ 65 ปีขึ้นไปที่มีโรคไม่ติดต่อเรื้อรังร่วมด้วยเป็นกลุ่มที่มีความเสี่ยงสูงต่อการเกิดภาวะติดเชื้อในกระแสเลือดและภาวะช็อกจากการติดเชื้อ โดยพบอุบัติการณ์ในกลุ่มผู้ป่วยในที่สูงถึง 34.9 และอัตราการเสียชีวิตในผู้ป่วยภาวะติดเชื้อในกระแสเลือดและภาวะช็อกจากการติดเชื้อร้อยละ 30 และร้อยละ 55.6 ตามลำดับ⁶ จากข้อมูลดังกล่าว ภาวะติดเชื้อในกระแสเลือดจึงไม่เพียงเป็นปัญหาทางคลินิกที่มีความรุนแรงเท่านั้น ภาวะติดเชื้อในกระแสเลือด (Sepsis) ไม่เพียงเป็น

ภาวะวิกฤตทางการแพทย์ที่คุกคามชีวิตผู้ป่วยเท่านั้น แต่ยังเป็นปัญหาสาธารณสุขสำคัญระดับโลกที่สัมพันธ์กับอัตราการเจ็บป่วย การเกิดภาวะแทรกซ้อน และการเสียชีวิตในระดับสูง โดยห้องฉุกเฉินถือเป็นจุดแรกของระบบบริการสุขภาพที่ผู้ป่วยส่วนใหญ่เข้ารับการประเมินและรักษา ดังนั้น บุคลากรทางสุขภาพ โดยเฉพาะพยาบาลห้องฉุกเฉินซึ่งมีบทบาทสำคัญในการคัดกรอง ประเมินอาการ และเฝ้าระวังการเปลี่ยนแปลงทางคลินิก จำเป็นต้องมีความเข้าใจเกี่ยวกับพยาธิสรีรวิทยา อาการและอาการแสดง ตลอดจนปัจจัยบ่งชี้ความรุนแรงของภาวะติดเชื้อในกระแสเลือด เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจทางคลินิกและการดำเนินการตามแนวทางการรักษาอย่างรวดเร็ว และเหมาะสม การตรวจพบและจัดการผู้ป่วยตั้งแต่ระยะเริ่มต้นในห้องฉุกเฉินจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยลดความรุนแรงของโรค ลดการเกิดภาวะอวัยวะล้มเหลว และเพิ่มโอกาสรอดชีวิตของผู้ป่วยได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ผู้ป่วยที่เข้ารับการรักษารักษาในห้องฉุกเฉิน ด้วยภาวะติดเชื้อในกระแสเลือดมักแสดงอาการทางคลินิกที่ไม่จำเพาะ ได้แก่ ระดับความรู้สึกตัวลดลง อาการซึม อ่อนเพลีย รับประทานอาหารได้น้อย หรือมีอาการหายใจเหนื่อย^{7,8} ซึ่งเป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาที่เกิดขึ้นจากการตอบสนองของร่างกายต่อการติดเชื้อ เช่น กระบวนการอักเสบทั่วร่างกาย ความผิดปกติของการไหลเวียนเลือด และการเผาผลาญพลังงานในระดับเซลล์⁷ อาการดังกล่าวมีความซับซ้อนและอาจซ้อนทับกับโรคหรือภาวะฉุกเฉินอื่น ทำให้การแยกแยะภาวะติดเชื้อในระยะเริ่มต้นทำได้ยาก โดยเฉพาะในผู้สูงอายุ ซึ่งเป็นกลุ่มเสี่ยงสูงต่อการเกิดภาวะติดเชื้อในกระแสเลือด การแสดงอาการมักไม่เป็นไปตามลักษณะจำเพาะของการติดเชื้อ เช่น อาจไม่มีไข้หรือมีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิร่างกายเพียงเล็กน้อย แต่กลับแสดงอาการในรูปแบบของภาวะสับสนเฉียบพลัน การทำกิจวัตรประจำวันลดลง หรืออาการอ่อนแรงอย่างเฉียบพลัน⁹ ส่งผลให้การรับรู้ความรุนแรงของโรคในระยะแรกอาจคลาดเคลื่อน ความไม่ชัดเจนของอาการทางคลินิกดังกล่าวอาจนำไปสู่ความล่าช้าในการวินิจฉัย ภาวะติดเชื้อในกระแสเลือดและการเริ่มต้นการรักษาตามแนวปฏิบัติที่เหมาะสม¹⁰ โดยที่บุคลากรในห้องฉุกเฉินจึงอาจมุ่งเน้น

การจัดการภาวะฉุกเฉินด้านอื่นก่อน เช่น ภาวะหายใจล้มเหลว ภาวะความดันโลหิตต่ำ หรือการเปลี่ยนแปลงระดับความรู้สึกตัว ทำให้ผู้ป่วยจำเป็นต้องได้รับการจัดการภาวะฉุกเฉินด้านอื่นก่อน เช่น ภาวะหายใจล้มเหลว ภาวะความดันโลหิตต่ำ หรือการเปลี่ยนแปลงระดับความรู้สึกตัว พยาบาลห้องฉุกเฉินเป็นบุคลากรด่านหน้าที่มีบทบาทสำคัญในการประเมิน วิเคราะห์ และวินิจฉัยปัญหาของผู้ป่วยตั้งแต่ระยะแรก จึงจำเป็นต้องมีความเข้าใจต่ออาการ อาการแสดง และการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาที่เกิดขึ้น เพื่อนำข้อมูลดังกล่าวมาตัดสินใจให้การพยาบาลอย่างเป็นระบบและสอดคล้องกับแนวทางการดูแลผู้ป่วยภาวะติดเชื้อในกระแสเลือด¹

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทบทวนหลักฐานเชิงประจักษ์ที่เกี่ยวข้องกับการพยาบาลผู้ป่วยภาวะติดเชื้อในกระแสเลือดในห้องฉุกเฉิน โดยมุ่งเน้นบทบาทของพยาบาลห้องฉุกเฉินในการคัดกรอง ประเมิน เฝ้าระวัง และให้การดูแลผู้ป่วยรวดเร็วและเป็นระบบ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการรักษา ลดภาวะแทรกซ้อน และลดอัตราการเสียชีวิตของผู้ป่วย การบรรลุเป้าหมายดังกล่าวจำเป็นต้องอาศัยความเข้าใจเกี่ยวกับพยาธิสรีรวิทยาของภาวะติดเชื้อในกระแสเลือด ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญในการอธิบายการเปลี่ยนแปลงทางคลินิกและกำหนดแนวทางการพยาบาลที่เหมาะสม

พยาธิสภาพของภาวะติดเชื้อในกระแสเลือด

ภาวะติดเชื้อในกระแสเลือดเป็นกลุ่มอาการที่เกิดจากความล้มเหลวของการควบคุมการตอบสนองต่อการติดเชื้อของร่างกาย ส่งผลให้เกิดการทำลายตนเองในระดับเซลล์และนำไปสู่ความผิดปกติของการทำงานของอวัยวะหลายระบบ กลไกดังกล่าวไม่ได้เกิดจากเชื้อก่อโรคโดยตรงเพียงอย่างเดียว หากแต่เป็นผลจากการตอบสนองทางภูมิคุ้มกันที่รุนแรงและไม่สมดุลระหว่างกระบวนการอักเสบและการยับยั้งการอักเสบ¹⁻³

เมื่อเชื้อโรคเข้าสู่ร่างกาย องค์ประกอบของเชื้อ เช่น pathogen-associated molecular patterns (PAMPs) และ endotoxin จะถูกตรวจจับโดย pattern recognition receptors ของระบบภูมิคุ้มกันโดยกำเนิด ส่งผลให้เกิดการกระตุ้นกระบวนการส่งสัญญาณภายในเซลล์และการเริ่มต้นของกระบวนการอักเสบ กลไกดังกล่าวนำไปสู่การหลั่งสารสื่อกลางการอักเสบหลายชนิด ได้แก่ tumor necrosis factor-alpha (TNF- α), interleukin-1 (IL-1), interleukin-6 (IL-6) และ nitric oxide (NO) ในปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง การเพิ่มขึ้นของไซโตไคน์และตัวกลางเหล่านี้เป็นกลไกสำคัญที่ก่อให้เกิดการตอบสนองการอักเสบและนำไปสู่การเกิดในภาวะติดเชื้อในกระแสเลือดอย่างรุนแรง¹³ ในระดับหลอดเลือด สารสื่อกลางการอักเสบมีผลโดยตรงต่อเซลล์เยื่อบุผนังหลอดเลือด ทำให้โครงสร้างและหน้าที่ของ endothelial barrier ถูกทำลาย ส่งผลให้การซึมผ่านของหลอดเลือดเพิ่มขึ้นและเกิดการรั่วไหลของสารน้ำและโปรตีนออกสู่ช่องว่างระหว่างเซลล์ นอกจากนั้น NO ที่

เพิ่มขึ้นยังก่อให้เกิดการขยายตัวของหลอดเลือด (vasodilation) ส่งผลทำให้ความต้านทานหลอดเลือดส่วนปลายลดลง นำไปสู่ปริมาตรเลือดในการไหลเวียนลดลงและการกระจายเลือดไปยังเนื้อเยื่อไม่เพียงพอ ทำให้การนำส่งออกซิเจนไปยังเนื้อเยื่อลดลง¹⁴ ภาวะดังกล่าวก่อให้เกิดความไม่สมดุลระหว่างการส่งผ่านออกซิเจนและความต้องการของเซลล์ ส่งผลให้เกิดภาวะพร่องออกซิเจนในระดับเนื้อเยื่อ (tissue hypoxia) เซลล์จึงเปลี่ยนกระบวนการสร้างพลังงานจากแบบใช้ออกซิเจนไปสู่แบบไม่ใช้ออกซิเจน ทำให้มีการสะสมของกรดแลคติกในกระแสเลือด นอกจากนี้ยังมีผลต่อการทำงานของกล้ามเนื้อหัวใจ ที่ทำให้ประสิทธิภาพการหดตัวของกล้ามเนื้อหัวใจและปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจใน 1 นาที (cardiac output) ลดลง ทำให้การนำเลือดและออกซิเจนไปยังอวัยวะเป้าหมายที่สำคัญไม่เพียงพอ ในระยะแรกร่างกายจะมีการปรับสมดุลโดยการกระตุ้นระบบประสาทซิมพาเทติกและระบบเรนิน-แองจิโอ-เทนซิน-อัลโดสเตอโรน เพื่อคงความดันโลหิตและการไหลเวียน แต่เมื่อกระบวนการอักเสบเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง กลไกการชดเชยจะสูญเสียประสิทธิภาพและนำไปสู่ภาวะช็อกจากการติดเชื้อ ในระบบทางเดินหายใจ การอักเสบของถุงลมและหลอดเลือดฝอยในปอดทำให้ของเหลวและโปรตีนรั่วเข้าสู่ถุงลม ทำให้พื้นที่การแลกเปลี่ยนก๊าซไม่มีประสิทธิภาพ และนำไปสู่สาเหตุของการเกิดภาวะ hypoxemia ในระบบประสาทส่วนกลาง ภาวะการกระตุ้นการอักเสบร่วมกับการลดลงของการไหลเวียนเลือดไปยังสมอง ส่งผลต่อการได้รับออกซิเจนต่อ blood-brain barrier ลดลงทำให้เกิดการกักขังออกซิเจนในสมองไม่เพียงพอ และแสดงผลลัพธ์ทำให้ระดับความรู้สึกตัวเปลี่ยนแปลง เมื่อความผิดปกติของการอักเสบ การไหลเวียนและการเผาผลาญในระดับเซลล์ดำเนินไปอย่างต่อเนื่อง จะนำไปสู่ความล้มเหลวของอวัยวะหลายระบบ โดยเฉพาะไตวายเฉียบพลันจากการลดลงของ renal perfusion และความผิดปกติของระบบการแข็งตัวของเลือดจากการกระตุ้นการแข็งตัวในหลอดเลือดขนาดเล็ก กลไกเหล่านี้สะท้อนถึงการเข้าสู่ระยะชดเชยล้มเหลวของภาวะติดเชื้อในกระแสเลือด ซึ่งเป็นระยะที่มีความรุนแรงสูงและสัมพันธ์กับอัตราการเสียชีวิตที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ^{2,14}

อาการทรุดลงทางคลินิกในผู้ป่วยติดเชื้อในกระแสเลือดเป็นผลจากกระบวนการพยาธิสรีรวิทยาที่เชื่อมโยงกันอย่างซับซ้อน ตั้งแต่การอักเสบทั่วร่างกาย ความผิดปกติของเยื่อบุหลอดเลือดและการไหลเวียนโลหิต ภาวะพร่องออกซิเจนในระดับเซลล์ จนถึงอาการล้มเหลวของอวัยวะหลายระบบ ความเข้าใจกลไกดังกล่าวมีความสำคัญต่อการประเมินความรุนแรง การเฝ้าระวังอาการเปลี่ยนแปลง และการตัดสินใจทางคลินิกในระยะเริ่มต้น โดยเฉพาะในบริบทห้องฉุกเฉินที่การตรวจพบและการจัดการผู้ป่วยอย่างทันท่วงทีมีความสัมพันธ์กับผลลัพธ์ทางคลินิก ดังนั้น บทบาทของพยาบาลห้องฉุกเฉินภายใต้หลักฐานเชิงประจักษ์จึงมีความสำคัญต่อการคัดกรอง ประเมิน และ

จัดการผู้ป่วยภาวะติดเชื้อในกระแสเลือดอย่างมีประสิทธิภาพ

บทบาทพยาบาลภายใต้หลักฐานเชิงประจักษ์กับการจัดการผู้ป่วยที่มีภาวะติดเชื้อในกระแสเลือด บริบทห้องฉุกเฉิน

ภาวะติดเชื้อในกระแสเลือดเป็นภาวะฉุกเฉินที่มีความรุนแรงและอาจลุกลามสู่ภาวะช็อกจากการติดเชื้อและการทำงานล้มเหลวของอวัยวะหลายระบบได้อย่างรวดเร็ว การดูแลรักษาในห้องฉุกเฉินจึงมีบทบาทสำคัญต่อการลดอัตราการเสียชีวิตและภาวะแทรกซ้อน ปัจจุบันแนวทางการรักษานับเป็นการประเมินและเริ่มการรักษาอย่างรวดเร็วภายใน 1 ชั่วโมงแรก¹ ดังนั้น พยาบาลห้องฉุกเฉินจึงต้องอาศัยกระบวนการพยาบาลร่วมกับหลักฐานเชิงประจักษ์ในการคัดกรอง ประเมิน และดูแลผู้ป่วยอย่างเป็นระบบ เพื่อให้ได้รับการรักษาที่เหมาะสม ทันเวลา และมีประสิทธิภาพ โดยมีประเด็นสำคัญในการดูแลดังต่อไปนี้

1. อาการแสดง และปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาที่ทรุดลง พยาบาลห้องฉุกเฉินควรดำเนินการคัดกรองและประเมินอาการ อาการแสดง และปัจจัยเสี่ยงที่สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาที่ทรุดลงของผู้ป่วยที่สงสัยภาวะติดเชื้อในกระแสเลือดตั้งแต่แรกเริ่ม โดยอาศัยข้อมูลจากการซักประวัติ การสังเกตอาการทางคลินิก และข้อมูลจากญาติหรือผู้ดูแล เพื่อให้สามารถระบุผู้ป่วยที่มีความเสี่ยงสูงต่อการเกิดภาวะอวัยวะล้มเหลวและภาวะช็อกจากการติดเชื้อได้อย่างรวดเร็ว^{1,11,13}

โดยในกลุ่มผู้ใหญ่ พยาบาลควรมุ่งเน้นการซักประวัติอาการสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการติดเชื้อ ได้แก่ ไข้หนาวสั่น อ่อนเพลีย เบื่ออาหาร คลื่นไส้ อาเจียน หายใจลำบาก หรืออาการที่สัมพันธ์กับตำแหน่งของการติดเชื้อ รวมถึงประเมินระยะเวลาการเกิดอาการและแนวโน้มความรุนแรงของอาการ^{7,8} เพื่อใช้ประกอบการพิจารณาความเสี่ยงต่อการดำเนินโรคที่รุนแรง ถึงแม้ว่าผู้ป่วยอายุน้อยและไม่มีโรคร่วมจะมีความเสี่ยงต่ำกว่า แต่ยังสามารถเกิดภาวะติดเชื้อรุนแรงและเสียชีวิตได้ จึงไม่ควรใช้เพียงอายุหรือการไม่มีโรคร่วมเป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจระดับความรุนแรงของโรคเพียงอย่างเดียว⁷

สำหรับกลุ่มผู้สูงอายุ ควรตระหนักถึงอาการของการติดเชื้ออาจมีลักษณะไม่จำเพาะและแตกต่างจากกลุ่มผู้ใหญ่^{8,10,15} ควรให้ความสำคัญกับการประเมินการเปลี่ยนแปลงของระดับการรู้คิด อาการซึม สับสนเฉียบพลัน พฤติกรรมเปลี่ยนแปลง การรับประทานอาหารได้น้อยลง และความสามารถในการช่วยเหลือตนเองลดลง^{9,10} เนื่องจากผู้สูงอายุมีการเสื่อมของระบบภูมิคุ้มกัน และมีความสามารถในการตอบสนองต่อการติดเชื้อลดลง ส่งผลให้การติดเชื้อสามารถดำเนินโรคเข้าสู่ภาวะรุนแรงได้อย่างรวดเร็วโดยที่อาการเริ่มต้นอาจไม่ชัดเจน^{8-10,15} การประเมินภาวะสุขภาพเดิมควบคู่กับประวัติโรคร่วมที่สำคัญ เช่น โรคเบาหวาน โรคความดันโลหิตสูง โรคหัวใจ โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง โรคไตเรื้อรัง โรคหลอดเลือดสมอง กลุ่มโรคเหล่านี้มักมีความสัมพันธ์ต่อการเกิดภาวะผิดปกติของระบบไหลเวียนโลหิต

และการเผาผลาญอยู่เดิม ทำให้ความสามารถในการชดเชยต่อภาวะอวัยวะและการลดลงของปริมาณเลือดมีข้อจำกัด ส่งผลให้เกิดภาวะช็อกที่มีลักษณะไม่เด่นชัด และเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดอวัยวะล้มเหลวหลายระบบ^{14,15} ปัจจัยด้านภาวะโภชนาการและระดับความสามารถในการช่วยเหลือตนเอง เช่น ภาวะทุพโภชนาการ หรือการพึ่งพาผู้อื่นในการทำกิจวัตรประจำวัน มีความสัมพันธ์กับพลังงานสะสมในร่างกายลดลง ส่งผลให้อาการและอาการแสดงของภาวะติดเชื้อในกระแสเลือดไม่ชัดเจน⁹

นอกจากนี้ ควรประเมินประวัติการเข้ารับการรักษาในช่วงที่ผ่านมา ได้แก่ การนอนโรงพยาบาล การเข้ารับการรักษาในหอผู้ป่วยวิกฤต เนื่องจากปัจจัยดังกล่าวอาจเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดภาวะติดเชื้อรุนแรง การติดเชื้อจากสถานพยาบาล และการติดเชื้อจากเชื้อดื้อยา ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความรุนแรงของโรคและผลลัพธ์ทางคลินิกของผู้ป่วย^{6,11,12}

เมื่อพบผู้ป่วยที่มีอาการบ่งชี้การติดเชื้อร่วมกับปัจจัยเสี่ยง ได้แก่ อายุที่มากขึ้น โรคร่วมหลายชนิด ภาวะเปราะบาง หรือประวัติการเข้ารับการรักษาในช่วงที่ผ่านมา พยาบาลควรจัดให้ผู้ป่วยได้รับการประเมินโดยทีมรักษาอย่างเร่งด่วน พร้อมทั้งเพิ่มความถี่ในการเฝ้าระวังอาการและเตรียมความพร้อมสำหรับการดำเนินการตามแนวทางการดูแลผู้ป่วยภาวะติดเชื้อในกระแสเลือด เพื่อป้องกันการทรุดลงทางสรีรวิทยาและลดความเสี่ยงต่อภาวะแทรกซ้อนรุนแรง^{11,15} ดังนั้น การซักประวัติการเจ็บป่วย ปัจจัยเสี่ยง และการได้รับบริการสุขภาพที่ผ่านมา จึงเป็นองค์ประกอบสำคัญของการประเมินผู้ป่วยที่สงสัยภาวะติดเชื้อในกระแสเลือด^{11,15} อย่างไรก็ตาม ข้อมูลจากการซักประวัติเพียงอย่างเดียวอาจไม่เพียงพอต่อการระบุความรุนแรงของโรค จึงจำเป็นต้องอาศัยการตรวจร่างกายและการใช้เครื่องมือคัดกรองที่เหมาะสมเพื่อสนับสนุนการประเมินและการตัดสินใจทางคลินิกในระยะเริ่มต้น^{11,16,24,25}

2. การตรวจร่างกายและการใช้เครื่องมือในการประเมิน

การตรวจร่างกายและการประเมินผู้ป่วยที่สงสัยภาวะติดเชื้อในกระแสเลือดในห้องฉุกเฉินมีเป้าหมายสำคัญเพื่อค้นหาความผิดปกติของการทำงานของอวัยวะ (organ dysfunction) ที่เกิดจากการลดลงของการกำซาบเลือดและออกซิเจนไปยังเนื้อเยื่อ ซึ่งเป็นลักษณะสำคัญของภาวะติดเชื้อในกระแสเลือดและภาวะช็อกจากการติดเชื้อ (septic shock)^{1,2,11,13,14} การตรวจพบความผิดปกติได้ตั้งแต่ระยะแรกจะช่วยให้ผู้ป่วยได้รับการรักษาตามแนวทางการรักษาภาวะติดเชื้อในกระแสเลือด (Sepsis Bundle) อย่างทันท่วงที ลดความเสี่ยงต่อการเกิดภาวะอวัยวะล้มเหลวหลายระบบและการเสียชีวิต^{7,11}

พยาบาลห้องฉุกเฉินควรเริ่มต้นการประเมินโดยใช้หลักการ Primary Survey (Airway, Breathing, Circulation, Disability and Exposure: ABCDE) แต่ต้องมุ่งเน้นการค้นหาความผิดปกติที่สัมพันธ์กับภาวะติดเชื้อในกระแสเลือดโดยเฉพาะ^{11,16}

หลักการประเมิน Primary Survey	รายละเอียดการประเมิน
การประเมินทางเดินหายใจ (Airway Assessment)	เพื่อค้นหาผู้ป่วยที่มีระดับความรู้สึกตัวลดลงซึ่งอาจสูญเสียความสามารถในการป้องกันทางเดินหายใจตนเอง พยาบาลห้องฉุกเฉินต้องควรประเมินความสามารถในการพูด การตอบสนองต่อคำสั่ง และเปรียบเทียบกับสภาพปกติเดิมของผู้ป่วย โดยเฉพาะในผู้สูงอายุที่มักแสดงอาการซึม สับสน หรือสื่อสารลดลงเป็นอาการแรกของภาวะติดเชื้อมีในกระแสเลือด หากพบว่าผู้ป่วยมี Glasgow Coma Scale (GCS) ลดลงหรือไม่สามารถดูแลทางเดินหายใจตนเองได้ ควรรายงานแพทย์ทันทีและเตรียมอุปกรณ์ช่วยดูแลทางเดินหายใจ ^{10,11,15,16}
การประเมินการหายใจ (Breathing Assessment)	เพื่อค้นหาภาวะพร่องออกซิเจนและภาวะหายใจล้มเหลวที่อาจเกิดจากการติดเชื้อในระบบทางเดินหายใจหรือภาวะอัสเพทัวร่างกาย พยาบาลห้องฉุกเฉินควรประเมินอัตราการหายใจ ลักษณะการหายใจ การใช้กล้ามเนื้อช่วยหายใจ และวัดค่า Oxygen Saturation (SpO ₂) อย่างต่อเนื่อง ผู้ป่วยที่มีอัตราการหายใจ ≥ 22 ครั้งต่อนาที หรือค่า SpO ₂ ต่ำกว่าระดับเป้าหมายควรได้รับออกซิเจนและประเมินซ้ำอย่างใกล้ชิด นอกจากนี้ การคำนวณค่า SpO ₂ /FiO ₂ Ratio (S/F Ratio) สามารถช่วยคัดกรองภาวะแลกเปลี่ยนก๊าซผิดปกติและเฝ้าระวังการเกิดภาวะหายใจล้มเหลวได้ตั้งแต่วะยะเริ่มต้น ^{1,11,16,17}
การประเมินการไหลเวียนโลหิต (Circulation Assessment)	เป็นหลักสำคัญของการประเมิน เนื่องจากผู้ป่วยอาจเกิดภาวะพร่องเลือดไปเลี้ยงเนื้อเยื่อ แม้ยังไม่มีภาวะความดันโลหิตต่ำ พยาบาลห้องฉุกเฉินควรประเมินความดันโลหิต ชีพจร อุณหภูมิปลายมือปลายเท้าและระยะเวลาการเติมเลือดกลับสู่หลอดเลือดฝอย (Capillary Refill Time; CRT) ซึ่งควรน้อยกว่าหรือเท่ากับ 3 วินาที ร่วมกับการคำนวณ Shock Index (SI = Heart Rate/Systolic Blood Pressure) และ Diastolic Shock Index (DSI = Heart Rate/Diastolic Blood Pressure) โดยค่า SI ≥ 1 หรือ DSI ≥ 2 บ่งชี้ความเสี่ยงต่อภาวะช็อกจากการติดเชื้อและควรได้รับการประเมินซ้ำอย่างเร่งด่วน นอกจากนี้ควรติดตามค่า Mean Arterial Pressure (MAP) ซึ่งควรมากกว่าหรือเท่ากับ 65 มิลลิเมตรปรอท และติดตามปริมาณปัสสาวะซึ่งควรมากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อชั่วโมง เพื่อประเมินความเพียงพอของการกำซาบเลือดไปยังอวัยวะสำคัญ ^{11,16,18,21}
การประเมินระบบประสาท (Disability Assessment)	ในผู้ป่วยกลุ่มผู้สูงอายุมีความสำคัญ เนื่องจากภาวะสับสนเฉียบพลัน (Acute Delirium) หรือการเปลี่ยนแปลงของระดับความรู้สึกตัวอาจเป็นอาการนำของภาวะติดเชื้อในกระแสเลือด พยาบาลห้องฉุกเฉินควรประเมิน Glasgow Coma Scale (GCS) การรับรู้บุคคล เวลา และสถานที่ รวมถึงประเมินการเปลี่ยนแปลงจากสภาพเดิม หากพบว่าผู้ป่วยซึมลง สับสนมากขึ้น หรือ GCS ลดลงตั้งแต่ 2 คะแนนขึ้นไป ควรรายงานทีมรักษาทันที เนื่องจากอาจสะท้อนภาวะของการกำซาบเลือดไปเลี้ยงสมองที่ลดลง ^{10,11,15,16}
การประเมินสภาพร่างกาย และค้นหาแหล่งติดเชื้อ (Exposure Assessment)	การค้นหาดำแหน่งที่เป็นสาเหตุของการติดเชื้อ เช่น ปอด ทางเดินปัสสาวะ ช่องท้อง ผิวหนังและเนื้อเยื่ออ่อน หรืออุปกรณ์ทางการแพทย์ที่ค้างอยู่ในร่างกาย โดยพยาบาลควรตรวจวัดอุณหภูมิร่างกาย ประเมินบาดแผล แผลกดทับ แผลผ่าตัด สายสวน ปัสสาวะ หรือสายสวนหลอดเลือดต่าง ๆ เพื่อรวบรวมข้อมูลสนับสนุนการวินิจฉัยและการส่งตรวจเพาะเชื้อ ^{6,11,12,16}

หลังการประเมิน Primary Survey และแก้ไขภาวะคุกคามต่อชีวิตแล้ว พยาบาลควรดำเนินการประเมินในระยะ Secondary Survey โดยใช้หลัก SAMPLE ได้แก่ อาการสำคัญ (Signs and Symptoms) ประวัติการแพ้ยา (Allergy) ยาที่ใช้ประจำ (Medication) โรคประจำตัว (Past Medical History) การรับประทานอาหารหรือสารน้ำล่าสุด (Last Oral Intake) และเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการเจ็บป่วย (Events Leading to Illness) ร่วมกับการประเมินปัจจัยเสี่ยงต่อภาวะติดเชื้อในกระแสเลือด เช่น อายุที่มากขึ้น โรคไม่ติดต่อดื้อรัง ภาวะเปราะบาง การได้รับยากดภูมิคุ้มกัน หรือการรักษาในโรงพยาบาลภายในระยะที่ผ่านมา เนื่องจากปัจจัยเหล่านี้สัมพันธ์กับการเกิดภาวะติดเชื้อรุนแรงและการเสียชีวิตที่เพิ่มขึ้น^{5,11,15}

นอกจากการตรวจร่างกายแล้ว พยาบาลห้องฉุกเฉินควรใช้เครื่องมือคัดกรองร่วมกับการประเมินทางคลินิกเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจพบผู้ป่วยที่มีความเสี่ยงสูงต่อภาวะติดเชื้อในกระแสเลือด ได้แก่ Quick Sequential Organ Failure Assessment (qSOFA) และ National Early Warning Score 2 (NEWS2)^{1,24,25} โดย qSOFA ประกอบด้วย อัตราการหายใจ ≥ 22 ครั้งต่อนาที ความดันโลหิตตัวบน ≤ 100 มิลลิเมตรปรอท และการเปลี่ยนแปลงระดับความรู้สึกตัว หากมีความผิดปกติตั้งแต่ 2 ข้อขึ้นไป ควรสงสัยภาวะติดเชื้อในกระแสเลือดและเร่งเข้าสู่แนวทางการรักษา^{1,11} ขณะที่ NEWS2 ช่วยติดตามแนวโน้มการทรุดลงทางสรีรวิทยาาระหว่างอยู่ในห้องฉุกเฉินและสนับสนุนการกำหนดความถี่ในการเฝ้าระวังและการสื่อสารกับทีมสหสาขาวิชาชีพ^{24,25}

ดังนั้น การตรวจร่างกายและการใช้เครื่องมือประเมินในผู้ป่วยที่สงสัยภาวะติดเชื้อในกระแสเลือดจึงเป็นบทบาทสำคัญของพยาบาลห้องฉุกเฉินในการตรวจพบความผิดปกติของการทำงานของอวัยวะและการทรุดลงทางสรีรวิทยาได้ตั้งแต่ระยะเริ่มต้น^{1,11,16,25} ข้อมูลที่ได้จากการประเมินทั้งด้านอาการทางคลินิก สัญญาณชีพ การตรวจร่างกาย และเครื่องมือคัดกรองความรุนแรง ช่วยสนับสนุนการตัดสินใจทางคลินิก การจัดลำดับความเร่งด่วนของการรักษา และการสื่อสารกับทีมสหสาขาวิชาชีพได้อย่างมีประสิทธิภาพ^{11,16,24}

อย่างไรก็ตาม การตรวจพบผู้ป่วยที่มีความเสี่ยงสูงต่อภาวะติดเชื้อในกระแสเลือดเพียงอย่างเดียวไม่เพียงพอต่อการลดอัตราการเสียชีวิต หากไม่ได้รับการรักษาที่รวดเร็วและเป็นระบบตามมาตรฐานการดูแลที่ได้รับการยอมรับในระดับสากล ดังนั้น ภายหลังจากคัดกรองและประเมินผู้ป่วยแล้ว พยาบาลห้องฉุกเฉินจำเป็นต้องดำเนินการตามแนวทางการดูแลภาวะติดเชื้อในกระแสเลือดที่อาศัยหลักฐานเชิงประจักษ์ โดยมุ่งเน้นการเริ่มต้นการรักษา การฟื้นคืนสภาพการไหลเวียนเลือด การให้ยาปฏิชีวนะ และการเฝ้าระวังการตอบสนองต่อการรักษาอย่างทันทั่วถึง ซึ่งเป็นสาระสำคัญของการประยุกต์ใช้มาตรฐานการดูแลภาวะติดเชื้อในกระแสเลือด

3. การประยุกต์ใช้มาตรฐานการดูแลภาวะติดเชื้อในกระแสเลือด ปัจจุบันแนวทางการดูแลผู้ป่วยภาวะติดเชื้อในกระแสเลือดในห้องฉุกเฉินอาศัยหลักการของ Sepsis One-Hour Bundle ซึ่งมุ่งเน้นการประเมินและเริ่มต้นการรักษาภายใน 1 ชั่วโมงแรกหลังสงสัยภาวะติดเชื้อในกระแสเลือด¹ เนื่องจากความล่าช้าในการรักษามีความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของภาวะช็อกจากการติดเชื้อ การเกิดภาวะอวัยวะล้มเหลวหลายระบบ และอัตราการเสียชีวิต พยาบาลห้องฉุกเฉินจึงมีบทบาทสำคัญในการประสานกระบวนการดูแล ติดตามผลการรักษา และเฝ้าระวังการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาอย่างใกล้ชิดตลอดระยะเวลาการรักษา^{11,20}

หลังจากที่ผู้ป่วยได้รับการคัดกรองและเข้าสู่แนวทางการดูแลภาวะติดเชื้อในกระแสเลือด พยาบาลห้องฉุกเฉินอาจพิจารณาตรวจระดับ serum lactate ซึ่งเป็นตัวชี้วัดภาวะพร่องออกซิเจนในระดับเนื้อเยื่อและความเพียงพอของการไหลเวียนเลือด โดยค่า lactate ≥ 2 mmol/L บ่งชี้ว่าร่างกายเริ่มมีภาวะพร่องเลือดไปเลี้ยงเนื้อเยื่อและมีความเสี่ยงต่อการเกิดอวัยวะล้มเหลว ขณะที่ค่า lactate ≥ 4 mmol/L สะท้อนภาวะพร่องออกซิเจนในระดับเซลล์อย่างรุนแรงและมีความสัมพันธ์กับความเสียหายสูงต่อการเกิดภาวะช็อกจากการติดเชื้อ ถึงแม้ว่าผู้ป่วยอาจยังไม่มีภาวะความดันโลหิตต่ำก็ตาม^{11,14} ดังนั้น พยาบาลไม่ควรพิจารณาผล lactate เพียงอย่างเดียว แต่ต้องนำมาวิเคราะห์ร่วมกับระดับความรู้สึกตัว สัญญาณชีพ การไหลเวียนเลือดส่วนปลาย และปริมาณปัสสาวะ หากพบค่า lactate สูงหรือมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ควรรายงานแพทย์ทันทีเพื่อประเมินความจำเป็นในการเพิ่มความเข้มข้นของการรักษาและติดตามผลซ้ำตามแผนการรักษา^{1,11}

หลังจากที่แพทย์กำหนดแผนการรักษา พยาบาลควรดำเนินการเก็บสิ่งส่งตรวจเพื่อเพาะเชื้อ โดยเฉพาะการเพาะเชื้อจากกระแสเลือดก่อนเริ่มยาปฏิชีวนะ เพื่อเพิ่มโอกาสในการระบุเชื้อก่อโรคและสนับสนุนการเลือกยาปฏิชีวนะที่เหมาะสมในระยะต่อมา การเก็บตัวอย่างควรดำเนินการตามหลักปลอดเชื้ออย่างเคร่งครัด ตรวจสอบความถูกต้องของตัวอย่างและข้อมูลผู้ป่วยรวมทั้งประสานงานกับห้องปฏิบัติการเพื่อไม่ให้กระบวนการดังกล่าวส่งผลให้การให้ยาปฏิชีวนะล่าช้าเกิน 1 ชั่วโมงแรก^{11,12}

การได้รับยาปฏิชีวนะชนิดครอบคลุมเชื้อภายใน 60 นาทีหลังสงสัยภาวะติดเชื้อในกระแสเลือดเป็นเป้าหมายสำคัญของการรักษาในห้องฉุกเฉิน พยาบาลห้องฉุกเฉินต้องตรวจสอบแผนการรักษา เตรียมยาและบริหารยาอย่างถูกต้องตามหลักการบริหารยา พร้อมเฝ้าระวังอาการไม่พึงประสงค์ที่อาจเกิดขึ้นระหว่างและหลังให้ยา เช่น ผื่นลมพิษ หายใจลำบาก หอบหืด ความดันโลหิตลดลง หรือภาวะแพ้ยาขึ้นรุนแรง หากพบความผิดปกติควรหยุดยาเบื้องต้นและรายงานแพทย์ทันที^{1,7,11,20}

ในผู้ป่วยที่มีการไหลเวียนเลือดไม่เพียงพอหรือสงสัยภาวะช็อกจากการติดเชื้อ พยาบาลห้องฉุกเฉินมีบทบาทสำคัญในการบริหารสารน้ำชนิดคริสตัลลอยด์ (Crystalloid Solution)

ตามแผนการรักษา พร้อมประเมินการตอบสนองต่อการให้สารน้ำอย่างเป็นระบบ โดยติดตาม Mean Arterial Pressure (MAP) ซึ่งควรมีค่าไม่น้อยกว่า 65 mmHg ความดันโลหิตตัวบน (SBP) มากกว่า 90 mmHg ปริมาณปัสสาวะไม่น้อยกว่า 0.5 มิลลิเมตรต่อกิโลกรัมต่อชั่วโมง ระดับความรู้สึกตัวไม่ลดลง และค่า Capillary Refill Time (CRT) ไม่เกิน 2 - 3 วินาที¹¹ นอกจากนี้ควรประเมินอุณหภูมิปลายมือปลายเท้า สีผิว และลักษณะการไหลเวียนเลือดส่วนปลายร่วมด้วย¹¹ หลังการให้สารน้ำผู้ป่วยยังมี MAP < 65 mmHg, SBP < 90 mmHg, ปริมาณปัสสาวะลดลง, ค่า lactate $\geq$ 4 mmol/L, CRT > 3 วินาที หรือมีระดับความรู้สึกตัวลดลง ควรพิจารณาว่าอาจมีภาวะช็อกจากการติดเชื้อและรายงานแพทย์ทันที เนื่องจากข้อมูลดังกล่าวสะท้อนว่าการไหลเวียนเลือดไปเลี้ยงอวัยวะยังไม่เพียงพอ และผู้ป่วยมีความเสี่ยงต่อการเกิดภาวะอวัยวะล้มเหลว^{11,14} หรือในกรณีที่ผู้ป่วยไม่ตอบสนองต่อการให้สารน้ำ พยาบาลต้องเตรียมความพร้อมสำหรับการให้ยากระตุ้นความดันโลหิต เช่น Norepinephrine (Levophed) ตามแผนการรักษา โดยตรวจสอบชนิดยา ความเข้มข้น อัตราการให้ยา และความเหมาะสมของตำแหน่งหลอดเลือดดำที่ใช้บริหารยา ควรเลือกหลอดเลือดดำขนาดใหญ่บริเวณข้อพับแขนหรือหลอดเลือดดำส่วนกลางตามข้อบ่งชี้ พร้อมเฝ้าระวังการรั่วซึมของยาออกนอกหลอดเลือด การชีด เย็น หรือปวดบริเวณตำแหน่งให้ยา รวมทั้งติดตามความดันโลหิตและการตอบสนองต่อการรักษาอย่างใกล้ชิด เพื่อป้องกันภาวะแทรกซ้อนจากยาและสนับสนุนการคงไว้ซึ่งการไหลเวียนเลือดที่เพียงพอ^{11,21} แม้ว่าการให้สารน้ำ ยาปฏิชีวนะ และยากระตุ้นความดันโลหิตจะเป็นองค์ประกอบสำคัญของการรักษาในระยะเริ่มต้น¹¹ แต่การรักษาดังกล่าวอาจก่อให้เกิดภาวะแทรกซ้อนตามมาได้ โดยเฉพาะภาวะน้ำเกิน ภาวะหายใจล้มเหลว ภาวะแทรกซ้อนจากการให้ยา และการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาที่เกิดขึ้นระหว่างการรักษา ดังนั้น พยาบาลห้องฉุกเฉินจึงจำเป็นต้องดำเนินการเฝ้าระวังอาการแทรกซ้อนจากการดูแลรักษาอย่างเป็นระบบและต่อเนื่อง ซึ่งเป็นสาระสำคัญของการเฝ้าระวังอาการแทรกซ้อนจากการดูแลรักษา

4. การเฝ้าระวังอาการแทรกซ้อนจากการดูแลรักษา

การบริหารสารน้ำอย่างรวดเร็วและเพียงพอเป็นองค์ประกอบสำคัญในการแก้ไขภาวะการไหลเวียนเลือดที่ไม่เพียงพอในผู้ป่วยภาวะติดเชื้อในกระแสเลือด อย่างไรก็ตาม การให้สารน้ำในปริมาณมากอาจเพิ่มความเสี่ยงต่อภาวะน้ำเกิน ซึ่งสัมพันธ์กับการเกิดภาวะปอดบวม น้ำ การแลกเปลี่ยนก๊าซบกพร่อง ความจำเป็นในการใช้เครื่องช่วยหายใจ และผลลัพธ์ทางคลินิกที่ไม่พึงประสงค์ โดยเฉพาะในผู้สูงอายุและผู้ป่วยที่มีโรคหัวใจหรือโรคไตเรื้อรัง^{11,23} ดังนั้น การเฝ้าระวังภาวะแทรกซ้อนจากการรักษาจึงเป็นบทบาทสำคัญของพยาบาลห้องฉุกเฉินควบคู่ไปกับการฟื้นคืนสภาพการไหลเวียนเลือด

พยาบาลห้องฉุกเฉินต้องมีการประเมินสถานะสารน้ำและการตอบสนองต่อการรักษาอย่างต่อเนื่อง โดยบูรณาการข้อมูล

จากการตรวจร่างกาย สัญญาณชีพ ปริมาณปัสสาวะ ระดับความรู้สึกตัว และผลตรวจทางห้องปฏิบัติการ ร่วมกับข้อมูลจากการตรวจอัลตราซาวด์หลอดเลือดดำใหญ่ส่วนล่าง (Inferior Vena Cava; IVC ultrasound) ซึ่งช่วยประเมินภาวะสารน้ำและความเพียงพอของการไหลเวียนเลือด โดย IVC ที่ยุบตัวมากกว่าร้อยละ 50 ระหว่างการหายใจเข้าอาจบ่งชี้ภาวะพร่องสารน้ำ ขณะที่การยุบตัวน้อยกว่าร้อยละ 20 อาจสะท้อนภาวะสารน้ำเกินหรือความดันในระบบหลอดเลือดดำสูง²²⁻²³ ผลการประเมินดังกล่าวควรนำมาพิจารณาร่วมกับค่า Mean Arterial Pressure (MAP) ระดับ serum lactate ปริมาณปัสสาวะ และการไหลเวียนเลือดส่วนปลาย เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจทางคลินิกและการวางแผนการพยาบาล¹¹ ในผู้ป่วยที่มีแนวโน้มพร่องสารน้ำ พยาบาลควรเฝ้าระวังอาการแสดงของภาวะพร่องเลือดไปเลี้ยงเนื้อเยื่อ ได้แก่ ความดันโลหิตต่ำ ปริมาณปัสสาวะลดลง ระดับความรู้สึกตัวเปลี่ยนแปลง และระดับ lactate ที่เพิ่มสูงขึ้น พร้อมติดตามการตอบสนองหลังได้รับสารน้ำอย่างเป็นระบบ^{11,14} หากข้อมูลทางคลินิกบ่งชี้ภาวะสารน้ำเกิน ควรเฝ้าระวังอาการหายใจลำบาก อัตราการหายใจเพิ่มขึ้น ค่าออกซิเจนในเลือดลดลง เสียง crackles ที่ปอด หรือภาวะปอดบวม น้ำ โดยพยาบาลสามารถดำเนินการพยาบาลเบื้องต้น ได้แก่ การปรับอัตราการให้สารน้ำ การจัดทำศีรษะสูง และรายงานความผิดปกติแก่ทีมรักษาเพื่อปรับแผนการรักษาอย่างทันทั่วทั้งที่^{11-12,22-23}

ดังนั้น หลังการเริ่มต้นการรักษาและการเฝ้าระวังภาวะแทรกซ้อนจากการรักษาแล้ว พยาบาลจำเป็นต้องดำเนินการประเมินและติดตามผลอย่างใกล้ชิด เพื่อประเมินการตอบสนองต่อการรักษา ตรวจพบการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาได้อย่างทันทั่วทั้งที่ และสนับสนุนการตัดสินใจทางคลินิกในการดูแลผู้ป่วยภาวะติดเชื้อในกระแสเลือดในห้องฉุกเฉิน ซึ่งเป็นสาระสำคัญของการประเมินและติดตามผล

5. การประเมินและติดตามผล การดูแลผู้ป่วยภาวะติดเชื้อ

ในกระแสเลือดในห้องฉุกเฉินจำเป็นต้องมีการประเมินและติดตามอาการอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากผู้ป่วยอาจเกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและทรุดลงได้อย่างรวดเร็ว พยาบาลจึงต้องใช้เครื่องมือที่ช่วยตรวจพบความผิดปกติได้ตั้งแต่ระยะเริ่มต้น โดย National Early Warning Score 2 (NEWS2) เป็นเครื่องมือประเมินการทรุดลงทางคลินิกที่รวบรวมข้อมูลทางสรีรวิทยาที่สำคัญ 7 องค์ประกอบ ได้แก่ อัตราการหายใจ ระดับออกซิเจนในเลือด การได้รับออกซิเจนเสริม ความดันโลหิต-ซิสโตลิก อัตราการเต้นของหัวใจ ระดับความรู้สึกตัว และอุณหภูมิร่างกาย แต่ละตัวชี้วัดถูกกำหนดคะแนนตั้งแต่ 0 - 3 คะแนนตามระดับความผิดปกติ โดยคะแนนรวมที่สูงขึ้นสะท้อนความเสี่ยงต่อการทรุดลงทางสรีรวิทยาที่เพิ่มขึ้น^{24,25}

ผู้ป่วยที่มีคะแนน NEWS2 0 - 4 คะแนน จัดเป็นกลุ่มเสี่ยงต่ำ พยาบาลควรติดตามสัญญาณชีพ ระดับความรู้สึกตัว และอาการแสดงของการติดเชื้อตามมาตรฐานของห้องฉุกเฉิน พร้อมประเมินซ้ำหลังได้รับการรักษาหรือเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงทางคลินิก โดย

เฝ้าระวังสัญญาณเตือนระยะแรกของภาวะพร่องเลือดไปเลี้ยงเนื้อเยื่อ^{11,25} ผู้ป่วยที่มีคะแนน NEWS2 5 - 6 คะแนน หรือมีคะแนน 3 คะแนนในตัวชี้วัดใดตัวชี้วัดหนึ่ง จัดเป็นกลุ่มเสี่ยงปานกลาง พยาบาลควรเพิ่มความถี่ในการประเมินอย่างน้อยทุก 30 นาที โดยประเมินระบบทางเดินหายใจ การไหลเวียนเลือด ระดับความรู้สึกตัว และการทำงานของอวัยวะสำคัญอย่างเป็นระบบ ตรวจสอบความเพียงพอของการให้ออกซิเจน การเปิดเส้นเลือดดำ การได้รับสารน้ำ การได้รับยาปฏิชีวนะภายในเวลาที่กำหนด และการส่งตรวจทางห้องปฏิบัติการที่จำเป็น พร้อมรายงานข้อมูลแก่แพทย์โดยใช้หลักการสื่อสารแบบ SBAR^{11,25} สำหรับผู้ป่วยที่มีคะแนน NEWS2 ตั้งแต่ 7 คะแนนขึ้นไป หรือมีค่าตัวชี้วัดอยู่ในระดับวิกฤต (red zone) จัดเป็นกลุ่มเสี่ยงสูงต่อการเกิดภาวะช็อกจากการติดเชื้อ การหายใจล้มเหลว และภาวะอวัยวะล้มเหลวหลายระบบ พยาบาลต้องดำเนินการประเมิน ABCDE (Airway, Breathing, Circulation, Disability, Exposure) ซ้ำทันที ติดตามสัญญาณชีพอย่างต่อเนื่อง ประเมินค่า Mean Arterial Pressure (MAP) ระดับออกซิเจนในเลือด การไหลเวียนเลือดส่วนปลาย Capillary Refill Time (CRT) ปริมาณปัสสาวะ ระดับ serum lactate และระดับความรู้สึกตัวอย่างต่อเนื่อง หากพบหลักฐานของภาวะพร่องเลือดไปเลี้ยงเนื้อเยื่อหรือการทรุดลงทางคลินิก ต้องรายงานแพทย์หรือทีมตอบสนองภาวะวิกฤตทันที^{11,16} พยาบาลควรประเมินแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของคะแนน NEWS2 ร่วมกับข้อมูลทางคลินิกอื่น ได้แก่ ค่า MAP ระดับ serum lactate ปริมาณปัสสาวะ การไหลเวียนเลือดส่วนปลาย และผลตอบสนองต่อการรักษา เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลดังกล่าวอาจสะท้อนการดำเนินโรคที่รุนแรงขึ้นก่อนเกิดภาวะวิกฤต^{11,24}

ดังนั้น การประเมินและติดตามอาการอย่างเข้มข้นไม่ได้มุ่งเพียงการตรวจพบความผิดปกติเท่านั้น แต่ยังเป็นกลไกสำคัญในการประเมินว่าผู้ป่วยตอบสนองต่อการรักษาและบรรลุเป้าหมายด้านความปลอดภัยทางคลินิกหรือไม่ ซึ่งนำไปสู่การกำหนดเป้าหมายการรักษาและการพยาบาล (Safety Goal) ที่ชัดเจนสำหรับผู้ป่วยภาวะติดเชื้อในกระแสเลือดในห้องฉุกเฉินต่อไป

6. เป้าหมายการรักษาและการพยาบาล ในบริบทห้องฉุกเฉิน ผลลัพธ์ทางการพยาบาลผู้ป่วยที่มีภาวะติดเชื้อในกระแสเลือดควรมุ่งเน้นการตรวจพบความผิดปกติได้ตั้งแต่ระยะเริ่มต้น การเริ่มต้นการรักษาอย่างทันท่วงที และการป้องกันการทรุดลงทางคลินิกระหว่างอยู่ในห้องฉุกเฉิน เนื่องจากความล่าช้าในการคัดกรองและรักษาสัมพันธ์กับการเกิดภาวะช็อกจากการติดเชื้อ ภาวะไตขาดเฉียบพลัน และภาวะอวัยวะล้มเหลวหลายระบบ^{11,20} ผลลัพธ์ด้านสรีรวิทยามุ่งเน้นการคงไว้ซึ่งการไหลเวียนเลือดและการนำออกซิเจนไปยังเนื้อเยื่ออย่างเพียงพอ โดยผู้ป่วยควรมีค่า Mean Arterial Pressure (MAP) ไม่น้อยกว่า 65 มิลลิเมตรปรอท ความดันโลหิตตัวบนไม่น้อยกว่า 90 มิลลิเมตรปรอท ปริมาณปัสสาวะไม่น้อยกว่า 0.5 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อชั่วโมง และระดับ serum lactate ต่ำกว่า 2 mmol/L

หรือมีการลดลงจากค่าตั้งต้นอย่างน้อยร้อยละ 10 ภายใน 2 - 6 ชั่วโมงแรกหลังได้รับการรักษา^{11,14} นอกจากนี้ ควรมีค่า Shock Index น้อยกว่า 1 และ Diastolic Shock Index น้อยกว่า 2 ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ว่าระบบไหลเวียนโลหิตตอบสนองต่อการรักษาได้อย่างเหมาะสม รวมทั้ง การประเมินการไหลเวียนเลือดส่วนปลายควรพบว่า Capillary Refill Time ไม่เกิน 3 วินาที¹¹ ในด้านระบบประสาท ผู้ป่วยควรมีระดับความรู้สึกตัวคงที่หรือดีขึ้นจากการประเมินครั้งแรก โดยไม่มีการลดลงของ Glasgow Coma Scale ตั้งแต่ 2 คะแนนขึ้นไป และไม่เกิดภาวะสับสนเฉียบพลัน โดยเฉพาะในผู้สูงอายุซึ่งมักแสดงอาการนำด้วยภาวะซึม สับสน หรือความสามารถในการสื่อสารลดลง^{10,15} ผลลัพธ์ด้านการรักษาประเมินจากความสามารถในการดำเนินการตามแนวทางการดูแลผู้ป่วยที่มีภาวะติดเชื้อในกระแสเลือด ได้อย่างครบถ้วนและภายในระยะเวลาที่กำหนด^{11,12,20} การเฝ้าระวังอาการทรุดลงทางคลินิก พยาบาลควรสามารถตรวจพบการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและภาวะแทรกซ้อนได้ตั้งแต่ระยะเริ่มต้น โดยผู้ป่วยไม่ควรเกิดภาวะช็อกจากการติดเชื้อ ภาวะไตขาดเฉียบพลัน หรือภาวะหายใจล้มเหลวที่ต้องใส่ท่อช่วยหายใจฉุกเฉิน^{11,14} และผลลัพธ์ด้านความต่อเนื่องของการดูแลควรมุ่งเน้นการส่งต่อผู้ป่วยอย่างปลอดภัย โดยก่อนการส่งต่อ ผู้ป่วยควรได้รับการรักษาอย่างเหมาะสม และมีการสื่อสารข้อมูลสำคัญตามหลัก SBAR สำหรับการส่งต่อผู้ป่วยในระยะต่างๆ ต่อไป^{11,16}

บทสรุป

ภาวะติดเชื้อในกระแสเลือดเป็นภาวะฉุกเฉินที่ต้องได้รับการประเมินและรักษาอย่างรวดเร็ว เนื่องจากผู้ป่วยอาจเกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและทรุดลงได้อย่างรวดเร็ว พยาบาลห้องฉุกเฉินจึงมีบทบาทสำคัญในการดำเนินกระบวนการพยาบาลตั้งแต่การประเมินภาวะสุขภาพ การวิเคราะห์ข้อมูลทางคลินิก การวินิจฉัยปัญหาการพยาบาล การวางแผนและให้การพยาบาล ตลอดจนการประเมินผลลัพธ์อย่างต่อเนื่อง โดยอาศัยการใช้เครื่องมือคัดกรองและประเมินความรุนแรงที่เป็นมาตรฐานสากล เพื่อช่วยให้สามารถตรวจพบผู้ป่วยที่มีความเสี่ยงต่อภาวะติดเชื้อในกระแสเลือดได้ตั้งแต่ระยะแรก ติดตามการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาได้อย่างรวดเร็ว และสื่อสารข้อมูลทางคลินิกกับทีมสหสาขาวิชาชีพได้อย่างมีประสิทธิภาพ การดูแลในช่วง 1 ชั่วโมงแรกซึ่งเป็นช่วงเวลาสำคัญที่ส่งผลต่อผลลัพธ์ทางการรักษา โดยพยาบาลมีบทบาทในการขับเคลื่อนการดูแลตามแนวทางปฏิบัติภายใต้หลักฐานเชิงประจักษ์ ตั้งแต่การคัดกรองและระบุผู้ป่วยกลุ่มเสี่ยง การสนับสนุนการวินิจฉัย การเฝ้าระวังอาการและภาวะแทรกซ้อน การติดตามการตอบสนองต่อการรักษา และการประเมินผลลัพธ์ทางคลินิกอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ผู้ป่วยได้รับการรักษาที่รวดเร็ว เหมาะสม ปลอดภัย และนำไปสู่การลดอัตราการเสียชีวิตและเพิ่มระดับคุณภาพการพยาบาลในห้องฉุกเฉิน

เอกสารอ้างอิง

1. Prescott HC, Antonelli M, Alhazzani W, Møller MH, Alshamsi F, Azevedo LCP, et al. Surviving Sepsis Campaign: International guidelines for management of sepsis and septic shock 2026. *Crit Care Med.* 2026;54(4):725-812. doi:10.1097/CCM.00000000000007075.
2. Jarczак D, Kluge S, Nierhaus A. Sepsis—pathophysiology and therapeutic concepts. *Front Med (Lausanne).* 2021;8:628302. doi:10.3389/fmed.2021.628302
3. Yamamoto H, Usman M, Koutrouvelis A, Yamamoto S. Mechanism of sepsis. *J Mol Pathol.* 2025;6(3):18. doi:10.3390/jmp6030018
4. Rudd KE, Johnson SC, Agesa KM, et al. Global, regional, and national sepsis incidence and mortality, 1990–2017: analysis for the Global Burden of Disease Study. *Lancet.* 2020;395(10219):200-211. doi:10.1016/S0140-6736(19)32989-7
5. GBD 2021 Global Sepsis Collaborators. Global, regional, and national sepsis incidence and mortality, 1990–2021: a systematic analysis. *Lancet Glob Health.* 2025;13(12):e2013–e2026. doi:10.1016/S2214-109X(25)00356-0
6. Tancharoen L, Pairattanakorn P, Thamlikitkul V, Angkasekwinai N. Epidemiology and burden of sepsis at Thailand's largest university-based national tertiary referral center during 2019. *Antibiotics (Basel).* 2022;11:899. doi:10.3390/antibiotics11070899
7. Liu VX, Fielding-Singh V, Greene JD, Baker JM, Iwashyna TJ, Bhattacharya J, et al. The timing of early antibiotics and hospital mortality in sepsis. *Am J Respir Crit Care Med.* 2017;196(7):856-863. doi:10.1164/rccm.201609-1848OC.
8. Wallgren UM, Larsson E, Su A, et al. Keywords reflecting sepsis presentation based on mode of emergency department arrival: a retrospective cross-sectional study. *Int J Emerg Med.* 2021;14:78. doi:10.1186/s12245-021-00396-z
9. Pollayut U, Puwarawuttipanit W, Phligbua W, Rongrungruang Y. Activities of daily living and determinant factors among sepsis survivors during hospitalization: a cross-sectional study. *Pac Rim Int J Nurs Res.* 2025;29(2):343-355. doi:10.60099/prijnr.2025.271797
10. Singjan N, Sutti N, Monkong S. Perceptions of relatives about symptoms and signs in older adults with sepsis: a cross-sectional study. *Pac Rim Int J Nurs Res.* 2023;27(3):431-444. doi:10.60099/prijnr.2023.261134
11. Evans L, Rhodes A, Alhazzani W, et al. Surviving Sepsis Campaign: international guidelines for management of sepsis and septic shock 2021. *Intensive Care Med.* 2021;47(11):1181-1247. doi:10.1007/s00134-021-06506-y
12. Delaney A, Borges-Sa M, Chew MS, et al. Current standard of care for septic shock. *Intensive Care Med.* 2026;52(1):89-103. doi:10.1007/s00134-025-08211-6
13. Arora J, Mendelson AA, Fox-Robichaud A. Sepsis: network pathophysiology and implications for early diagnosis. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.* 2023;324(5). doi:10.1152/ajpregu.00003.2023
14. Srdić T, Đurašević S, Lakić I, et al. From molecular mechanisms to clinical therapy: understanding sepsis-induced multiple organ dysfunction. *Int J Mol Sci.* 2024;25(14):7770. doi:10.3390/ijms25147770
15. Dülger D, Türe Z, Yolcu A, et al. Sepsis in elderly patients: investigation of prognostic factors in a secondary healthcare facility. *BMC Infect Dis.* 2025;25(1):907. doi:10.1186/s12879-025-11286-7
16. Olgers TJ, Dijkstra RS, Drost-de Klerck AM, ter Maaten JC. The ABCDE primary assessment in the emergency department in medically ill patients: an observational pilot study. *Neth J Med.* 2017;75(3):106-111. Available from: https://njmonline.nl/article_ft.php?a=1828&d=1213&i=204
17. Reddy M, Kulkarni M, Kanakalakshmi ST, Shenoy L, KrishnaBhat RR. Non-invasive SpO₂/FiO₂ ratio as surrogate for PaO₂/FiO₂ ratio: a scoping review. *J Crit Care Med (Targu Mures).* 2025;11(3):221-232. doi:10.2478/jccm-2025-0024
18. Jeon Y, Kim S, Ahn S, et al. Predicting septic shock in patients with sepsis at emergency

- department triage using systolic and diastolic shock index. *Am J Emerg Med.* 2024;78:196-201. doi:10.1016/j.ajem.2024.01.029
19. Fredrick FC, Meda AKR, Singh B, Jain R. Critical illness-related corticosteroid insufficiency: latest pathophysiology and management guidelines. *Acute Crit Care.* 2024;39(3):331-340. doi:10.4266/acc.2024.00647
 20. Tang F, Yuan H, Li X, Qiao L. Effect of delayed antibiotic use on mortality outcomes in patients with sepsis or septic shock: a systematic review and meta-analysis. *Int Immunopharmacol.* 2024;129:111616. doi:10.1016/j.intimp.2024.111616
 21. Monnet X, Lai C, Ospina-Tascon G, De Backer D. Evidence for a personalized early start of norepinephrine in septic shock. *Crit Care.* 2023;27:322. doi:10.1186/s13054-023-04593-5
 22. Zulkifli Z, Handrawan SE, Murtadho MAR, Banun S. Association between cumulative fluid overload and clinical outcomes in intensive care unit patients with sepsis: a retrospective cohort study. *Bali J Anesthesiol.* 2025;9(3):150-157. doi:10.4103/bjoa.bjoa_142_25
 23. Pfortmueller CA, Dabrowski W, Wise R, van Regenmortel N, Malbrain MLNG. Fluid accumulation syndrome in sepsis and septic shock: pathophysiology, relevance, and treatment—a comprehensive review. *Ann Intensive Care.* 2024;14(1):115. doi:10.1186/s13613-024-01336-9
 24. Royal College of Physicians. *National Early Warning Score (NEWS) 2: Standardising the assessment of acute-illness severity in the NHS.* Updated report of a working party. London: Royal College of Physicians; 2017. Available from: https://www.rcplondon.ac.uk/media/a4ibkbbf/news2-final-report_0_0.pdf Accessed Dec, 23 2025.
 25. Wei S, Xiong D, Wang J, Liang X, Wang J, Chen Y. The accuracy of the National Early Warning Score 2 in predicting early death in prehospital and emergency department settings: a systematic review and meta-analysis. *Ann Transl Med.* 2023;11(2):95. doi:10.21037/atm-22-6587

การอ้างอิง

รัชฎากร ผลพัฒน์ และภูมิรินทร์ ดวงสุริยะ. การพยาบาลผู้ป่วยที่มีภาวะติดเชื้อในกระแสเลือดในห้องฉุกเฉิน:แนวทางและบทบาทสำคัญภายใต้หลักฐานเชิงประจักษ์. *วารสารวิชาการราชวิทยาลัยจุฬาภรณ์.* 2569;8(4):370-379. <https://he02.tci-thaijo.org/index.php/jcra/article/view/279546>

Phonphat R and Dounsuriya P. Nursing Care for Adults with Sepsis in the Emergency Department: Evidence-Based Approaches and Critical Nursing Roles . *J Chulabhorn Royal Acad.* 2026;8(4): 370-379. <https://he02.tci-thaijo.org/index.php/jcra/article/view/279546>

Online Access

<https://he02.tci-thaijo.org/index.php/jcra/article/view/279546>



Academic article

บทบาทพยาบาลห้องฉุกเฉินในการดูแลหญิงตั้งครรภ์ที่มีความดันโลหิตสูงในภาวะวิกฤต The Role of Emergency Nurses in Managing Pregnant Women with Hypertensive Crisis

ดวงกมล ประสพแสนทวี*
Duangkamon Prasopsantawee*

ฝ่ายการพยาบาล, โรงพยาบาลศิริราช, มหาวิทยาลัยมหิดล, กรุงเทพมหานคร
Nursing Division, Siriraj Hospital, Mahidol University, Bangkok

*Corresponding Author, e-mail: tiktokgenesis@gmail.com

Received: 28 October 2025; Revised: 2 March 2026; Accepted: 18 March 2026

บทคัดย่อ

ภาวะความดันโลหิตสูงระดับวิกฤตในหญิงตั้งครรภ์เป็นภาวะฉุกเฉินทางสูติศาสตร์ที่มีความเสี่ยงสูงต่อการเสียชีวิตของมารดาและทารก บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทบทวนบทบาทของพยาบาลห้องฉุกเฉินในการดูแลผู้ป่วยกลุ่มดังกล่าว โดยอ้างอิงแนวทางเวชปฏิบัติในช่วง 5 ปีที่ผ่านมา ได้แก่ American College of Obstetricians and Gynecologists (ACOG), World Health Organization (WHO), International Society for the Study of Hypertension in Pregnancy (ISSHP)

จากการทบทวนแนวทางเวชปฏิบัติ พบว่าบทบาทของพยาบาลห้องฉุกเฉินในการดูแลหญิงตั้งครรภ์ที่มีความดันโลหิตสูงระดับวิกฤตสามารถจำแนกได้เป็น 4 ด้านสำคัญ ได้แก่ 1) การคัดกรองและประเมินอย่างรวดเร็ว (Rapid Assessment and Triage) เพื่อระบุภาวะความดันโลหิตสูงรุนแรงและการเกิดความเสียหายต่ออวัยวะเป้าหมาย (Acute Hypertension-Mediated Organ Damage: A-HMOD) 2) การเริ่มการรักษา (Evidence-Based Intervention) โดยการให้ยาลดความดันโลหิตและการให้ Magnesium Sulfate ($MgSO_4$) 3) การเฝ้าระวังอาการและสัญญาณทางคลินิกอย่างต่อเนื่อง (Continuous Monitoring) 4) การประสานงานกับทีมสหสาขาวิชาชีพและการส่งต่อข้อมูล (Handover and Coordination) ผ่านการสื่อสารอย่างเป็นระบบ เช่น ISBAR เพื่อให้เกิดความต่อเนื่องและความปลอดภัย

พยาบาลห้องฉุกเฉินจึงมีบทบาทสำคัญในการสนับสนุนการดูแลแบบไวต่อเวลา โดยต้องอาศัยการตอบสนองที่รวดเร็ว แม่นยำ และเป็นระบบ เพื่อลดความล่าช้าในการรักษา เพิ่มความปลอดภัยของมารดาและทารก และยกระดับคุณภาพบริการสุขภาพในบริบทประเทศไทย

คำสำคัญ: ห้องฉุกเฉิน, ความดันโลหิตสูงในครรภ์, ISBAR, แมกนีเซียมซัลเฟต, ครรภ์เป็นพิษ

Abstract

Hypertensive crisis in pregnancy is a critical obstetric emergency associated with a high risk of maternal and fetal morbidity and mortality. This article aims to review the role of emergency nurses in the management of pregnant women with this condition, based on clinical practice guidelines published within the past five years, including those from the American College of Obstetricians and Gynecologists (ACOG), World Health Organization (WHO), International Society for the Study of Hypertension in Pregnancy (ISSHP).

A review of current clinical practice guidelines indicates that the role of emergency nurses in managing pregnant women with hypertensive crisis can be categorized into four key domains: 1) rapid assessment and triage to identify severe hypertension and Acute Hypertension-Mediated Organ Damage (A-HMOD); 2) timely initiation of evidence-based treatment, including antihypertensive agents and magnesium sulfate;

- 3) continuous clinical monitoring, particularly of vital signs, neurological status, and urine output; and
- 4) coordination of multidisciplinary care and handover using structured communication tools such as ISBAR.

Emergency nurses therefore play a crucial role in supporting time-sensitive care, which requires rapid, accurate, and systematic responses to reduce treatment delays and enhance maternal and fetal safety. They serve as a key mechanism in driving emergency response within the first 60 minutes, thereby improving the quality and safety of healthcare delivery in the Thai context.

Keywords: Emergency department, Hypertensive Disorders in Pregnancy, ISBAR, Magnesium sulfate, Preeclampsia

บทนำ

ภาวะความดันโลหิตสูงระดับวิกฤต (Hypertensive Crisis) เป็นภาวะฉุกเฉินที่ต้องได้รับการประเมินและดูแลอย่างเร่งด่วนในห้องฉุกเฉิน เนื่องจากมีความสัมพันธ์โดยตรงกับการเกิดภาวะแทรกซ้อนของอวัยวะสำคัญและอัตราการเสียชีวิตที่สูง¹⁻³ ภาวะนี้ครอบคลุมทั้ง Hypertensive Emergency ซึ่งมีหลักฐานของความเสียหายต่ออวัยวะเป้าหมาย (Acute Hypertension-Mediated Organ Damage: A-HMOD) เช่น ภาวะสมองบวม หัวใจล้มเหลวเฉียบพลัน ไตวายเฉียบพลัน หรือเลือดออกในสมอง และ Severe Asymptomatic Hypertension ซึ่งเป็นภาวะที่ความดันโลหิตสูงมากแต่ยังไม่พบความเสียหายของอวัยวะตามแนวทางเวชปฏิบัติของ American Heart Association (AHA) และ American College of Cardiology¹⁻² (ACC) ในหญิงตั้งครรภ์ ภาวะดังกล่าวถือเป็นหนึ่งในสาเหตุสำคัญของการเสียชีวิตของมารดาทั่วโลกโดยเฉพาะในประเทศกำลังพัฒนา และสามารถเกิดขึ้นได้ในช่วงของการตั้งครรภ์ ตั้งแต่ก่อนคลอด ระหว่างคลอด จนถึงหลังคลอด หากไม่ได้รับการวินิจฉัยและจัดการอย่างทันท่วงที อาจนำไปสู่ภาวะแทรกซ้อนรุนแรง เช่น ภาวะหลอดเลือดแดงใหญ่ฉีกขาด (Aortic Dissection) เลือดออกในสมอง (Intracranial Hemorrhage) ภาวะครรภ์เป็นพิษรุนแรง (Severe Preeclampsia) หรือภาวะชักจากครรภ์เป็นพิษ (Eclampsia)³⁻⁵ ซึ่งมีอัตราการเสียชีวิตของมารดาและทารกสูงถึง 10 - 30% ตามรายงานของ American College of Obstetricians and Gynecologists⁴ (ACOG) ลักษณะเฉพาะของหญิงตั้งครรภ์ที่มีภาวะความดันโลหิตสูงในภาวะวิกฤตคือการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาที่ส่งผลต่อการไหลเวียนเลือดการทำงานของหัวใจ ไต และกร การลดความดันโลหิตอย่างรวดเร็วเกินไปอาจส่งผลให้เลือดไปเลี้ยงอวัยวะสำคัญ โดยเฉพาะสมองและกร ลดลง ดังนั้น การรักษาจึงต้องอาศัยความสมดุลระหว่างการควบคุมความดันโลหิตและการคงการไหลเวียนเลือดไปยังอวัยวะสำคัญ

ในบริบทของห้องฉุกเฉิน พยาบาลเป็นบุคลากรด่านหน้าที่มีบทบาทสำคัญในการเริ่มต้นกระบวนการดูแลผู้ป่วยแบบองค์รวม ตั้งแต่การคัดกรองผู้ป่วยอย่างรวดเร็ว การประเมินความรุนแรงของอาการ (Severity Assessment) การเฝ้าระวังสัญญาณชีพและการแสดงที่สำคัญ ตลอดจนการประสานงานกับทีม

สหสาขาวิชาชีพ เพื่อให้ผู้ป่วยได้รับการดูแลที่ปลอดภัยและมีประสิทธิภาพสูงสุดภายใต้ข้อจำกัดด้านเวลาและทรัพยากร การตอบสนองต่อภาวะนี้จึงต้องเป็นไปอย่างรวดเร็ว แม่นยำ และเป็นระบบ เพื่อลดความล่าช้าในการวินิจฉัยและเริ่มต้นการรักษา ซึ่งมีผลโดยตรงต่อผลลัพธ์ของมารดาและทารก

จากการทบทวนแนวทางเวชปฏิบัติทั้งในระดับสากลและระดับประเทศ ได้แก่ American College of Obstetricians and Gynecologists⁴ (ACOG), World Health Organization⁵ (WHO), International Society for the Study of Hypertension in Pregnancy⁶ (ISSHP) และราชวิทยาลัยสูตินรีแพทย์แห่งประเทศไทย⁷ สามารถสังเคราะห์บทบาทของพยาบาลห้องฉุกเฉินในการดูแลหญิงตั้งครรภ์ที่มีภาวะความดันโลหิตสูงระดับวิกฤตภายใต้กรอบการดูแลแบบบูรณาการได้เป็น 4 ด้าน ได้แก่ 1) การคัดกรองและประเมินเร่งด่วน (Rapid Assessment and Triage) เพื่อระบุระดับความรุนแรงของภาวะและความเสี่ยงต่อการเกิดภาวะแทรกซ้อน 2) การเริ่มการรักษาตามแนวทางเวชปฏิบัติอย่างทันที่ (Evidence-Based Intervention) โดยเฉพาะการให้ยาลดความดันโลหิตและการให้ Magnesium Sulfate ($MgSO_4$) อย่างเหมาะสม 3) การเฝ้าระวังทางคลินิกอย่างต่อเนื่อง (Continuous Monitoring) โดยครอบคลุมการติดตามสัญญาณชีพ ปริมาณปัสสาวะ การประเมินการทำงานของระบบประสาท และการตรวจทางห้องปฏิบัติการ 4) การประสานการดูแลและการส่งต่อข้อมูล (Handover and Coordination) ผ่านการสื่อสารอย่างเป็นระบบ เช่น ISBAR^{4,7,17,22}

ก่อนกล่าวถึงบทบาทของพยาบาลห้องฉุกเฉิน จำเป็นต้องทำความเข้าใจกลไกทางสรีรวิทยาและพยาธิสรีรวิทยาของภาวะความดันโลหิตสูงในหญิงตั้งครรภ์ก่อนซึ่งมีลักษณะสำคัญ คือ ความผิดปกติของการทำงานของเยื่อหลอดเลือด (Endothelial Dysfunction) ร่วมกับภาวะหลอดเลือดหดตัวทั่วร่างกาย (Generalized Vasospasm) ส่งผลให้การไหลเวียนเลือดไปเลี้ยงอวัยวะสำคัญลดลงและนำไปสู่การเกิดภาวะความเสียหายของอวัยวะเป้าหมาย (Target Organ Damage)^{4,12,20} ภาวะดังกล่าวส่งผลโดยตรงต่อการไหลเวียนเลือดไปยังไต ทำให้การกรองและการดูดกลับสารสำคัญบกพร่อง เกิดการสูญเสียโปรตีนในปัสสาวะ (Proteinuria) เมื่อระดับโปรตีนในกระแสเลือด

ลดลง ความดันออนโคติก (Oncotic Pressure) จะลดลง ทำให้น้ำเคลื่อนออกจากหลอดเลือดไปสะสมในเนื้อเยื่อ ส่งผลให้เกิดอาการบวม (Edema) ซึ่งอาจพบได้บริเวณมือ เท้า ใบหน้า หรือในรายที่รุนแรงอาจบวมทั่วร่างกาย³ ซึ่งอาจพบได้ในบริเวณมือ เท้า ใบหน้า หรือในกรณีรุนแรงอาจเกิดการบวมทั่วร่างกาย นอกจากนี้ ความผิดปกติของระบบหลอดเลือดยังส่งผลต่ออวัยวะอื่น เช่น สมอง ตับ และรก ซึ่งเป็นกลไกสำคัญที่นำไปสู่ภาวะแทรกซ้อนรุนแรง ได้แก่ ภาวะชัก (Eclampsia) ความผิดปกติของการทำงานของตับ และภาวะทารกเจริญเติบโตช้าในครรภ์ (Fetal Growth Restriction)^{4,12,18} ความเข้าใจในกลไกดังกล่าวจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการประเมิน การตัดสินใจทางคลินิก และการกำหนดแนวทางการดูแลที่เหมาะสม โดยเฉพาะในบริบทของห้องฉุกเฉินที่ต้องอาศัยการตอบสนองอย่างรวดเร็วและแม่นยำ

บทบาทของพยาบาลห้องฉุกเฉินในการดูแลหญิงตั้งครรภ์ที่มีภาวะความดันโลหิตสูงในภาวะวิกฤต สามารถแบ่งออกเป็น 4 ด้านสำคัญ ดังนี้

1) การประเมินเร่งด่วนและคัดกรอง (Rapid Assessment and Triage)

พยาบาลห้องฉุกเฉินเป็นบุคลากรด่านหน้าที่มีบทบาทสำคัญในการระบุภาวะความดันโลหิตสูงระดับวิกฤตในหญิงตั้งครรภ์ตั้งแต่จุดคัดกรอง (Triage) การประเมินที่รวดเร็วและแม่นยำตั้งแต่ระยะแรกมีความสัมพันธ์โดยตรงกับการลดความล่าช้าในการรักษา ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญต่อการลดอัตราการเสียชีวิตและภาวะแทรกซ้อนของทั้งมารดาและทารกในครรภ์^{4,12,20-21}

1.1 การประเมินเบื้องต้นตามหลัก ABCDE และการวัดความดันโลหิตอย่างถูกต้อง

เมื่อผู้ป่วยหญิงตั้งครรภ์มาถึงห้องฉุกเฉิน พยาบาลควรเริ่มต้นด้วยการประเมินตามหลัก ABCDE (Airway, Breathing, Circulation, Disability, Exposure) อย่างเป็นระบบ เพื่อค้นหาภาวะคุกคามชีวิตตั้งแต่ระยะแรก เช่น ภาวะหายใจลำบากจากน้ำท่วมปอด ระดับความรู้สึกตัวลดลง หรืออาการชัก ซึ่งอาจสัมพันธ์กับภาวะครรภ์เป็นพิษรุนแรงหรือภาวะเลือดออกในสมอง^{4,11,14}

การวัดความดันโลหิตควรดำเนินการอย่างถูกต้องและได้มาตรฐาน โดยเลือกขนาดปลอกแขน (Cuff) ให้เหมาะสมกับรอบแขนของผู้ป่วย ให้ผู้ป่วยพักอย่างน้อย 5 นาที และวัดในท่านั่งหรือท่านอนตะแคงซ้าย เพื่อหลีกเลี่ยงผลกระทบจากภาวะหลอดเลือดดำใหญ่ถูกกดทับ (Supine Hypotensive Syndrome) ซึ่งพบได้ในหญิงตั้งครรภ์¹ หากพบว่าความดันโลหิตมีค่า $\geq 160/110$ มิลลิเมตรปรอท ควรวัดซ้ำเพื่อยืนยันความรุนแรงของภาวะ และลดความคลาดเคลื่อนจากการวัดครั้งเดียว^{4,7,12}

1.2 การค้นหาหลักฐานของการทำลายอวัยวะเป้าหมาย (A-HMOD)

ภาวะความดันโลหิตสูงระดับวิกฤตในหญิงตั้งครรภ์ ไม่ได้พิจารณาเพียงค่าความดันโลหิตที่สูงเท่านั้น แต่เป็นภาวะที่เกิดความเสียหายของอวัยวะเป้าหมาย (Target Organ Damage) เช่น สมอง หัวใจ ไต และตับ ร่วมด้วยซึ่งเรียกว่า Acute Hypertension-Mediated Organ Damage (A-HMOD) โดยอวัยวะที่มักได้รับผลกระทบ ได้แก่ สมอง หัวใจ ไต และตับ พยาบาลจึงต้องสามารถประเมินอาการได้อย่างครอบคลุมในหลายระบบ ได้แก่ ระบบประสาท เช่น ปวดศีรษะรุนแรง ตาพร่ามัว สับสน หรือชัก, ระบบหัวใจและหลอดเลือด เช่น เจ็บแน่นหน้าอก หอบเหนื่อย หรือภาวะน้ำท่วมปอด, ระบบไต เช่น ปัสสาวะลดลง หรือค่าไต Creatinine เพิ่มขึ้น, ระบบตับ เช่น ปวดลิ้นปี่หรือชายโครงขวา ร่วมกับเกล็ดเลือดต่ำหรือเฮโมไลซิสตับสูง (Hemolysis, Elevated Liver enzymes, and Low Platelet count : HELLP Syndrome) หากพบอาการดังกล่าวร่วมกับความดันโลหิต $\geq 160/110$ มม.ปรอท ควรสงสัยภาวะ Hypertensive Emergency และรีบรายงานแพทย์ทันทีเพื่อเริ่มการรักษาอย่างเร่งด่วน^{2,4,12,20}

1.3 การประเมินอาการปวดท้องเฉียบพลันและภาวะรุนแรงร่วม

ในกรณีที่หญิงตั้งครรภ์มีอาการปวดท้องเฉียบพลันร่วมกับความดันโลหิตสูง พยาบาลต้องพิจารณาภาวะฉุกเฉินที่คุกคามชีวิต เช่น ภาวะที่รกแยกตัวออกจากผนังมดลูกก่อนคลอด (Placental Abruptio), ภาวะตับแตก (Hepatic Rupture), ภาวะหลอดเลือดแดงใหญ่ฉีกขาด (Aortic Dissection) ซึ่งจำเป็นต้องได้รับการวินิจฉัยและรักษาอย่างเร่งด่วน^{2,5,12}

การซักประวัติอาการปวดตามหลัก LOCER (ตำแหน่ง (Location), ระยะเวลา (Onset), ลักษณะ (Character), การร้าวของอาการปวด (Radiation)) ช่วยให้สามารถสามารถวินิจฉัยแยกโรคได้แม่นยำมากขึ้น เช่น อาการปวดร้าวไปหลังอาจสัมพันธ์กับ Aortic Dissection ขณะที่อาการปวดลิ้นปี่รุนแรงอาจบ่งถึงภาวะ HELLP Syndrome หรือครรภ์เป็นพิษรุนแรง^{2,12,18}

1.4 การประเมินทารกในครรภ์ (Fetal Well-being Assessment)

พยาบาลควรประเมินอัตราการเต้นหัวใจของทารก (Fetal Heart Rate: FHR) โดยเร็วที่สุด โดยเฉพาะในหญิงตั้งครรภ์อายุครรภ์มากกว่า 24 สัปดาห์ ซึ่งเป็นตัวชี้วัดสำคัญของการไหลเวียนเลือดผ่านรกและภาวะสุขภาพของทารก^{4,7,12}

ในสถานพยาบาลที่มีทรัพยากรเพียงพอ อาจใช้ Non-Stress Test (NST) หรือการตรวจอัลตราซาวด์ข้างเตียง (Bedside Ultrasound) เพื่อประเมินภาวะของทารก ทั้งนี้การประเมินควรดำเนินการควบคู่ไปกับการรักษา และไม่ทำให้เกิดความล่าช้าในการจัดการภาวะฉุกเฉินของมารดา^{4,12}

1.5 การระบุภาวะครรภ์เป็นพิษรุนแรง (Severe Features of Preeclampsia)

ภาวะครรภ์เป็นพิษรุนแรงเป็นสาเหตุสำคัญของภาวะความดันโลหิตสูงระดับวิกฤต และอาจพัฒนาไปสู่ภาวะชัก (Eclampsia) หากไม่ได้รับการดูแลอย่างทันที่^{4,12,18} พยาบาลต้องสามารถระบุสัญญาณเตือน ได้แก่ ความดันโลหิต $\geq 160/110$ มม.ปรอท (ยืนยืนซ้ำ), ปวดศีรษะรุนแรง ตาพร่ามัว, ปวดลิ้นปี่หรือชายโครงขวา, เกิดเลือด $<100,000/\text{mm}^3$, ค่า Creatinine $>1.1 \text{ mg/dL}$ เมื่อพบอาการดังกล่าว ควรรีบแจ้งแพทย์ทันที และเตรียมการให้ MgSO_4 เพื่อป้องกันการชักตามแนวทางเวชปฏิบัติอย่างเร่งด่วน^{4,7,12}

โดยสรุปการคัดกรองและการประเมินเร่งด่วนโดยพยาบาลห้องฉุกเฉินถือเป็นกลไกสำคัญในระบบการดูแลหญิงตั้งครรภ์ที่มีภาวะความดันโลหิตสูงระดับวิกฤต พยาบาลต้องสามารถระบุภาวะฉุกเฉินได้ตั้งแต่ระยะเริ่มต้น ประเมินอาการอย่างครอบคลุมทั้งมารดาและทารก และดำเนินการดูแลอย่างเป็นระบบ การตัดสินใจที่รวดเร็วและแม่นยำในระยะนี้มีผลโดยตรงต่อทิศทางการรักษา และมีส่วนสำคัญในการลดอัตราการเสียชีวิตและภาวะแทรกซ้อนในภาวะฉุกเฉินทางสูติกรรม^{4,12,20-21}

2) การเริ่มการรักษาตามแนวปฏิบัติ (Evidence-Based Intervention)

เมื่อพยาบาลห้องฉุกเฉินประเมินและยืนยันว่าผู้ป่วยหญิงตั้งครรภ์อยู่ในภาวะความดันโลหิตสูงระดับวิกฤต การเริ่มการรักษาอย่างทันที่และเป็นระบบถือเป็นหัวใจสำคัญของการลดการเสียชีวิตและภาวะแทรกซ้อน การดูแลในระยะนี้ต้องสร้างสมดุลระหว่าง ความรวดเร็วในการลดความดันโลหิต และการคงการไหลเวียนเลือดไปยังสมองและรก (Maternal Fetal Perfusion) ซึ่งจำเป็นต้องอาศัยการทำงานร่วมกันของทีมสหสาขาวิชาชีพภายใต้กรอบแนวทางเวชปฏิบัติสากล^{4,11-12,20}

2.1 หลักคิดสำคัญในการจัดการภาวะความดันโลหิตสูงในภาวะวิกฤต Hypertensive Crisis

หลักการสำคัญในการดูแลหญิงตั้งครรภ์ที่มีภาวะความดันโลหิตสูงระดับวิกฤตประกอบด้วย 2 ประการ ได้แก่ 1) การลดความดันโลหิตอย่างปลอดภัย 2) การป้องกันภาวะชัก (Seizure Prophylaxis) โดยการดำเนินการควรเกิดขึ้นภายในระยะเวลาไม่เกิน 60 นาที (Golden Hour) เพื่อป้องกันการเกิดภาวะความเสียหายของอวัยวะเป้าหมายจากความดันโลหิตสูงเฉียบพลัน (A-HMOD) และลดความเสี่ยงของภาวะสมองหรือรกขาดเลือด^{4,8,12,21,23}

แนวทางเวชปฏิบัติในปัจจุบันแนะนำให้จำแนกผู้ป่วยออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ 1) ผู้ป่วยที่มีความดันโลหิตสูงรุนแรงโดยยังไม่มีพบความเสียหายของอวัยวะเป้าหมาย ซึ่งควรมีการยืนยันค่าความดันโลหิตซ้ำ ประเมินปัจจัยกระตุ้น และพิจารณาเริ่มยาลดความดันโลหิตชนิดรับประทาน 2) ผู้ป่วยที่มีภาวะความดันโลหิตสูงร่วมกับความเสียหายของอวัยวะเป้าหมาย (Hypertensive Emergency) ซึ่งจำเป็นต้องได้รับยาลดความดันโลหิตทางหลอดเลือดดำอย่างเร่งด่วน^{2,8,20}

เป้าหมายของการรักษาคือการลดระดับความดันโลหิตอย่างค่อยเป็นค่อยไป โดยไม่ควรลดลงเกินร้อยละ 25 ของค่าตั้งต้นในช่วงแรก และควบคุมระดับความดันโลหิตให้อยู่ต่ำกว่า 160/110 มิลลิเมตรปรอท เพื่อหลีกเลี่ยงภาวะการไหลเวียนเลือดไปเลี้ยงสมองและรกลดลง (Hypoperfusion)¹⁻²

2.2 ยาหลักที่ใช้ลดความดันโลหิตในหญิงตั้งครรภ์

พยาบาลห้องฉุกเฉินจำเป็นต้องมีความรู้และทักษะในการเตรียมยา การบริหารยา และการเฝ้าระวังอาการไม่พึงประสงค์ของยาลดความดันโลหิตที่สามารถใช้ได้อย่างปลอดภัยในหญิงตั้งครรภ์ โดยยาที่แนะนำตามแนวทางเวชปฏิบัติประกอบด้วย 3 ชนิดหลักออกฤทธิ์ทันที^{4,7,12,14} ได้แก่

1) Labetalol ให้ทางหลอดเลือดดำ โดยเริ่มขนาด 20 มิลลิกรัม แบบ Bolus ภายใน 2 นาที หากความดันโลหิตยังคงสูงสามารถเพิ่มขนาดเป็น 40 มิลลิกรัมหลัง 10 นาที และเพิ่มเป็น 80 มิลลิกรัมทุก 10 นาทีตามลำดับ โดยขนาดยาสูงสุดไม่เกิน 220 มิลลิกรัม ข้อควรระวังคือควรหลีกเลี่ยงการใช้ในผู้ป่วยที่มีโรคหอบหืดหรือภาวะหัวใจล้มเหลว

2) Hydralazine ให้ทางหลอดเลือดดำในขนาด 5 - 10 มิลลิกรัม แบบ Bolus และสามารถให้ซ้ำได้ทุก 20 - 30 นาที โดยขนาดรวมไม่เกิน 30 มิลลิกรัม ควรเฝ้าระวังภาวะความดันโลหิตลดลงอย่างรวดเร็วและภาวะหัวใจเต้นเร็ว

3) Nifedipine ชนิดออกฤทธิ์ทันที (Immediate-Release) ให้ทางปาก โดยเริ่มขนาด 10 มิลลิกรัม และสามารถให้ซ้ำขนาด 20 มิลลิกรัมทุก 20 นาที โดยขนาดรวมไม่เกิน 50 มิลลิกรัม ภายใน 1 ชั่วโมง เหมาะสำหรับกรณีที่ยังไม่สามารถเปิดเส้นหลอดเลือดดำได้ หรือในสถานการณ์เร่งด่วน

เป้าหมายของการรักษาคือการควบคุมความดันโลหิตให้อยู่ในช่วงประมาณ 140 - 150/90 - 100 มิลลิเมตรปรอท ซึ่งเป็นระดับที่ปลอดภัยและยังคงการไหลเวียนเลือดไปเลี้ยงรก (Uteroplacental Perfusion) พยาบาลควรใช้อุปกรณ์ควบคุมอัตราการให้ยา เช่น Infusion Pump หรือ Syringe Pump เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการบริหารยา พร้อมทั้งติดตามและบันทึกค่าความดันโลหิตทุก 10 - 15 นาทีอย่างเป็นระบบ เพื่อประเมินประสิทธิผลและความปลอดภัยของการรักษา^{4,12,20}

2.3 การให้ Magnesium Sulfate (MgSO_4)

Magnesium Sulfate (MgSO_4) เป็นมาตรฐานในการป้องกันและรักษาภาวะชักในผู้ป่วย Severe Preeclampsia และ Eclampsia โดยมีแนวทางการให้ยา คือ 1.ระยะเริ่มต้น (Loading dose) คือ 4 - 6 กรัม ให้ทางหลอดเลือดดำภายใน 20 - 30 นาที 2.ระยะคงระดับยา (Maintenance dose) คือ 1 - 2 กรัมต่อชั่วโมงให้ต่อเนื่อง^{4,7,12} การเฝ้าระวังพิษจากยาเป็นสิ่งสำคัญ พยาบาลต้องประเมินอย่างใกล้ชิด ได้แก่ การตอบสนองของ Deep Tendon Reflex (DTR) อัตราการหายใจ ≥ 12 ครั้งต่อนาที และปริมาณปัสสาวะ Output $\geq 25 - 30$ มิลลิลิตรต่อชั่วโมง หากพบสัญญาณพิษ เช่น หายใจช้า รีเฟล็กซ์หายไป หรือปัสสาวะออกน้อย ต้องหยุดยาและให้ Calcium

gluconate 10% ขนาด 10 มิลลิกรัม ทางหลอดเลือดดำทันที เพื่อเป็นยาด้านพิษ^{4,12,15}

ในบริบทประเทศไทย หลายโรงพยาบาลได้พัฒนาแนวปฏิบัติทางการพยาบาลสำหรับการใช้ $MgSO_4$ อย่างเป็นระบบ ซึ่งช่วยลดความคลาดเคลื่อนในการใช้ยาและลดภาวะแทรกซ้อนทางคลินิกได้อย่างมีนัยสำคัญ^{3,9,15}

2.4 การดูแลระดับประคองและการประสานทีม (Supportive Care)

ระหว่างการรักษาพยาบาลต้องให้การดูแลแบบองค์รวม โดยลดสิ่งกระตุ้น (แสง เสียง ความเครียด) จัดท่าผู้ป่วยให้นอนตะแคงซ้าย (Left Lateral Position) เพื่อลดการกดทับหลอดเลือดดำใหญ่ (Inferior Vena Cava Compression) และเพิ่มการไหลเวียนเลือดไปยังรก (Uteroplacental Perfusion) รวมทั้งให้ยาแก้ปวดตามแผนการรักษา โดยระมัดระวังไม่ให้บดบังอาการสำคัญทางคลินิก

นอกจากนี้การสื่อสารกับทีมสหสาขาวิชาชีพอย่างมีโครงสร้าง เช่น การใช้รูปแบบ ISBAR มีบทบาทสำคัญในการลดความคลาดเคลื่อนและเพิ่มความปลอดภัยของผู้ป่วย^{6,14,17,22}

2.5 ความสำคัญของการรักษาภายใน 60 นาที (The Golden Hour Response)

แนวทาง AIM Severe Hypertension Bundle ระบุว่า การให้ยาลดความดันโลหิตครั้งแรกภายใน 30 นาที และควบคุมความดันได้ภายใน 60 นาที เป็นตัวชี้วัดคุณภาพสำคัญของระบบบริการ^{21,23} ดังนั้นพยาบาลจึงมีบทบาทสำคัญในการบริหารจัดการเวลาในการรักษา ได้แก่ การติดตามเวลาเริ่มยา การบันทึกค่าความดันโลหิตอย่างต่อเนื่อง และการรายงานผลแบบเรียลไทม์

การดำเนินการที่มีประสิทธิภาพในช่วงเวลานี้สามารถลดอัตราการเจ็บป่วยและการเสียชีวิตของมารดาได้อย่างมีนัยสำคัญ^{6,14,21,23} บทบาทของพยาบาลห้องฉุกเฉินในระยะเริ่มแรกคือการได้จำกัดอยู่เพียงการบริหารยาเท่านั้น แต่ครอบคลุมถึงการจัดการเชิงระบบของเวลา ความเสี่ยง และการตัดสินใจทางคลินิก ภายใต้บริบทของการดูแลที่ไวต่อเวลา ซึ่งต้องอาศัยความร่วมมือ ความรวดเร็ว ความแม่นยำ และการยึดตามแนวทางเวชปฏิบัติสากล พยาบาลมีบทบาทสำคัญในการควบคุมความดันโลหิตอย่างปลอดภัย การป้องกันภาวะชัก และการเตรียมความพร้อมในการส่งต่อผู้ป่วยไปยังหอผู้ป่วยวิกฤตหรือห้องผ่าตัด โดยอาศัยสมรรถนะด้านเภสัชวิทยา การประเมินอาการอย่างเป็นระบบ และการสื่อสารกับทีมสหสาขาวิชาชีพอย่างมีประสิทธิภาพ การดำเนินการภายในกรอบเวลาไม่เกิน 60 นาทีตามมาตรฐานสากลถือเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยลดอัตราการเสียชีวิตและภาวะแทรกซ้อนของมารดาได้อย่างชัดเจน^{4,8,12,21,23}

3) การเฝ้าระวังอย่างเป็นระบบ (Monitoring)

หลังเริ่มการรักษาด้วยยาลดความดันโลหิตและ $MgSO_4$ แล้ว ขั้นตอนที่มีความสำคัญไม่แพ้กันคือการเฝ้าระวังอย่างต่อเนื่องเพื่อประเมินการตอบสนองต่อการรักษา ค้นหาภาวะแทรกซ้อนตั้งแต่ระยะเริ่มต้น และคงไว้ซึ่งความปลอดภัยของทั้งมารดา

และทารกในครรภ์^{4,12,20,21} การเฝ้าระวังในระยะนี้ต้องดำเนินการอย่างใกล้ชิด เนื่องจากอาการของผู้ป่วยสามารถเปลี่ยนแปลงได้อย่างรวดเร็วและมีผลต่อการตัดสินใจรักษา โดยเฉพาะในผู้ป่วยที่มีภาวะครรภ์เป็นพิษรุนแรง (Severe Preeclampsia) ภาวะชักจากครรภ์เป็นพิษ (Eclampsia) หรือมีความเสียหายของอวัยวะเป้าหมายร่วมด้วย^{4,12,23}

3.1 การติดตามสัญญาณชีพและการประเมินระบบไหลเวียนโลหิต

พยาบาลต้องวัดและบันทึกสัญญาณชีพ (Vital Signs) ทุก 10 - 20 นาที จนกว่าความดันโลหิตจะคงที่ จากนั้นสามารถลดความถี่เป็นทุก 30 - 60 นาทีตามดุลยพินิจของแพทย์ แต่ต้องพร้อมประเมินซ้ำทันทีเมื่อมีอาการผิดปกติ เช่น หน้ามืด หอบเหนื่อย หรือปวดศีรษะรุนแรง^{4,7,12} การติดตั้งระบบเฝ้าระวังคลื่นไฟฟ้าหัวใจอย่างต่อเนื่อง (Continuous Cardiac Monitoring) และการวัดออกซิเจนในเลือด (Pulse Oximetry; SpO_2) ช่วยให้สามารถตรวจพบภาวะหัวใจเต้นผิดจังหวะหรือภาวะขาดออกซิเจนได้ตั้งแต่ระยะแรก ซึ่งอาจเกิดในผู้ป่วยที่ได้รับยาลดความดันโลหิตทางหลอดเลือดดำ เช่น Hydralazine หรือ Labetalol ในขนาดสูง นอกจากนี้พยาบาลต้องประเมินการไหลเวียนเลือดส่วนปลาย (Peripheral Perfusion) เช่น สีผิว อุณหภูมิ และการเติมเลือดฝอย (Capillary Refill) เพื่อให้มั่นใจว่าการลดความดันโลหิตไม่ทำให้เกิดภาวะเลือดไปเลี้ยงอวัยวะไม่เพียงพอ โดยเฉพาะในหญิงตั้งครรภ์ที่มีภาวะรกเสื่อมหรือทารกเจริญเติบโตช้าในครรภ์^{8,12,20}

3.2 การเฝ้าระวังผลของ Magnesium Sulfate และการประเมินพิษยา

Magnesium Sulfate ($MgSO_4$) เป็นยาหลักในการป้องกันและรักษาภาวะชักในผู้ป่วยครรภ์เป็นพิษรุนแรงและภาวะชักจากครรภ์เป็นพิษ แต่เป็นยาที่ต้องเฝ้าระวังอย่างใกล้ชิด เนื่องจากมีช่วงการรักษาแคบ พยาบาลควรประเมิน DTR อัตราการหายใจ และปริมาณปัสสาวะอย่างสม่ำเสมอ เนื่องจากตัวชี้วัดเหล่านี้สะท้อนความเสี่ยงต่อการคั่งของยาและการเกิดพิษได้ดี หากพบสัญญาณของพิษ เช่น หายใจช้าลง รีเฟล็กซ์ลดลงหรือหายไป ชีพจรช้า หรือปัสสาวะออกน้อย ควรหยุดยาและรีบรายงานแพทย์ พร้อมเตรียมให้ calcium gluconate ตามแนวทางเวชปฏิบัติ^{4,12,15}

การบันทึกเวลาเริ่มยา อัตราการให้ยา อาการเปลี่ยนแปลง และผลการประเมินอย่างต่อเนื่อง ถือเป็นองค์ประกอบสำคัญของคุณภาพการพยาบาลในระยะนี้^{3,9,15}

3.3 การติดตามผลตรวจทางห้องปฏิบัติการและการประเมินอวัยวะเป้าหมาย

การเฝ้าระวังต้องครอบคลุมทั้งอาการทางคลินิกและผลตรวจทางห้องปฏิบัติการที่สะท้อนการทำงานของอวัยวะสำคัญ พยาบาลควรติดตามค่า CBC และเกล็ดเลือดเพื่อประเมินความเสี่ยงต่อ HELLP syndrome รวมถึงค่า AST, ALT และ LDH เพื่อประเมินการทำงานของตับ และค่า serum creatinine ร่วมกับ protein

ในปัสสาวะเพื่อประเมินการทำงานของไต

หากผลตรวจบ่งชี้ว่าภาวะของผู้ป่วยรุนแรงขึ้น ควรรายงานแพทย์ทันทีเพื่อพิจารณาแนวทางการรักษาต่อไป ในกรณีที่สงสัยภาวะร้ายแรง เช่น เลือดออกในสมอง หลอดเลือดแดงใหญ่ฉีกขาด หรือรกลอกตัวก่อนกำหนด ควรแจ้งประสานการตรวจเพิ่มเติมโดยไม่ทำให้การรักษาที่จำเป็นล่าช้า^{2,4,12,20}

3.4 การเฝ้าระวังทารกในครรภ์และการสื่อสารกับสูติแพทย์

ในหญิงตั้งครรภ์ที่อายุครรภ์ถึงระยะที่ทารกมีโอกาสรอดชีวิต การติดตามภาวะของทารกควรดำเนินการควบคู่ไปกับการดูแลมารดาอย่างใกล้ชิด พยาบาลควรประเมินอัตราการเต้นของหัวใจทารกตามทรัพยากรที่มี เช่น Doppler, เครื่องติดตามการเต้นหัวใจทารกแบบต่อเนื่อง (Electronic Fetal Monitoring: EFM) หรือการตรวจอัลตราซาวด์ข้างเตียง (bedside ultrasound) โดยไม่ทำให้การรักษามารดาล่าช้า นอกจากนี้ควรส่งเสริมให้มารดาประเมินการเคลื่อนไหวของทารก (fetal movement count) หรือการนับลูกดิ้นอย่างสม่ำเสมอ เพื่อใช้เป็นตัวชี้วัดเบื้องต้นของภาวะสุขภาพทารกในครรภ์ ในกรณีที่มีทรัพยากรเพียงพอควรพิจารณาการตรวจ Non-Stress Test (NST) และการติดตามด้วย EFM อย่างต่อเนื่องหรืออย่างน้อยวันละครั้ง หรือตามแผนการรักษาของแพทย์ เพื่อประเมิน fetal well-being อย่างเป็นระบบ โดยเฉพาะในผู้ป่วยที่มีภาวะครรภ์เป็นพิษรุนแรงหรือมีภาวะแทรกซ้อนร่วม

ข้อมูลสำคัญที่พยาบาลควรสื่อสารกับสูติแพทย์อย่างต่อเนื่อง ได้แก่ ค่าความดันโลหิตล่าสุด อาการทางระบบประสาท ปริมาณปัสสาวะ ผลตรวจทางห้องปฏิบัติการ ยาที่ได้รับ รวมถึงผลการประเมินทารก เช่น FHR pattern, ผล NST และการเคลื่อนไหวของทารก เนื่องจากข้อมูลเหล่านี้มีผลโดยตรงต่อการวางแผนการรักษา เช่น การยุติการตั้งครรภ์ การส่งต่อเข้าหอผู้ป่วยวิกฤต (ICU) หรือการเตรียมคลอดฉุกเฉิน^{4,7,12,22}

3.5 การจัดสิ่งแวดลอมและการลดปัจจัยกระตุ้น

การพยาบาลในระยะเฝ้าระวังควรครอบคลุมถึงการจัดสิ่งแวดลอม เนื่องจากความเจ็บปวด ความวิตกกังวล เสียงดัง แสงจ้า หรือสิ่งกระตุ้นมากเกินไป อาจทำให้อาการของผู้ป่วยแย่ลง พยาบาลควรจัดให้ผู้ป่วยอยู่ในสภาพแวดล้อมที่สงบ ลดการรบกวนที่ไม่จำเป็น และจัดท่านอนตะแคงซ้ายเพื่อลดการกดทับหลอดเลือดใหญ่และส่งเสริมการไหลเวียนเลือดกลับหัวใจและปอด

ควรอธิบายอาการและขั้นตอนการรักษาอย่างชัดเจนและอ่อนโยน เพื่อช่วยลดความกลัวและเพิ่มความร่วมมือของผู้ป่วยและครอบครัว^{6,14,18}

โดยสรุปว่าการเฝ้าระวังอย่างต่อเนื่องเป็นหัวใจสำคัญของการความปลอดภัยในหญิงตั้งครรภ์ที่มีภาวะความดันโลหิตสูงระดับวิกฤต พยาบาลต้องใช้ความรู้ด้านสรีรวิทยา การประเมินอย่างเป็นระบบ ทักษะการตีความข้อมูล และการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ เพื่อให้สามารถตรวจพบภาวะแทรกซ้อนและ

ตอบสนองได้อย่างทันท่วงที นอกจากนี้ การบันทึกข้อมูลอย่างครบถ้วนและแม่นยำยังมีบทบาทสำคัญต่อการประเมินคุณภาพการดูแล และการพัฒนาระบบบริการในระยะยาว^{4,12,21,23}

4) การประสานงานและการส่งต่อ (Handover and Coordination)

การดูแลหญิงตั้งครรภ์ที่มีภาวะความดันโลหิตสูงระดับวิกฤตในห้องฉุกเฉินไม่ได้สิ้นสุดที่การให้ยาหรือควบคุมอาการระยะแรก แต่ยังรวมถึงการส่งต่อข้อมูลอย่างถูกต้อง ครบถ้วน และทันเวลา เพื่อให้การดูแลในหน่วยงานถัดไป เช่น ห้องคลอด ห้องผ่าตัด หรือหอผู้ป่วยวิกฤต เป็นไปอย่างปลอดภัยและต่อเนื่อง ภาวะนี้เป็นภาวะฉุกเฉินทางสูติกรรมที่ไวต่อเวลา ดังนั้นความคลาดเคลื่อนในการสื่อสารเพียงเล็กน้อยอาจนำไปสู่ความล่าช้าในการรักษาหรือการตัดสินใจที่ผิดพลาดได้^{6-7,17,22}

4.1 หลักการของการส่งต่อผู้ป่วยวิกฤต

การส่งต่อที่มีคุณภาพควรมีความชัดเจน กระชับ และครบถ้วน พยาบาลห้องฉุกเฉินจึงต้องสรุปข้อมูลสำคัญให้เข้าใจง่ายและตรงประเด็น เช่น อายุครรภ์ ค่าความดันโลหิตล่าสุด อาการสำคัญที่พบ (Severe Features) ยาและขนาดยาที่ได้รับ การตอบสนองต่อการรักษา ผลตรวจทางห้องปฏิบัติการ และภาวะของทารกในครรภ์ แนวทางของราชวิทยาลัยสูติแพทย์แห่งประเทศไทยยังสนับสนุนการสื่อสารอย่างเป็นระบบ เพื่อลดความเสี่ยงระหว่างการส่งต่อ⁶⁻⁷

4.2 การใช้ ISBAR เพื่อการสื่อสารที่ปลอดภัย

เครื่องมือ ISBAR (I (Identification) ระบุผู้ป่วยและผู้รายงาน, S (Situation) สถานการณ์ปัจจุบันของผู้ป่วย, B (Background) ข้อมูลพื้นฐานหรือประวัติที่เกี่ยวข้อง, A (Assessment) การประเมินทางคลินิก, R (Recommendation) ข้อเสนอแนะหรือสิ่งที่ต้องการให้ดำเนินการต่อ) ช่วยให้การสื่อสารระหว่างทีมมีโครงสร้าง ลดการตกหล่นของข้อมูล โดยเฉพาะในห้องฉุกเฉินที่มีข้อจำกัดด้านเวลาและมีการเปลี่ยนผ่านการดูแลบ่อย พยาบาลสามารถใช้ ISBAR ได้ตั้งแต่การรายงานแพทย์เวร การส่งต่อผู้ป่วยไปยังห้องคลอด ไปจนถึงการส่งต่อระหว่างเวร ซึ่งช่วยเพิ่มความครบถ้วนของข้อมูล ลดความคลาดเคลื่อน และสนับสนุนการตัดสินใจของทีมรับต่อได้อย่างมีประสิทธิภาพ^{17,22}

4.3 การเตรียมเอกสารและข้อมูลประกอบการส่งต่อ

ก่อนส่งต่อพยาบาลควรจัดเตรียมเอกสารที่จำเป็นให้ครบ เช่น ใบสรุปการพยาบาล รายการยาที่ได้รับ ผลการติดตามความดันโลหิตและสัญญาณชีพ ผลตรวจทางห้องปฏิบัติการ และข้อมูลเกี่ยวกับทารกในครรภ์ เอกสารเหล่านี้ไม่เพียงช่วยป้องกันการให้ยาซ้ำซ้อนหรือการพลาดข้อมูลสำคัญ แต่ยังช่วยให้ทีมปลายทางสามารถดำเนินการดูแลต่อได้อย่างรวดเร็วและมั่นใจมากขึ้น แนวคิดการสื่อสารแบบวาจาพร้อมกับเอกสาร (Verbal Plus Written Handover) จึงเหมาะสมอย่างยิ่งกับผู้ป่วยกลุ่มเสี่ยงสูงเช่นนี้^{6,14,17}

4.4 การประสานงานแบบสหสาขาวิชาชีพ

ผู้ป่วยหญิงตั้งครรภ์ที่มีภาวะนี้มักต้องได้รับการดูแลจาก

หลายสาขา เช่น สูติแพทย์ វិสัญญีแพทย์ อายุรแพทย์ และทีมเวชบำบัดวิกฤต พยาบาลห้องฉุกเฉินจึงทำหน้าที่เป็นผู้ประสานข้อมูลและเชื่อมโยงการดูแลอย่างต่อเนื่อง ตั้งแต่การประเมินควบคุมอาการ ไปจนถึงการเตรียมส่งต่อ การประสานงานที่มีประสิทธิภาพช่วยลดระยะเวลาในการเริ่มการรักษา (Door-to-Treatment Time) และเพิ่มโอกาสที่ผู้ป่วยจะได้รับการดูแลตามแนวทางหรือ Protocol อย่างครบถ้วน^{8,21,23}

4.5 การประเมินคุณภาพของการส่งต่อ

หลังการส่งต่อ ควรมีการทบทวนกระบวนการสื่อสารและการประสานงานอย่างสม่ำเสมอ เช่น การ Debriefing หรือการ Audit เพื่อประเมินความครบถ้วนของข้อมูล ความทันเวลา และจุดที่ควรปรับปรุง การดำเนินการดังกล่าวช่วยยกระดับคุณภาพบริการและสอดคล้องกับแนวคิด Patient Safety Bundles ที่เน้นการพัฒนากระบวนการอย่างต่อเนื่อง^{6,17,21,23}

โดยสรุปการส่งต่อที่มีคุณภาพไม่ใช่เพียงการถ่ายทอดข้อมูล แต่เป็นการถ่ายทอดความต่อเนื่องของการดูแล พยาบาลห้องฉุกเฉินจึงมีบทบาทสำคัญในฐานะผู้นำการสื่อสารทางคลินิก โดยต้องบูรณาการข้อมูลที่เป็น เครื่องมือมาตรฐาน และการประสานงานกับทีมสหสาขาวิชาชีพ เพื่อให้ผู้ป่วยได้รับการดูแลอย่างปลอดภัยและต่อเนื่องในทุกระดับของระบบบริการ^{6-7,17,22}

ความท้าทายของบทบาทพยาบาลห้องฉุกเฉิน

แม้ว่าพยาบาลห้องฉุกเฉินจะมีบทบาทสำคัญอย่างยิ่ง แต่การดูแลผู้ป่วยกลุ่มนี้ยังเผชิญความท้าทายทั้งในเชิงระบบและการปฏิบัติ ผู้ป่วยมักมีอาการซับซ้อนและเปลี่ยนแปลงรวดเร็ว อีกทั้งเป็นสถานการณ์ที่ต้องดูแลทั้งมารดาและทารกพร้อมกัน จึงต้องอาศัยทักษะทางคลินิกสูง ความพร้อมของระบบ และการทำงานเป็นทีมอย่างมีประสิทธิภาพ^{8,14,21,24}

ประการแรก ความซับซ้อนของอาการทำให้การวินิจฉัยแยกโรคเป็นเรื่องท้าทาย อาการอย่างปวดศีรษะ เวียนศีรษะ ปวดท้อง หรือคลื่นไส้อาเจียนได้ในภาวะทั่วไปของการตั้งครรภ์ แต่ก็อาจเป็นสัญญาณเริ่มต้นของ Severe Preeclampsia, Eclampsia หรือภาวะฉุกเฉินอื่นที่คุกคามชีวิตได้ หากคัดกรองล่าช้า ความเสี่ยงต่อภาวะแทรกซ้อนรุนแรงจะเพิ่มขึ้น^{2,4,12,18}

ประการที่สอง ข้อจำกัดด้านเวลาและทรัพยากรยังเป็นอุปสรรคสำคัญ โดยเฉพาะในหน่วยบริการที่มีบุคลากรจำกัดหรืออุปกรณ์ไม่ครบ เช่น Infusion Pump, ระบบติดตามสัญญาณชีพต่อเนื่อง หรือเครื่องมือประเมินทารกในครรภ์ ความพร้อมของระบบมีผลโดยตรงต่อความสามารถในการดูแลให้เป็นไปตามกรอบเวลา 30 - 60 นาที ที่แนะนำใน Patient Safety Bundles^{3,6,15,21,23}

ประการที่สาม ยังมีช่องว่างด้านสมรรถนะเฉพาะทาง พยาบาลห้องฉุกเฉินจำนวนมากมีทักษะในการดูแลผู้ป่วยวิกฤตทั่วไป แต่การดูแลภาวะฉุกเฉินทางสูติกรรมต้องใช้ความรู้เฉพาะด้านเพิ่มเติม ทั้งเรื่องการใช้ยาในหญิงตั้งครรภ์ การเฝ้าระวังภาวะชัก การประเมิน Fetal Status และการสื่อสารกับทีมสูติกรรม

อย่างมีประสิทธิภาพ^{4,7,14,16}

ประการสุดท้าย ภาระงานและความเครียดทางอารมณ์ เป็นเรื่องที่ไม่ควรมองข้าม พยาบาลฉุกเฉินมักทำงานภายใต้แรงกดดันสูง ต้องตัดสินใจรวดเร็ว และรับผิดชอบต่อผลลัพธ์ที่กระทบทั้งมารดาและทารก งานวิจัยร่วมสมัยสะท้อนว่าความเหนื่อยล้าสะสมและภาวะหมดไฟในพยาบาลฉุกเฉินสัมพันธ์กับคุณภาพการดูแลและแนวโน้มลาออกจากงาน จึงควรมีระบบสนับสนุนด้านจิตใจและสภาพแวดล้อมการทำงานควบคู่กันไป^{14,24}

ความท้าทายสำคัญ ได้แก่ ความยากในการวินิจฉัยแยกโรคจากอาการที่คล้ายภาวะทั่วไปของการตั้งครรภ์ ข้อจำกัดด้านเวลา และทรัพยากร ช่องว่างด้านสมรรถนะเฉพาะทาง และภาระงานที่สูง ซึ่งอาจนำไปสู่ความเหนื่อยล้าและภาวะหมดไฟของพยาบาล จึงควรมีระบบสนับสนุนทั้งด้านวิชาชีพและด้านจิตใจควบคู่กัน^{14,24}

ข้อเสนอแนะ

เพื่อยกระดับคุณภาพการดูแลหญิงตั้งครรภ์ที่มีภาวะความดันโลหิตสูงระดับวิกฤต ควรพัฒนาใน 3 ระดับ ได้แก่ ระดับนโยบาย ระดับระบบบริการ และระดับบุคลากร^{6-7,21,23}

1) ระดับนโยบาย ควรส่งเสริมการใช้แนวทางดูแลที่เป็นมาตรฐานเดียวกันทั่วทั้งระบบ โดยบูรณาการข้อแนะนำจาก ACOG, ISSHP, WHO และแนวทางของราชวิทยาลัยสูตินรีแพทย์แห่งประเทศไทย เพื่อให้โรงพยาบาลทุกระดับสามารถดูแลผู้ป่วยตามเกณฑ์เดียวกัน และติดตามตัวชี้วัดสำคัญ เช่น เวลาถึงการรักษาครั้งแรกและความครบถ้วนของการส่งต่อ^{4,7,12}

2) ระดับระบบบริการควรมี Care Bundle หรือ Protocol เฉพาะสำหรับ Severe Hypertension in Pregnancy ในห้องฉุกเฉิน ซึ่งครอบคลุมการคัดกรอง การให้ยา การเฝ้าระวัง และการส่งต่อ รวมถึงการฝึกซ้อมสถานการณ์จำลองอย่างสม่ำเสมอ เพราะการเตรียมระบบล่วงหน้าช่วยลดความล่าช้าและเพิ่มความพร้อมของทีมเมื่อเกิดเหตุการณ์จริง^{6,14,21,23}

3) ระดับบุคลากร ควรพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมเฉพาะทางด้าน Obstetric Emergency Nursing สำหรับพยาบาลห้องฉุกเฉิน ส่งเสริมการเรียนรู้ผ่าน Simulation การมีพี่เลี้ยงทางคลินิก และการสนับสนุนทางจิตใจหลังเหตุการณ์วิกฤต เพื่อเพิ่มความมั่นใจ สมรรถนะ และความยืดหยุ่นของทีมพยาบาลในระยะยาว^{3,8,14,24}

บทสรุป

หญิงตั้งครรภ์ที่มีภาวะความดันโลหิตสูงระดับวิกฤตเป็นผู้ป่วยที่มีความเสี่ยงสูงและต้องการการดูแลแบบบูรณาการ ตั้งแต่แรกที่มีมาถึงห้องฉุกเฉิน พยาบาลห้องฉุกเฉินมีบทบาทสำคัญตั้งแต่การคัดกรอง การเริ่มรักษา การเฝ้าระวังอย่างใกล้ชิด ไปจนถึงการสื่อสารและการส่งต่ออย่างเป็นระบบ บทบาทเหล่านี้เชื่อมโยงกันและส่งผลโดยตรงต่อความปลอดภัยของมารดาและทารก^{4,12,21,23}

ดังนั้นการพัฒนาความรู้ ทักษะ และระบบสนับสนุนสำหรับ

พยาบาลห้องฉุกเฉินจึงไม่ใช่เพียงการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของบุคลากร แต่เป็นการลงทุนที่สำคัญต่อคุณภาพของระบบบริการสุขภาพมารดาและทารกในภาพรวม หากระบบสามารถทำให้การดูแลเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็ว แม่นยำ และต่อเนื่อง โอกาสในการลดภาวะแทรกซ้อนรุนแรงและการเสียชีวิตก็จะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ^{6,14,21,24}

เอกสารอ้างอิง

1. Whelton PK, Carey RM, Aronow WS, et al. 2017 ACC/AHA/AAPA/ABC/ACPM/AGS/APhA/ASH/ASPC/NMA/PCNA guideline for the prevention, detection, evaluation, and management of high blood pressure in adults: A report of the American college of cardiology/American heart association task force on clinical practice guidelines. *Hypertension*. 2018;71(6):e13-e115. doi:10.1161/HYP.0000000000000065
2. Balahura AM, Moroi ştefan I, Scafa-Udrişte A, et al. The management of hypertensive emergencies-is there a “magical” prescription for all? *J Clin Med*. 2022;11(11):3138. doi:10.3390/jcm11113138
3. อริสรา สุขวิจิณี, เพชรรัตน์ รุจิพงศ์ และวิมลวรรณ เลิศวงศ์เผ่าพันธุ์. การพัฒนาแนวปฏิบัติทางการพยาบาลในการดูแลผู้ป่วยที่มีภาวะความดันโลหิตสูงที่แผนกฉุกเฉิน. *พยาบาลสาร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่*. 2568;52(1):167-183. <https://he02.tci-thaijo.org/index.php/cmunursing/article/view/270303>
4. American College of Obstetricians and Gynecologists' Committee on Practice Bulletins-Obstetrics. Gestational hypertension and preeclampsia: ACOG Practice Bulletin, number 222: ACOG Practice Bulletin, number 222. *Obstet Gynecol*. 2020;135(6):e237-e260. doi:10.1097/AOG.0000000000003891
5. World Health Organization. *WHO Recommendations on Antiplatelet Agents for the Prevention of Pre-eclampsia*. World Health Organization; 2021. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240037540>. Accessed September 20, 2025.
6. Institute for Healthcare Improvement. *Patient Safety Essentials Toolkit*. Institute for Healthcare Improvement. <https://www.ihl.org/library/tools/patient-safety-essentials-toolkit>. Accessed March 20, 2025.
7. ราชวิทยาลัยสูตินรีแพทย์แห่งประเทศไทย. *แนวทางการเวชปฏิบัติของราชวิทยาลัยสูตินรีแพทย์แห่งประเทศไทย เรื่อง การดูแลความดันโลหิตสูงในสตรีตั้งครรภ์*. กรุงเทพฯ: ราชวิทยาลัยสูตินรีแพทย์แห่งประเทศไทย; 2563. เอกสารหมายเลข OB 63-021.
8. International Council of Nurses. *Core Competencies in Disaster Nursing: Competencies for Nurses Involved in Emergency Medical Teams (Level III)*. Geneva, Switzerland: International Council of Nurses; 2022.
9. Ghaith S, Campbell RL, Ginsberg Z, et al. Characteristics, Interventions, and Outcomes for Patients Presenting to the Emergency Department With Abdominal Pain. *Acad Emerg Med*. 2026;33(1):e70110. doi:10.1111/acem.70110
10. National Institute for Health and Care Excellence (NICE). *Hypertension in pregnancy: diagnosis and management*. <https://www.nice.org.uk/guidance/ng133>. Accessed April 28, 2025.
11. Bress AP, Anderson TS, Flack JM, et al. The management of elevated blood pressure in the acute care setting: A scientific statement from the American heart association. *Hypertension*. 2024;81(8):e94-e106. doi:10.1161/HYP.0000000000000238
12. น้ำทิพย์ ดั่งเงิน. *การพยาบาลหญิงตั้งครรภ์ที่มีภาวะความดันโลหิตสูงรุนแรง*. กรุงเทพฯ: โรงพยาบาลนพรัตนราชธานี กรมการแพทย์. <http://nrh.nopparat.go.th/academic/public/view/read.php?id=79> Accessed March 20, 2025.
13. สมาคมความดันโลหิตสูงแห่งประเทศไทย. *แนวทางการรักษาโรคความดันโลหิตสูง ในเวชปฏิบัติทั่วไป พ.ศ. 2562*. กรุงเทพมหานคร: สมาคมความดันโลหิตสูงแห่งประเทศไทย; 2562.
14. Magee LA, Brown MA, Hall DR, et al. The 2021 International Society for the Study of Hypertension in Pregnancy classification, diagnosis & management recommendations for international practice. *Pregnancy Hypertens*. 2022;27:148-169. doi:10.1016/j.preghy.2021.09.008
15. Brown MA, Magee LA, Kenny LC, et al. Hypertensive disorders of pregnancy: ISSHP

- classification, diagnosis, and management recommendations for international practice: ISSHP classification, diagnosis, and management recommendations for international practice. *Hypertension*. 2018; 72(1):24-43. doi:10.1161/HYPERTENSIONAHA.117.10803.
16. Emergency Nurses Association. *Emergency Nursing Core Curriculum. 8th ed.* Elsevier; 2026.
17. Galli A, Andreoli E, Pallua FY, et al. Improvement of nursing handover in emergency department: a prospective observational cohort study. *Discov Health Syst*. 2025;4(1). doi:10.1007/s44250-025-00180-3
18. รุ่งฤดี พันธุ์ประเสริฐ. การพยาบาลหญิงตั้งครรภ์ที่มีความดันโลหิตสูงรุนแรง: กรณีศึกษา. *วารสารโรงพยาบาลสิงห์บุรี*. 2563;29(1):17-27. <https://he01.tci-thaijo.org/index.php/shj/article/view/248790>.
19. Bernstein PS, Martin JN Jr, Barton JR, et al. Consensus bundle on severe hypertension during pregnancy and the postpartum period. *J Obstet Gynecol Neonatal Nurs*. 2017;46(5): 776-787. doi:10.1016/j.jogn.2017.05.003
20. Mancía G, Kreutz R, Brunström M, et al. 2023 ESH Guidelines for the management of arterial hypertension The Task Force for the management of arterial hypertension of the European Society of Hypertension: Endorsed by the International Society of Hypertension (ISH) and the European Renal Association (ERA): Endorsed by the International Society of Hypertension (ISH) and the European Renal Association (ERA). *J Hypertens*. 2023;41(12):1874-2071. doi:10.1097/HJH.000000000000348
21. Prior A, Taylor I, Gibson KS, Allen C. Severe hypertension in pregnancy: Progress made and future directions for patient safety, quality improvement, and implementation of a patient safety bundle. *J Clin Med*. 2024;13(17):4973. doi:10.3390/jcm13174973
22. Chaica V, Marques R, Pontífice-Sousa P. ISBAR: A handover nursing strategy in emergency departments, scoping review. *Healthcare (Basel)*. 2024;12(3):399. doi:10.3390/healthcare12030399
23. Sims TD, Shubert L, Denning S, Shay L, Green C, Davidson C. Impact of a maternal early warning system and severe hypertension safety bundle on timely treatment of hypertensive emergencies: A quality improvement and health equity initiative. *BJOG*. 2025;132(13):2160-2167. doi:10.1111/1471-0528.18273
24. Barnard NB, Rothmann S, De Beer LT, Lubbe W. Burnout of emergency nurses in a South African context: the role of job demands and resources, and capabilities. *Front Psychol*. 2023;14:1119063. doi:10.3389/fpsyg.2023.1119063

การอ้างอิง

ดวงกมล ประสพแสนทวี. บทบาทพยาบาลห้องฉุกเฉินในการดูแลหญิงตั้งครรภ์ที่มีความดันโลหิตสูงในภาวะวิกฤต. *วารสารวิชาการราชวิทยาลัยจุฬาภรณ์*. 2569; 8(4): 380-388. <https://he02.tci-thaijo.org/index.php/jcra/article/view/278552>

Prasopsantawee D. The Role of Emergency Nurses in Managing Pregnant Women with Hypertensive Crisis. *J Chulabhorn Royal Acad*. 2026; 8(4): 380-388. <https://he02.tci-thaijo.org/index.php/jcra/article/view/278552>

Online Access

<https://he02.tci-thaijo.org/index.php/jcra/article/view/278552>



Academic article

Nursing Management of Thai Buddhist Monks on Hemodialysis during Religious Intermittent Fasting: A Narrative Review and Practical Guidance

Surasak Thakhat¹, Nisara Tanaphan²,
Phongthara Vichitvejpaisal^{3*}

¹Department of Medical Services,

Priest Hospital, Ministry of Public Health, Bangkok, Thailand

²Division of Perioperative Nursing, Golden Jubilee Medical Center,

Faculty of Medicine Siriraj Hospital, Mahidol University, Bangkok, Thailand

³Department of Anesthesiology,

Faculty of Medicine Siriraj Hospital, Mahidol University, Bangkok, Thailand

*Corresponding Author, email: phongthara@gmail.com

Received: 1 January 2026; Revised: 31 March 2026; Accepted: 6 April 2026

Abstract

Hemodialysis is life-sustaining for end-stage renal disease patients; however, managing therapy in Thai Buddhist monks is complex due to strict religious fasting and dietary constraints. This challenge is particularly acute in elderly, frail monks with multiple comorbidities.

This narrative review synthesizes evidence on the impact of religious fasting on hemodialysis outcomes and proposes tailored nursing management strategies. Findings indicate that fasting in this population can exacerbate malnutrition, electrolyte imbalance, and hemodynamic instability.

Effective management requires a structured, culturally sensitive approach, including tailored nutritional support, rigid electrolyte monitoring, medication adjustment, and care plans that honor monastic rules. This review provides a comprehensive framework to support safe, holistic care in this unique population.

Keywords: Cultural competence, Hemodialysis, Nursing management, Religious intermittent fasting, Thai Buddhist monks

Introduction

Fasting is a significant religious practice in Buddhism, symbolizing self-discipline, mindfulness, and detachment from worldly desires.¹ Thai Buddhist monks observe a daily fasting pattern by abstaining from eating after noon until dawn the next day. For monks undergoing hemodialysis, this spiritual observance introduces physiological and management complexities that healthcare professionals must understand and address.¹⁻²

Chronic kidney disease (CKD) represents a

significant global health burden, with a worldwide prevalence of approximately 13.4%.³ The incidence is rising, particularly among older adults with comorbidities such as diabetes and hypertension. In Thailand, CKD affects roughly 17.6% of the population, impacting over eight million people, however, nationwide epidemiological data specifically for Buddhist monks remains unavailable.⁴ Despite this data gap, existing evidence suggests a high burden of non-communicable diseases (NCDs) within this group. Studies indicate that the prevalence of metabolic

syndrome among monks ranges from 13% to 20.8%, and more than half have underlying conditions like diabetes or hypertension.⁵ These factors point to a potentially elevated risk for CKD and its associated complications.

Patients undergoing hemodialysis are physiologically vulnerable to rapid fluctuations in fluid and electrolyte balance, protein-energy wasting, and intradialytic hypotension (IDH).⁶⁻⁹ These vulnerabilities stem from impaired renal function, significant fluid shifts during ultrafiltration, and dysregulated metabolic pathways. Such risks are further exacerbated during fasting, as restricted nutritional intake and altered fluid consumption patterns disrupt homeostasis. Within this context, elderly monks represent a particularly high-risk subgroup. Aging is characterized by reduced physiological reserve, sarcopenia, diminished cardiovascular responsiveness, and a high prevalence of multimorbidity. Collectively, these factors increase susceptibility to malnutrition, electrolyte imbalances, and hemodynamic instability during dialysis, especially under conditions of prolonged fasting. Notably, while monks are permitted to consume fluids during fasting periods, inadequate or inappropriate intake, such as the consumption of high-sugar or high-potassium beverages, may contribute to dehydration or electrolyte disturbances. From a clinical perspective, patients with ESRD and multiple comorbidities are generally considered high-risk for prolonged fasting.^{7,10} However, in practice, many monks continue to observe fasting due to strong religious commitment.¹⁻² Therefore, rather than discouraging fasting entirely, healthcare providers must adopt a culturally sensitive and risk-informed approach to ensure patient safety while respecting religious values.

Nurses play a critical role in balancing clinical safety with respect for religious beliefs. They must recognize the physiological impact of fasting on dialysis outcomes, monitor changes in nutritional and hemodynamic status, and provide individualized guidance that aligns with both medical and monastic principles.^{7,11-12}

This narrative review aims to synthesize current evidence regarding the impact of religious intermittent fasting on hemodialysis care and to propose practical

nursing management strategies tailored to Thai Buddhist monks. A narrative review was conducted using PubMed, Scopus, CINAHL, and Thai Journals Online (ThaiJO). Search terms included “hemodialysis,” “chronic kidney disease,” “intermittent fasting,” “religious fasting,” and “culturally sensitive nursing care.” Articles published in English and Thai between 2011 and 2024 were considered. Studies were selected based on relevance to hemodialysis care, fasting-related physiological and clinical outcomes, and nursing or multidisciplinary management. Eligible sources included clinical studies, systematic reviews, guidelines, and context-relevant reports.^{7,11-13} Articles were excluded if they were unrelated to dialysis care, lacked clinical applicability, or were duplicates. The extracted evidence was narratively synthesized into thematic domains to inform clinical interpretation and practical nursing recommendations. These themes guided the organization of the subsequent sections.

This narrative review identified four key thematic domains: 1) physiological effects of intermittent fasting, 2) clinical risks in hemodialysis patients, 3) nursing management strategies, and 4) cultural and ethical considerations. These themes guided the organization and interpretation of the subsequent sections and informed the development of practical nursing recommendations.

Theme 1: Physiological Effects of Intermittent Fasting

Religious Intermittent Fasting in Thai Buddhist Monks

Thai Buddhist monks follow the Vinaya—the monastic code of conduct—which prohibits eating solid food after midday. During fasting, monks may consume water, fruit juice, or herbal drinks in the afternoon, depending on monastic interpretation and health conditions. Fasting is not primarily for asceticism but for maintaining mindfulness and discipline.

From a physiological perspective, intermittent fasting can influence glucose levels, hydration status, and energy metabolism.¹⁴ While healthy individuals may tolerate fasting well, patients with chronic kidney disease face additional risks. Reduced caloric intake

and limited fluid consumption can contribute to hypotension during dialysis, electrolyte disturbances, and nutritional deficiencies.¹¹⁻¹³ In elderly patients, these metabolic adaptations are further compounded by age-related physiological decline, including sarcopenia, impaired gluconeogenesis, and diminished renal and cardiovascular reserves.¹⁵⁻¹⁶ Consequently, older hemodialysis patients exhibit a heightened susceptibility to hypoglycemia, metabolic dysregulation, and a protracted recovery from physiological stress during fasting periods. Nurses must, therefore, evaluate each monk's physical condition, dialysis prescription, and fasting capability before any adjustments are made.

Physiology of Intermittent Fasting and Implications for Dialysis Patients

Intermittent fasting (IF) involves structured periods of abstinence from food and, in some traditions, fluids. For Thai Buddhist monks, this typically entails consuming one or two meals before midday, followed by a fast that lasts until the subsequent dawn. This pattern triggers significant metabolic shifts, including suppressed insulin levels, accelerated lipolysis, and the induction of ketogenesis. In patients undergoing hemodialysis, these adaptations can become maladaptive, as impaired renal function prevents the precise regulation of fluid, electrolytes, and acid-base homeostasis.

Fasting significantly disrupts fluid volume status. Inadequate intake during the fasting window may precipitate intravascular volume depletion and subsequent intradialytic hypotension (IDH). Conversely, compensatory over-consumption of fluids before the fast begins may lead to interdialytic weight gain and acute fluid overload. Furthermore, altered dietary patterns and the misalignment of medication timing, specifically phosphate binders may contribute to electrolyte imbalances, such as hyperkalemia and hyperphosphatemia.⁷ In elderly monks, the restricted protein window may further exacerbate protein-energy wasting (PEW), particularly when compounded by pre-existing comorbidities.

Metabolic Effects

During fasting, the body shifts from glucose use to fat metabolism. Liver glycogen maintains blood glucose initially, but with prolonged fasting, insulin levels fall, glucagon rises, and lipolysis predominates, producing ketone bodies for energy.¹⁷⁻¹⁸ In healthy individuals, this may improve insulin sensitivity and reduce oxidative stress. However, in hemodialysis patients, reduced renal clearance can lead to accumulation of ketones and metabolic acids, increasing the risk of acid-based imbalance.^{7,10} Therefore, even mild fasting requires monitoring of glucose, electrolytes, and bicarbonate levels.

Fluid and Electrolyte Balance

Fluid management is central to dialysis care. Fasting-related reduced fluid intake may worsen dehydration, particularly in hot climates, leading to intradialytic hypotension, cramps, or dizziness.^{8-9,19} Conversely, excessive fluid intake before fasting hours can cause excessive interdialytic weight gain and pulmonary congestion. Altered meal timing may also disturb electrolyte balance and medication schedules. For example, delayed phosphate binder intake may increase serum phosphate.⁷ Regular assessment of weight, blood pressure, and laboratory values, coupled with patient education, is essential.

Cardiovascular and Hemodynamic Effects

Reduced plasma volume during fasting can decrease venous return and cardiac output, increasing the risk of hypotension during dialysis.^{8-9,19} In patients with underlying cardiovascular disease, fasting-related hemodynamic changes may contribute to hemodynamic instability, including hypotension or related symptoms. Although IF has been linked to lower blood pressure and improved lipid profiles in the general population¹⁸, its cardiovascular benefits in dialysis patients remain unclear. Careful monitoring and adjustment of ultrafiltration targets are required.⁸⁻⁹

These risks are magnified in the elderly due to impaired autonomic regulation and diminished vascular reactivity.¹⁵⁻¹⁶ Age-related attenuation of baroreceptor sensitivity increases the risk of intradialytic hypotension (IDH) and postural insta-

bility, particularly when exacerbated by reduced fluid intake during fasting. Furthermore, decreased vascular compliance, often seen in older patients with chronic kidney disease, limits the body's ability to compensate for the rapid fluid shifts inherent in the hemodialysis process.^{7,10}

Nutritional and Glycemic Considerations

Restricted eating windows may reduce total calorie and protein intake, exacerbating protein-energy wasting is a common problem in dialysis patients.⁶⁻⁷ Limited food offerings may further increase this risk for monks. Nutrient-dense meals rich in high-quality protein should be prioritized before fasting begins, and supplements considered when appropriate.⁷ In diabetic patients, fasting raises the risk of hypoglycemia or postprandial hyperglycemia, necessitating individualized glucose monitoring and medication adjustment.²⁰

Elderly patients are uniquely vulnerable to protein-energy wasting (PEW) and sarcopenia, a state driven by suboptimal dietary intake, anabolic resistance, and the inflammaging characteristic of chronic inflammation.^{6,15-16} For these individuals, fasting may further accelerate proteolysis and functional decline, precipitating a cycle of increased morbidity and diminished quality of life.

Overall Implications

Intermittent fasting presents both opportunities and challenges for hemodialysis patients. While potential metabolic benefits exist, risks of dehydration, electrolyte imbalance, and malnutrition are significant. For monks, fasting is a spiritual obligation, requiring a culturally sensitive approach. Comprehensive assessment, close monitoring, and individualized care are essential to ensure safety while respecting religious practice.⁷

Theme 2: Clinical Risks in Hemodialysis Patients

Clinical Challenges in Hemodialysis Management during Fasting

Managing hemodialysis during fasting requires attention to several interrelated factors:

1. Fluid Balance and Dehydration

Monks who fast may have reduced fluid intake, increasing the risk of dehydration. This can lead to hypotension during dialysis or post-dialysis fatigue.^{6,8-9} Accurate assessment of dry weight, interdialytic weight gain, and urine output is essential.

2. Electrolyte and Nutritional Imbalance

Skipping meals may affect potassium, sodium, and phosphate levels. Inadequate protein or calorie intake can exacerbate malnutrition, common among long-term dialysis patients.⁶⁻⁷

3. Blood Pressure Regulation

Fasting and dialysis both affect hemodynamic stability. Nurses must monitor pre- and post-dialysis blood pressure closely and adjust ultrafiltration targets as needed.⁸⁻⁹

4. Medication Timing and Pharmacokinetics

Medication management for fasting monks on hemodialysis must account for altered meal-to-dose timing, polypharmacy, and dialysis-related drug clearance. Many therapeutic agents particularly water-soluble and low protein-bound drugs, such as certain antibiotics are significantly removed during the dialysis process, necessitating precise dose adjustments or post-dialysis administration.²¹

The monastic fasting schedule further complicates the administration of medications that require a food bolus for absorption or to mitigate gastric irritation. In elderly monks, age-related pharmacokinetic alterations including reduced hepatic metabolism and altered volume of distribution coupled with polypharmacy, heighten the risk of drug accumulation and adverse drug-drug interactions.²¹⁻²² Consequently, individualized regimens and robust interprofessional coordination between physicians, pharmacists, and nursing staff are essential to maintain therapeutic efficacy.²¹ Patient education, culturally adapted to the monastic lifestyle, is critical to ensuring medication adherence and preventing complications during fasting periods.²²

5. Fatigue and Weakness

Fasting may be associated with fatigue or dizziness, which may overlap with dialysis-related complications.¹¹⁻¹³ Nurses should distinguish between fasting-related symptoms and dialysis-related events through careful assessment.

Theme 3: Nursing Management Strategies

Nursing Management and Clinical Challenges

The management of hemodialysis for fasting Buddhist monks represents an integration of clinical care and spiritual practice. To provide truly holistic care, nurses must serve as a bridge between evidence-based protocols and the unique socio-cultural requirements of the Sangha. Through individualized risk stratification, vigilant physiological monitoring, and culturally congruent communication, it is possible to facilitate safe religious fasting without compromising clinical outcomes. This approach not only ensures patient safety but also respects the autonomy and spiritual integrity of the monk, fostering a stronger therapeutic alliance.^{7,11-12}

This approach aligns with Thailand's cultural context, where religion and healthcare are deeply interconnected. Promoting cultural competence among nurses not only enhances patient satisfaction but also strengthens the ethical foundation of care for special populations such as monks.

Effective nursing care requires integrating clinical knowledge with respect for monastic values. Key management strategies include:

1. Pre-Fasting Assessment

Before fasting periods, nurses should assess the monk's overall health, dialysis adequacy, nutritional status, and risk factors.⁸⁻⁹ Collaboration with the nephrology team helps determine whether fasting is medically advisable.⁷

2. Individualized Care Planning

Care plans should be tailored to each monk's fasting practice, dialysis schedule, and comorbid conditions. When possible, dialysis sessions can be scheduled in the morning to minimize fatigue from prolonged fasting.¹¹⁻¹²

3. Fluid and Dietary Adjustments

Nurses should guide monks on the appropriate volume and timing of fluid intake before noon. Encouraging nutrient-dense morning meals helps maintain energy throughout the day.^{8,19}

4. Medication Coordination

Adjustments in medication timing should be made with physician approval²¹. Nurses should educate monks about medication adherence and possible side effects during fasting.²²

5. Monitoring and Documentation

Continuous monitoring of vital signs, weight, and laboratory values is crucial. Any abnormal findings should be reported promptly and recorded systematically to ensure consistent follow-up.⁸⁻⁹

6. Communication and Respect

Nurses should use polite, compassionate communication, addressing monks with proper respect according to Thai cultural norms. Any discussions regarding health decisions should be handled with sensitivity to monastic hierarchy and beliefs.¹¹⁻¹²

7. Geriatric Considerations for Monastic Populations

Nursing interventions for elderly monks undergoing hemodialysis during fasting must incorporate multidimensional geriatric assessments, including frailty screening, functional status evaluation, and rigorous fall risk stratification.¹⁵⁻¹⁶ Individualized care plans should address diminished physiological reserve (homeostenosis), heightened sensitivity to rapid fluid shifts, and an elevated risk of protein-energy wasting. Proactive monitoring and early clinical intervention are paramount to mitigating adverse outcomes, such as syncopal episodes or electrolyte crises in this highly vulnerable population.

Nutritional Assessment Tools

Malnutrition and protein-energy wasting (PEW) are pervasive complications in hemodialysis patients, particularly among the elderly with significant comorbidities.⁶⁻⁷ These risks are further compounded by religious fasting; therefore, a systematic and tiered nutritional assessment is vital for early detection and longitudinal monitoring.

While specific nutritional tools were not the primary focus of this review, their inclusion is justified by their high clinical relevance and validation within Thai cohorts. Validated instruments (Table 1), such as the Malnutrition-Inflammation Score (MIS), Nutrition Alert Form (NAF), and NT-2013, are recommended. The NAF is highly suitable for routine application in Thai clinical settings due to its high feasibility and contextual alignment with local dietary patterns.²³ In daily clinical practice, the Nutrition Alert Form (NAF) may be considered as the first-line screening tool given its simplicity and ease of integration into standard nursing workflows. It is ideal for frequent

monitoring (e.g., weekly or monthly) to identify at-risk patients before clinical deterioration occurs.²⁴ For patients stratified as high-risk, a more granular evaluation using the Subjective Global Assessment (SGA) or the Malnutrition-Inflammation Score (MIS) is warranted. The SGA provides a validated clinical judgment of nutritional status, while the MIS offers a comprehensive, quantitative analysis, specifically beneficial for elderly patients where underlying inflammation contributes to wasting. It should be noted that both tools require specialized training and more extensive clinical time. Additionally, the NT-2013 may serve as an initial screen in acute or inpatient settings due to its high sensitivity; however, its lower specificity may lead to an overestimation of malnutrition risk. Consequently, the NAF remains the preferred instrument for routine screening, while the SGA and MIS are best reserved for confirmatory diagnosis and guiding intensive clinical interventions.²³⁻²⁴

Theme 4: Cultural and Ethical Considerations

Ethical and Cultural Considerations

Providing nursing care to Buddhist monks requires deep cultural awareness. Respecting the monk's autonomy and religious commitment is essential, even when medical advice may suggest modifying or discontinuing fasting.

Ethical practice involves shared decision-making, where nurses, physicians, and monks collaboratively determine safe fasting plans. Cultural competence also includes understanding the monastic environment—temple settings, food offerings (alms), and reliance on lay supporters—which influence dietary and health behaviors.²⁵

Nurses must uphold both professional ethics and religious respect, ensuring that patient safety is prioritized without violating spiritual values.

Practical Guidance and Recommendations

To ensure safe, respectful, and evidence-based dialysis care for fasting Buddhist monks, the following clinical guidelines are recommended:

1. Comprehensive Nutritional Assessment

Given the high prevalence of protein–energy wasting (PEW) and sarcopenia in elderly monks, a

multidimensional assessment is recommended⁷:

Anthropometry: Monitor Body Mass Index (BMI), mid-arm muscle circumference (MAMC), and skinfold thickness to track muscle mass depletion.⁶⁻⁷

Biochemical Profiling: Regular evaluation of serum albumin, prealbumin, blood urea nitrogen (BUN), and creatinine to assess visceral protein stores and dialysis adequacy.

Dietary Evaluation: Use 24-hour recalls specifically focused on the “pre-noon” window to ensure protein targets (typically 1.2 g/kg/day) are met.

2. Targeted Dietary and Fasting Management

While monks fast from midday to dawn, fluid intake (“Nam Pana”) is generally permitted.

Nutritional Density: Nurses should emphasize a “nutrient-dense” morning window, focusing on high-quality protein while strictly managing potassium and sodium.

Geriatric Focus: For elderly monks, address anabolic resistance by encouraging protein intake immediately following dialysis sessions when feasible within monastic rules.^{6,15}

3. Optimized Hemodialysis Scheduling

Schedules should be individualized to minimize physiological stress.

Timing: Afternoon or early evening sessions may be preferable. This allows the monk to complete morning alms (Pindapata) and their meal before treatment, reducing the risk of fasting-induced hypoglycemia or exhaustion during the session.¹¹⁻¹²

4. Vigilant Clinical Monitoring

Hemodynamics: Frequent monitoring of blood pressure and fluid status is vital. Elderly monks have diminished baroreceptor sensitivity, making them prone to sudden intradialytic hypotension (IDH).⁸⁻⁹

Electrolyte Surveillance: Proactive monitoring of potassium and phosphate is essential, as concentrated meal patterns can lead to fluctuations in these levels.^{7,10}

5. Strategic Medication Management

Dosing Alignment: Adjust medication timing to ensure drugs requiring food are taken during the morning window.²¹

Dialysis Clearance: Pay close attention to water-soluble medications (e.g., certain antibiotics and antihypertensives). Ensure post-dialysis admin-

istration to prevent subtherapeutic drug levels.

6. Culturally Congruent Care

Vinaya Adherence: Nursing care must respect monastic discipline, including appropriate physical distance, gender-sensitive care, and quiet environments for meditation or chanting.

Spiritual Autonomy: Acknowledge the monk's spiritual goals as a primary motivator, using this to build a therapeutic alliance.

7. Peridialytic Nursing Protocols

Pre-dialysis: Screen for frailty and assess fluid intake from the previous evening's "Nam Pana."

Intradialytic: Maintain a calm environment conducive to spiritual practice; monitor for early signs of cramping or dizziness.

Post-dialysis: Perform orthostatic vital sign checks (sitting vs. standing) before discharge to prevent falls, as fasting increases the risk of postural instability.

8. Education and Interdisciplinary Collaboration

Caregiver Engagement: Provide tailored education to the monk's lay assistants (Luk Sit) or younger monks regarding medication timing and "renal-safe" allowable drinks.

Team Synergy: Foster active communication between nephrologists, renal dietitians, and nurses to adjust care plans dynamically based on the monk's nutritional and spiritual needs.²²

Research Gaps and Future Directions

Despite its clinical and cultural importance, research on religious fasting among Thai Buddhist monks receiving hemodialysis is limited. Most existing evidence is derived from studies in Muslim or Christian populations during Ramadan or Lent. These findings cannot be directly applied to Buddhist monastic contexts because fasting patterns, dietary practices, and cultural values differ substantially.

Limited Empirical Data

There is a notable lack of systematic research specifically involving Thai Buddhist monks on hemodialysis. Current knowledge largely depends on anecdotal reports or single-center experiences. As a result, the physiological impacts of intermittent

fasting on fluid balance, metabolic control, and dialysis adequacy remain poorly defined. Prospective or cohort studies comparing fasting and non-fasting monks are needed to generate robust clinical evidence.

Gaps in Nursing Evidence and Assessment Tools

Many nursing recommendations for fasting monks are based on expert opinion rather than validated research. Studies are required to evaluate the effectiveness of interventions such as pre-fasting counseling, individualized fluid management, and flexible dialysis scheduling. In addition, existing nutritional and clinical assessment tools may not adequately reflect monastic lifestyles or reliance on alms. Developing culturally adapted assessment instruments is an important research priority.

Interdisciplinary, Educational, and Policy Needs

Collaboration between healthcare professionals, Buddhist scholars, and temple communities is limited but essential for holistic care. Nursing education and hospital policies in Thailand rarely address monastic patients specifically. Future research should explore culturally sensitive curricula, supportive policies, and innovative approaches—such as longitudinal monitoring and qualitative studies—to improve care quality.

Addressing these gaps will strengthen evidence-based, culturally respectful dialysis nursing care for monks and offer insights applicable to other religious patient populations worldwide^{7,22}.

Conclusion

Religious intermittent fasting among Thai Buddhist monks represents a profound intersection of spiritual discipline and clinical complexity, particularly for those dependent on hemodialysis. This narrative review has synthesized current evidence to delineate the physiological vulnerabilities, unique clinical challenges, and sociocultural nuances inherent in managing this population.

Our findings underscore that high-quality renal care for monks must be culturally congruent, highly individualized, and evidence informed. The integration of structured risk stratification, Thai-validated nutritional screening tools (such as the NAF), and

flexible treatment scheduling is essential to uphold patient safety without infringing upon monastic vows. From a nursing perspective, clinical competence alone is insufficient; practitioners must possess a deep-seated understanding of the religious context and the core values that drive the patient's adherence to fasting.

This review offers actionable nursing recommendations designed to bridge the gap between abstract evidence and the real-world complexities of the Thai healthcare system. By adopting this integrated framework, nurses can deliver holistic, patient-centered care that aligns rigorous medical standards with the spiritual aspirations of the monk.

Ultimately, the nursing management of Thai Buddhist monks during religious fasting must strike a delicate balance between clinical vigilance and cultural reverence. Such an approach is paramount to achieving optimal health outcomes while preserving the dignity and religious integrity of this venerable patient population.

Case study

A 70-year-old Thai Buddhist monk with End-Stage Renal Disease (ESRD) secondary to Diabetes Mellitus has been receiving maintenance hemodialysis three times weekly. The patient strictly adheres to monastic fasting, consuming all nutrition before midday and relying solely on the morning alms round (Pindapata) for his dietary intake. He presented with recurrent intradialytic hypotension (IDH), chronic fatigue, and persistent hypoalbuminemia.

Nursing Assessment

Clinical assessment revealed a deficit in nutritional literacy regarding the protein and caloric density required for dialysis patients. Because alms-derived foods are unpredictable and nutritionally unrefined, the patient suffered from inadequate protein-energy intake, irregular fluid distribution, and suboptimal medication-to-meal timing. Utilizing the Nutrition Alert Form (NAF), the patient was classified as high risk for malnutrition (NAF score = 9/15).

Multidisciplinary Interventions

An individualized care plan was implemented,

bridging clinical requirements with monastic discipline:

Nutritional Strategy: Nurses provided practical guidance on selecting high-biological-value proteins (e.g., egg whites, fish, tofu) from alms bowls to maximize intake within the restricted eating window.

Fluid & Electrolyte Management: Education was provided on “renal-safe” Nam Pana (allowable beverages) to maintain hydration and prevent intravascular volume depletion without triggering hyperkalemia.

Pharmacological Re-alignment: Medication schedules were adjusted to ensure that phosphate binders and oral hypoglycemics were synchronized with the pre-noon meal.

Treatment Optimization: Hemodialysis sessions were rescheduled to the afternoon to allow for the completion of morning religious duties and meal consumption, thereby reducing treatment-induced exhaustion.

Outcomes and Clinical Significance

Following these targeted interventions, the patient demonstrated enhanced hemodynamic stability and improved biochemical markers of nutrition. This case underscores the necessity of integrating rigorous clinical assessment with culturally congruent nursing interventions to ensure the safety and spiritual integrity of elderly monks undergoing hemodialysis.

Table 1. Practical Nutritional Assessment Tools for Hemodialysis Patients

Tool	Key Components	Clinical Use	When to Use	Score for Diagnosis	Strengths	Limitations
NAF (Nutrition Alert Form)	Weight change, dietary intake, gastrointestinal symptoms	Screening	Routine (weekly/monthly)	≥ 6 indicates malnutrition risk	Simple, feasible in Thai settings	Moderate sensitivity
SGA (Subjective Global Assessment)	Clinical history and physical examination	Assessment	When patient is at risk	Classified as A (well), B (moderate), C (severe)	Validated, widely used	Requires trained personnel
MIS (Malnutrition–Inflammation Score)	SGA + laboratory parameters (albumin, TIBC)	Comprehensive assessment	Elderly/high-risk patients	Higher score = worse nutritional status (0–30)	Quantitative, detailed	Time-consuming
NT-2013	Dietary intake, disease severity	Screening (acute care)	Inpatient setting	≥ 8 indicates high risk	High sensitivity	Low specificity

Note: Nutritional assessment should be multidimensional, incorporating anthropometry (BMI, mid-arm muscle circumference), biochemical markers (serum albumin, BUN), and dietary intake assessment, in accordance with CKD nutrition guidelines.

NAF is recommended as the first-line screening tool in routine clinical practice in Thailand, while SGA and MIS are used for confirmatory assessment and clinical decision-making.

References

1. Mahachulalongkornrajavidyalaya University. *Thai Tripitaka*. https://tisi.mcu.ac.th/?page_id=6893 Accessed May 21, 2026.
2. Phraudombunthit K, Laosunthara K, Padrit S. The Buddha's one-meal practice: a prototype of intermittent fasting for holistic health in the modern era. *J Soc Innov Creat Cult*. 2024; 1:1-14. <https://online.anyflip.com/kngjj/ffll/mobile/index.html>
3. Hill NR, Fatoba ST, Oke JL, Hirst JA, O'Callaghan CA, Lasserson DS, et al. Global prevalence of chronic kidney disease: a systematic review and meta-analysis. *PLoS One*. 2016;11(7): e0158765. doi:10.1371/journal.pone.0158765.
4. Nephrology Society of Thailand. *Chronic kidney disease (CKD)*. Bangkok: 2022.
5. Kwancharoen R, Leewattanapat P, Suraamornkul S. Metabolic Syndrome of Thai Buddhist Monks in Bangkok Metropolitan Temples. *J Med Assoc*. 2019;102(Suppl.8):14-9. <http://www.jmatonline.com/PDF/S14-S19-PB-102-S8.pdf>
6. Arias-Guillén M, Collado S, Coll E, Carreras J, Betancourt L, Romano B, Fernández M, Duarte V, Garro J, Soler J, González JC, Calabia J. Prevalence of protein-energy wasting in

- dialysis patients using a practical online tool to compare with other nutritional scores: results of the Nutrendial study. *Nutrients*. 2022;14(16):3375. doi:10.3390/nu14163375.
7. Ikizler TA, Burrowes JD, Byham-Gray DL, Campbell KL, Carrero JJ, Chan W, et al. KDOQI clinical practice guideline for nutrition in CKD: 2020 update. *Am J Kidney Dis*. 2020;76(3 Suppl 1):S1–S107. doi: 10.1053/ajkd.2020.05.006.
 8. Kuipers J, Oosterhuis JK, Krijnen WP, et al. Prevalence of intradialytic hypotension, clinical symptoms and nursing interventions—a three-months, prospective study of 3818 haemodialysis sessions. *BMC Nephrol*. 2016 Feb 27; 17:21. doi:10.1186/s12882-016-0231-9
 9. Flythe JE, Xue H, Lynch KE, Curhan GC, Brunelli SM. Association of mortality risk with various definitions of intradialytic hypotension. *J Am Soc Nephrol*. 2015;26(3):724–734. doi:10.1681/ASN.2014020222
 10. Chen TK, Knicely DH, Grams ME. Chronic kidney disease diagnosis and management: a review. *JAMA*. 2019;322(13):1294–1304. doi:10.1001/jama.2019.14745
 11. Adanan NIH, Md Ali MS, Lim JH, et al. Investigating physical and nutritional changes during prolonged intermittent fasting in hemodialysis patients: a prospective cohort study. *J Ren Nutr*. 2020;30(2):15–26. doi: 10.1053/j.jrn.2019.06.003.
 12. Alarbi A, et al. Effects of fasting on patients with chronic kidney disease during Ramadan and practical guidance for healthcare professionals. *Clin Kidney J*. 2021;14(6):1524–1533. doi: 10.1093/ckj/sfab032
 13. Malik S, Bhanji A, Abuleiss H, et al. Effects of fasting on patients with chronic kidney disease during Ramadan and practical guidance for healthcare professionals. *Clin Kidney J*. 2021;14(6):1524–1534. doi: 10.1093/ckj/sfab032
 14. Anton SD, Moehl K, Donahoo WT, et al. Flipping the Metabolic Switch: Understanding and Applying the Health Benefits of Fasting. Obesity (Silver Spring). 2018;26(2):254–268. doi:10.1002/oby.22065
 15. Kooman JP, Kotanko P, Schols AM, et al. Chronic kidney disease and premature ageing. *Nat Rev Nephrol*. 2014;10(12):732–742. doi: 10.1038/nrneph.2014.185.
 16. McAdams-DeMarco MA, Law A, Salter ML, et al. Frailty as a predictor in hemodialysis patients. *J Am Geriatr Soc*. 2013;61(6):896–901. doi: 10.1111/jgs.12266.
 17. Korenfeld N, Finkel M, Buchshtab N, Bar-Shimon M, Charni-Natan M, Goldstein I. Fasting hormones synergistically induce amino acid catabolism genes to promote gluconeogenesis. *Cell Mol Gastroenterol Hepatol*. 2021;12(3):1021–1036. doi: 10.1016/j.jcmgh.2021.04.017.
 18. Bello AK, Lloyd A, Osman MA, Kurzawa J, Chambers T, Habib S, Olah ME, Habeeb Z, Qarni U, Shojai S, Pauly RP. Impact of Ramadan fasting on kidney function and related outcomes in chronic kidney disease and kidney transplant recipients: a systematic review and meta-analysis. *BMJ Open*. 2024;14(11):e085329. doi:10.1136/bmjopen-2024-085329
 19. Hamrahian SM, Fülöp T. Prevention of intradialytic hypotension. *Int J Nephrol Renovasc Dis*. 2023;16:173–181. doi: 10.2147/IJNRD.S245621.
 20. Yoon SY, Kim JS, Ko GJ, et al. Fasting blood glucose and the risk of all-cause mortality in patients with diabetes mellitus undergoing hemodialysis. *Kidney Res Clin Pract*. 2024;43(5):680–689. doi: 10.23876/j.krcp.23.098
 21. Matzke GR, Aronoff GR, Atkinson AJ Jr, et al. Drug dosing consideration in patients with acute and chronic kidney disease—a clinical update from kidney disease: Improving Global Outcomes (KDIGO). *Kidney Int*. 2011;80(11):1122–1137. doi:10.1038/ki.2011.322
 22. Ghimire S, Castelino RL, Lioufas NM, Peterson GM, Zaidi STR. Nonadherence to medication therapy in dialysis patients: a systematic review. *BMC Nephrol*. 2015;16:150 doi:10.1186/s12882-015-0142-7

23. Inkong P, Satirapoj B, Thimachai P, Supasyndh O. Validity of Thai Nutritional Assessment Form and Nutrition Triage 2013 to Diagnose Malnutrition in Non-Dialytic Chronic Kidney Disease. *J Med Assoc Thai*. 2021;104(11):1801–1806. <http://www.jmatonline.com/PDF/1801-1806-PB-12951.pdf>
24. Boonyavarakul K, Foocharoen C, Wantha O, Pisprasert V. Comparing performance of NAF and NT-2013 to SGA as nutritional assessment tools in systemic sclerosis patients. *Life*.

References

Thakhat S, Tanaphan N, and Vichitvejpaisal P. Nursing Management of Thai Buddhist Monks on Hemodialysis during Religious Intermittent Fasting: A Narrative Review and Practical Guidance. *J Chulabhorn Royal Acad*. 2026;8(4): 389-399. <https://he02.tci-thaijo.org/index.php/jcra/article/view/279507>

Online Access

<https://he02.tci-thaijo.org/index.php/jcra/article/view/279507>



Academic article

Active Warming Technologies for preventing
Perioperative Hypothermia:
A Narrative Review of Evidence and Clinical Practice

Nisara Tanphan¹, Nuthakun Posri¹,
Surasak Thakhat², Phongthara Vichitvejpaisal^{3*}

¹*Division of Perioperative Nursing, Golden Jubilee Medical Center,
Faculty of Medicine Siriraj Hospital, Mahidol University*

²*Department of Anesthesiology, Priest Hospital,
Department of medical services, Minister of Public health*

³*Department of Anesthesiology Faculty of Medicine Siriraj Hospital, Mahidol University*

*Corresponding Author, email: phongthara@gmail.com

Received: 15 January 2026; Revised: 16 March 2026; Accepted: 27 March 2026

Abstract

Perioperative hypothermia, defined as a core body temperature below 36°C, remains a frequent and preventable complication during anesthesia and surgery. It contributes to adverse outcomes, including increased blood loss, wound infection, delayed anesthetic recovery, and prolonged hospital stay.

This review aims to summarize current evidence regarding active warming technologies—Forced-Air Warming, Warming Mattress, and Intravenous Fluid Warmer—as evidence-based tools for preventing perioperative hypothermia. However, limited evidence is available comparing commonly used warming technologies in routine clinical anesthetic practice. Relevant clinical and experimental studies published over the past decade were reviewed to assess device performance, thermal efficacy, safety, and cost-effectiveness.

Evidence consistently supports Forced-Air Warming as the most validated and effective method for maintaining intraoperative normothermia, supported by multiple randomized controlled trials and meta-analyses. Warming mattresses provide additional conductive heat but are less efficient when used alone; their effectiveness improves when integrated into multimodal warming protocols. Intravenous fluid warmers are particularly valuable in surgeries involving large-volume fluid administration, minimizing heat loss through cold infusions. Despite strong validation, limitations remain, including variations in device design, incomplete standardization of testing methods, and potential safety concerns related to misuse or infection risk.

In clinical practice, selection of warming strategies should consider patient risk factors, surgical duration, and expected fluid administration. Future research should focus on standardizing protocols, optimizing integration with perioperative temperature monitoring systems, and exploring emerging technologies for precise thermal control.

Keywords: Forced-air warming, Intravenous fluid warmer, Perioperative hypothermia, Temperature management, Warming mattress

Introduction

Perioperative hypothermia, defined as a core body temperature below 36°C, is a common yet

preventable complication during surgery.¹ It primarily results from anesthesia-induced impairment of thermoregulation combined with exposure to a cool

operating room environment. Both general and regional anesthesia cause redistribution of heat from the core to the periphery, leading to a rapid decrease in core temperature, particularly within the first hour of anesthesia induction. Without active temperature management, patients remain at high risk of unintended hypothermia and its associated complications.²⁻³

The adverse effects of perioperative hypothermia are well established. Even mild hypothermia can impair coagulation, increase blood loss and transfusion requirements, suppress immune function, and raise the risk of surgical site infections.³⁻⁴ Additionally, hypothermia delays drug metabolism, prolongs anesthetic recovery, and causes post-operative shivering and discomfort.⁵ These consequences often extend post-anesthesia care unit stays and increase overall healthcare costs, making perioperative normothermia a critical quality indicator in modern practice.⁶⁻⁷

Relevant studies published within the past 10 years were identified through literature search in major medical databases. To reduce these risks, active warming technologies such as Forced-Air Warming (FAW) systems, Warming Mattresses (WM), and Intravenous Fluid Warmers (IVFW) are widely used. FAW devices provide convective warming, warming mattresses deliver conductive heat, and IVFW systems prevent heat loss from infused fluids. Each modality contributes uniquely to maintaining thermal balance.

Although several clinical guidelines and systematic reviews have addressed the prevention of perioperative hypothermia, most recommendations focus on general temperature management rather than direct comparison of commonly used active warming technologies in routine anesthetic practice.⁷⁻⁸ In addition, the optimal selection of single versus combined warming techniques in different surgical conditions remains unclear. Therefore, this narrative review aims to summarize current evidence on active warming technologies, including forced-air warming, warming mattresses, and intravenous fluid warmers, for prevention of perioperative hypothermia in patients undergoing anesthesia. This review focuses on clinical

effectiveness, safety, and cost-effectiveness of each technique and discusses the role of single and combined warming strategies in different surgical settings.

Mechanisms and Principles of Active Warming Technologies (*Table 1*)

Maintaining perioperative normothermia requires effective temperature management strategies to counteract multiple mechanisms of heat loss, including radiation, convection, conduction, and evaporation.^{3,5,8} Among these, redistribution of core heat to peripheral tissues following anesthesia induction is the most significant contributor, often causing a core temperature decrease of 1 - 1.5°C within the first hour. Active warming technologies aim to reduce this thermal gradient by providing external heat or preventing internal heat loss from unwarmed infusions. The three most validated systems—Forced-Air Warming (FAW), Warming Mattresses (WM), and Intravenous Fluid Warmers (IVFW)—operate on distinct thermodynamic principles, each offering specific advantages and limitations.^{4,8-9}

Forced-Air Warming (FAW) is the most widely used and extensively validated perioperative warming method. It functions through convective heat transfer, circulating warmed air (typically 37 - 43°C) over the patient's skin via a disposable perforated blanket connected to a heater/blower unit.^{4,9} The warm air layer formed adjacent to the skin enhances heat transfer while reducing convective and radiative heat loss. FAW blankets are available in various configurations, allowing flexibility across surgical positions and procedures.^{4,8-9} Numerous studies demonstrate FAW's effectiveness in maintaining core temperature across diverse surgical populations. When properly used, FAW provides uniform heating with a low risk of thermal injury, although concerns regarding operating room air contamination persist, with inconclusive evidence of increased infection risk.^{4,10,13}

Warming Mattresses (WM) provide conductive heat through direct contact between the patient and a heated surface, typically integrated into the operating table. These systems use electrically heated or water-circulating pads regulated by thermostats to maintain safe temperatures, usually between 37–42°C. The effectiveness of WM depends on contact surface area, patient positioning, and skin perfusion.^{4,9-10} As only posterior body surfaces are warmed, conductive heating alone is often insufficient for total-body temperature maintenance. However, WM enhance thermal comfort and are valuable as part of a multimodal warming strategy.^{4,8} Advantages include silent operation and elimination of air circulation, reducing contamination concerns. Modern systems incorporate safety features to minimize the risk of thermal injury.

Intravenous Fluid Warmers (IVFW) target heat loss caused by the infusion of large volumes of unwarmed fluids or blood products. Each liter of room-temperature fluid can significantly lower core body temperature.^{8,11} IVFW systems use counter-current heat exchange to warm fluids to near-physiological temperatures before infusion. Their performance depends on flow rate, line length, and device capacity.¹¹ IVFW devices are particularly beneficial during major surgery, trauma resuscitation, and procedures involving high-volume fluid replacement. While they are not standalone warming solutions, IVFW systems play a crucial complementary role when combined with FAW and conductive warming methods to maintain perioperative normothermia.⁷⁻⁸

Validation Studies and Evidence of Effectiveness

This section synthesizes evidence from bench testing, randomized controlled trials (RCTs), systematic reviews, and clinical guidelines validating the performance and effectiveness of Forced-Air Warming (FAW), Warming Mattresses (WM), and Intravenous Fluid Warmers (IVFW) in preventing perioperative hypothermia.

Forced-Air Warming (FAW) is the most extensively validated modality. Bench studies confirm accurate heater performance, stable temperature delivery, and uniform airflow across blanket designs, supporting consistent clinical performance.^{4,9,12} Numerous RCTs demonstrate that FAW—particularly when used for pre-warming and intraoperative maintenance—significantly reduces the incidence and severity of perioperative hypothermia compared with passive insulation.^{10,13} Across a wide range of surgical populations, FAW is associated with higher intraoperative core temperatures, reduced post-operative shivering, and shorter post-anesthesia care unit stays.¹³ Head-to-head trials generally show FAW to be at least non-inferior, and often superior, to other active warming systems when applied appropriately.^{7,14} Systematic reviews and international guidelines endorse FAW as an evidence-based standard of care.^{7,15-16} Although concerns regarding operating room airflow disruption and contamination persist, current guideline assessments find insufficient clinical evidence linking FAW to increased surgical site infections when proper infection-control measures are followed.

Warming Mattresses (WM) provide conductive heating and are validated through bench testing for surface temperature uniformity and thermostat responsiveness. Clinical studies show that WM improve skin and peripheral temperatures and reduce heat loss compared with passive insulation.^{10,14} However, when used alone, they are generally less effective than whole-body FAW in maintaining core temperature, particularly during procedures with large exposed surgical fields. Evidence consistently supports WM as part of a multimodal warming strategy rather than a standalone solution. Advantages include silent operation and elimination of forced air, while limitations relate to restricted contact area and positional dependence.⁸⁻⁹ Recent design improvements have enhanced their performance in selected populations

Intravenous Fluid Warmers (IVFW) are validated for effective heat transfer across clinically relevant flow rates and are particularly important during large-volume fluid or blood administration.^{8,11} RCTs and systematic reviews demonstrate that IVFW reduce infusion-related heat loss and postoperative shivering, with greatest benefit in trauma and major surgery. However, IVFW are adjunctive devices and cannot fully counteract anesthesia-related heat redistribution alone.

Clinical Implementation of Active Warming Strategies

Selection of warming techniques should be based on patient risk factors, surgical duration, and expected fluid administration. Forced-air warming alone may be sufficient in short or low-risk procedures. Combined warming techniques should be considered in prolonged surgery, major procedures, or cases requiring large-volume infusion. Intravenous fluid warmers help prevent heat loss from cold infusions, while warming mattresses may be useful when forced-air warming is limited. In clinical practice, the choice of warming method should consider efficacy, safety, and cost-effectiveness.^{2,7}

Comparative Effectiveness and Multimodal Warming Strategies

Comparative analyses indicate that whole-body FAW ranks among the most effective single modalities, while multimodal strategies—combining pre-warming, intraoperative surface warming, and warmed fluids—consistently provide superior temperature control.^{7,14} Study heterogeneity and lack of standardized validation protocols remain limitations, underscoring the need for harmonized testing and continued safety surveillance.^{15,17-18}

Perioperative temperature management is most effective when warming devices are selected and combined according to their mechanisms of heat delivery, timing of use, and patient- and procedure-specific risk.^{9,19} Comparative evidence supports the use of both single-modality and multimodal strategies, with growing emphasis on early initiation and maximal body-surface coverage.^{7-8,16}

Single-modality effectiveness.

Across randomized controlled trials (RCTs) and meta-analyses, Forced-Air Warming (FAW) consistently demonstrates superior maintenance of intraoperative core temperature and lower rates of postoperative hypothermia compared with passive insulation.^{8,12,14} FAW rapidly restores peripheral heat content and mitigates redistribution hypothermia following anesthesia induction.^{7,8,13} Consequently, major guidelines recommend active warming, particularly FAW, for most adult surgical patients at risk. Conductive warming systems effectively increase skin temperature in contact areas but are generally less effective than whole-body FAW when used alone due to limited coverage.^{9,12} Newer underbody and large-surface conductive designs have improved performance in selected procedures. Intravenous Fluid Warmers (IVFW) effectively prevent infusion-related heat loss during large-volume or rapid fluid administration but do not address redistribution hypothermia and should be viewed as adjuncts rather than standalone solutions.^{8,11}

Variations within FAW. Blanket configuration influences effectiveness depending on surgical exposure and positioning. Upper- and lower-body FAW blankets provide comparable core-temperature maintenance when appropriately matched to the surgical field.⁹ Underbody FAW designs offer uniform surface coverage and are particularly advantageous when access to the torso or limbs is restricted.⁴ Recent trials suggest similar performance between underbody and overbody FAW when pre-warming and appropriate settings are used, emphasizing individualized blanket selection to maximize usable surface area without compromising sterility.

Comparative and network analyses.

Head-to-head and network meta-analyses consistently rank whole-body FAW and large-area warming systems among the most effective single modalities. Some newer resistive or circulating-water systems achieve comparable results under optimized conditions. Variability across studies largely reflects differences in pre-warming practices, device settings,

and temperature measurement methods.⁸⁻⁹ Overall, earlier initiation and greater surface coverage emerge as key determinants of effectiveness.

Evidence for multimodal strategies.

Combining interventions yields the most reliable thermal control. Pre-warming for 15–30 minutes before anesthesia significantly reduces redistribution hypothermia and, when combined with intraoperative FAW, results in higher core temperatures than intraoperative warming alone.^{7-8,13} Adding IVFW to surface warming provides further benefit in procedures involving significant fluid or blood administration, reducing both core temperature decline and post-operative shivering. Institutional bundled protocols incorporating pre-warming, intraoperative surface warming, warmed fluids when indicated, and routine temperature monitoring consistently improve normothermia at PACU arrival.

Tailoring and implementation.

Device selection should account for surgical exposure, anesthetic technique, patient risk factors, and positioning constraints. Elderly, low-BMI, or high-risk patients benefit most from multimodal approaches. Effective implementation requires timely initiation, continuous core-temperature monitoring, adherence to safety guidelines, and standardized institutional protocols. Although multimodal strategies incur higher upfront costs, evidence suggests downstream savings through reduced complications, shorter recovery times, and improved patient outcomes.^{2,8}

Safety, Limitations, and Device-Validation Challenges

Perioperative warming devices are effective but not without risk. Comprehensive validation must therefore address patient safety, infection concerns, practical limitations, and methodological challenges that complicate device comparison and generalizability. Understanding these issues is essential for safe implementation and evidence-based selection.

Patient safety risks. Thermal injury is the primary direct hazard associated with surface warming devices. Burns may occur due to malfunctioning thermostats, prolonged focal heat exposure, impaired thermoregulation, or occlusion of temperature sensors, particularly in patients with poor perfusion or neuropathy.^{17,20} Modern devices incorporate alarms and temperature cutoffs, yet careful monitoring remains essential, especially when warming beneath dressings or monitoring equipment. Intravenous fluid and blood warmers introduce additional risks: overheating may damage fluids or cause hemolysis, while inadequate warming fails to prevent heat loss. Regulatory guidance emphasizes the use of approved devices and adherence to manufacturer-specified flow rates and indications. Electrical and fire risks also exist, underscoring the importance of regular maintenance and biomedical engineering oversight.

Infection and airflow concerns. Forced-Air Warming (FAW) has generated debate regarding potential disruption of operating room airflow and theoretical contamination. While bench studies and observational reports raise concern, systematic reviews and guideline panels have not identified convincing clinical evidence linking FAW to increased surgical site infection rates. Current recommendations support continued FAW use alongside strict aseptic technique, appropriate blanket placement, and well-maintained ventilation systems, while encouraging ongoing surveillance.⁴

Practical limitations. The effectiveness of surface warming is constrained by surgical exposure requirements, as uncovered areas limit heat transfer. Device choice must align with patient positioning and operative access.^{4,9} Additionally, surface warming relies on adequate peripheral perfusion; hypovolemia, vasoconstriction, or low cardiac output may blunt central heat transfer, necessitating adjunctive measures such as pre-warming or warmed infusions. Operational factors—including preoperative time, staffing, costs, and disposable use—also influence feasibility and sustainability.

Validation challenges. Bench testing evaluates parameters such as heater accuracy and temperature stability under controlled conditions that may not reflect clinical realities. Furthermore, studies vary widely in temperature measurement sites, definitions of hypothermia, timing of assessment, and use of co-interventions, limiting comparability.^{9,18} Device-specific design differences further complicate interpretation. Regulatory approval pathways focus on safety and equivalence rather than comparative clinical effectiveness, making independent trials and post-market surveillance crucial.

Mitigation strategies and future directions.

Best practice includes strict adherence to manufacturer guidance, routine equipment maintenance, and standardized monitoring of core temperature.¹⁷ Multimodal, protocol-driven warming bundles reduce reliance on single devices and improve reliability.⁸ Future research should prioritize harmonized validation protocols linking bench performance to clinical endpoints, large pragmatic trials, robust surveillance systems, and consideration of environmental and cost-effectiveness impacts to guide sustainable perioperative warming strategies.

Practical Implementation and Cost-Effectiveness

This section translates evidence into operational guidance for perioperative teams and summarizes economic considerations when selecting and implementing active warming technologies.

A. Practical implementation

Preoperative screening and pre-warming.

All surgical patients should be risk stratified on arrival based on procedure type, expected duration, anticipated fluid or blood loss, baseline temperature, age, body mass index, and thermoregulatory impairment. Patients at moderate to high risk should be prioritized for active warming bundles.¹¹⁶ When feasible, pre-warming with forced-air or resistive systems for 15 - 30 minutes before induction increases peripheral heat content and attenuates redistribution hypothermia. Start and stop times should be documented.

Intraoperative device selection and timing.

Surface warming should be initiated at induction and continued intraoperatively until normothermia is achieved.¹⁶ Forced-air warming (FAW) remains the preferred backbone strategy due to its strong evidence base.¹⁵ Blanket configuration (upper, lower, or underbody) should maximize covered surface area without interfering with the sterile field.⁴ Intravenous fluid and blood warmers should be added when large or rapid infusions are anticipated, and conductive or underbody systems may be used when FAW access is limited.^{7,11} Multimodal strategies (pre-warming + FAW + IV fluid warming) are consistently most effective. Device temperatures and flow rates must follow manufacturer recommendations.¹⁷

Temperature monitoring and recovery.

Core temperature should be monitored using reliable sites (e.g., esophageal, nasopharyngeal, or bladder) and recorded at baseline and regular intraoperative intervals.¹⁷ Protocols should specify escalation thresholds (e.g., <36°C). Active warming should continue into the post-anesthesia care unit until the patient maintains normothermia and is comfortable, with clear handover documentation.

Safety, infection control, and training.

Routine device maintenance, alarm recognition, and proper use of disposables reduce thermal and electrical risks.²⁰ Current evidence does not mandate discontinuation of FAW for infection concerns; appropriate device use, intact disposables, and ongoing surgical site infection surveillance are recommended. Staff competency training and integration of warming steps into perioperative checklists improve compliance and outcomes.

B. Cost-effectiveness and procurement

Costs and savings. Direct costs include capital equipment, disposables, and maintenance, while operational costs relate to staff time and energy use. These are often offset by indirect savings from reduced transfusions, fewer wound complications, shorter recovery times, and decreased length of stay.^{2-3,8}

Economic evidence and procurement.

Economic models consistently show FAW—often combined with warmed fluids—to be cost-effective for intermediate and major surgeries. The magnitude of benefit depends on baseline hypothermia rates, case mix, and staffing costs. Institutions are encouraged to perform local cost modeling and align procurement with surgical volume, transfusion risk, and sustainability considerations, favoring bundled and protocolized warming strategies to maximize clinical and economic benefit.^{7,15,18}

Future Perspectives

Advances in perioperative thermal management have reduced the incidence of inadvertent hypothermia, yet important opportunities remain to improve effectiveness, safety, personalization, sustainability, and evidence standards. Future progress will require coordinated innovation across technology, research, regulation, and health systems.

Smart, closed-loop warming system represent a key technological frontier.

Unlike current open-loop devices, closed-loop platforms could automatically adjust heat delivery using continuous core-temperature feedback. Integration with reliable monitoring and adaptive control algorithms may enable tighter temperature control, reduce thermal overshoot, and trigger alerts when heat transfer is insufficient.^{9,17} Future research should focus on validating controller safety, robustness across patient populations, and superiority for clinically meaningful outcomes.

Personalization and predictive analytics offer opportunities to tailor warming strategies to individual risk. Predictive models incorporating patient characteristics, procedural factors, and intraoperative trends could guide the timing of pre-warming, device selection, and temperature targets. Machine-learning approaches using large perioperative datasets may optimize resource allocation and improve outcomes, particularly where pre-warming capacity is limited.^{2,8}

Device miniaturization and novel modalities

are expanding warming options beyond the operating room. Wearable or low-profile systems may enhance preoperative, postoperative, and transport warming, while hybrid resistive–convective technologies could improve responsiveness and coverage. Validation must emphasize comfort, mobility, and safety alongside efficacy.⁹

Standardized validation protocols remain a critical gap. Harmonized bench tests linked to core clinical outcomes—such as defined temperature thresholds, shivering, transfusion needs, and infection rates—would improve device comparison and procurement decisions.^{3,15,18} Consensus reporting standards detailing device models, settings, and measurement methods are essential.

Regulatory pathways and post-market surveillance should increasingly emphasize real-world performance. Comparative effectiveness studies, clinical registries, and transparent reporting of device testing and adverse events will strengthen safety oversight and guide practice.⁹

Sustainability considerations are increasingly important. Development of reusable or recyclable components, energy-efficient heaters, and life-cycle–informed procurement can reduce environmental and financial burdens without compromising patient safety.^{2,20}

Implementation science and equity must accompany technological advances. Pragmatic, multicenter trials of warming bundles, embedded economic evaluations, and context-specific adaptations are needed to ensure effective uptake across diverse healthcare settings, including low-resource environments.^{2,7,16}

Conclusion

Perioperative hypothermia remains a common and clinically important problem, contributing to increased morbidity, delayed recovery, and patient discomfort. Evidence from bench testing, randomized

controlled trials, and systematic reviews consistently shows that active warming technologies—particularly Forced-Air Warming (FAW), warming mattresses, and intravenous fluid warmers (IVFW)—are effective in maintaining perioperative normothermia when appropriately applied. Each modality acts through a distinct mechanism, and understanding these principles enables clinicians to tailor warming strategies to surgical type, patient physiology, and intraoperative risk.

Comparative evidence highlights that multimodal approaches, combining pre-warming, intraoperative surface warming, and warmed fluid administration,

provide the most reliable protection against hypothermia, especially in high-risk patients and major procedures. Successful implementation requires attention to timing, monitoring, staff training, and safety protocols, while economic analyses suggest that structured warming bundles are cost-effective by reducing complications and recovery time.

Future advances in smart, personalized warming systems and standardized validation frameworks are expected to further enhance safety, effectiveness, and patient-centered perioperative care.

Table 1 Comparative Overview of Perioperative Warming Modalities

Dimension	Forced-Air Warming (FAW)	Warming Mattresses (Conductive Systems)	Intravenous Fluid Warmers (IVFW)
Primary mechanism	Convective heat transfer via warmed airflow through disposable blankets	Conductive heat transfer via direct contact with a heated surface	Internal heat delivery via warmed intravenous fluids
Bench validation	Demonstrates precise outlet temperature control, stable airflow distribution, and rapid thermal responsiveness	Provides stable and controlled surface temperatures when continuous contact is maintained	Performance varies across devices; modern systems maintain target temperatures even at high flow rates
Effect on core temperature	High effectiveness; most effective single modality for maintaining normothermia	Low–moderate; primarily improves peripheral temperature rather than core temperature	Moderate; particularly effective during large-volume or rapid infusions
Impact on surgical site infection (SSI)	Some trials report reduced SSI rates ⁷	No direct effect on SSI	No direct effect on SSI
Role in multimodal warming	Core component and primary warming modality	Adjunctive modality, particularly in prolonged or high heat-loss procedures	Essential adjunct in cases involving major fluid administration

Dimension	Forced-Air Warming (FAW)	Warming Mattresses (Conductive Systems)	Intravenous Fluid Warmers (IVFW)
Guideline recommendations	Recommended as first-line active warming by NICE ² and endorsed by Cochrane reviews	Recommended only as part of combined strategies, not as sole warming method	Recommended in conjunction with FAW when large-volume fluid or blood administration is anticipated
Safety profile	No evidence of increased SSI risk when used appropriately; well-established safety record	Risk of pressure injury or thermal burns if improperly positioned or monitored	Depends on accurate temperature sensors; risk of overheating if malfunction occurs
Key limitations	May interfere with surgical access in some operative fields; requires disposable blankets	Reduced effectiveness when contact is interrupted; limited use in surgeries requiring special positioning	Does not address cutaneous or evaporative heat loss
Suitability by surgical type	Applicable to most surgical procedures and anesthesia techniques	Limited in procedures requiring non-supine positioning	Best suited for trauma, major surgery, and massive transfusion scenarios
Effect on redistribution hypothermia	Highly effective, especially with prewarming	Limited	No direct effect
Cost-effectiveness	High; associated with reduced SSI, bleeding, and faster recovery	Cost-effective as an adjunct, not as standalone therapy	Cost-effective in high-risk patients requiring substantial fluid replacement
Role in Enhanced Recovery After Surgery (ERAS) protocols	Primary equipment of ERAS in perioperative temperature management	Supportive role in high-risk or prolonged procedures	Recommended adjunct to FAW in multimodal ERAS strategies

*Data summarized from randomized controlled trials, systematic reviews, and international guidelines.^{3,6-7,13-15}

References

1. Yi J, Lei Y, Xu S, et al. Intraoperative hypothermia and its clinical outcomes in patients undergoing general anesthesia: National study in China. *PLoS One*. 2017; 12(6):e0177221. doi:10.1371/journal.pone.0177221
2. Xu H, Wang Z, Lu Y, et al. Value of active warming devices for intraoperative hypothermia prevention: a meta-analysis and cost-benefit analysis. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(21):11360. doi:10.3390/ijerph182111360
3. Riley C, Andrzejowski J. Inadvertent perioperative hypothermia. *BJA Educ*. 2018 Aug;18(8):227-233. doi:10.1016/j.bjae.2018.05.003.
4. Ackermann W, Carvalho B, Sessler DI. Forced-air warming and resistive heating devices. *Front Surg*. 2018;5:64. doi:10.3389/fsurg.2018.00064
5. Rauch S, Miller C, Bräuer A, Wallner B, Bock M, Paal P. Perioperative Hypothermia-A Narrative Review. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(16):8749. doi:10.3390/ijerph18168749
6. Meço BC. *Effective implementation of anaesthesiology guidelines to improve patient safety*. <https://esaic.org/effective-implementation-of-anaesthesiology-guidelines-to-improve-patient-safety>. Accessed March 23, 2026.
7. Sessler DI. Perioperative thermoregulation and heat balance. *Lancet*. 2016;387(10038): 2655-2664. doi:10.1016/S0140-6736(15)00981-2
8. Zhang B, Zhou H, Wang X, Zheng Y, Hu L. Advances in the multimodal management of perioperative hypothermia: approaches from traditional Chinese and Western medicine. *Perioper Med (Lond)*. 2024;13(1):107. doi:10.1186/s13741-024-00465-w
9. John M, Ford J, Harper M. Peri-operative warming devices: performance and clinical application. *Anaesthesia*. 2014;69(6):623-638. doi:10.1111/anae.12626
10. John M, Crook D, Dasari K, et al. Comparison of resistive heating and forced-air warming to prevent inadvertent perioperative hypothermia. *Br J Anaesth*. 2016;116(2):249-254. doi:10.1093/bja/aev412.
11. Zaman SS, Rahmani F, Majedi MA, Roshani D, Valiee S. A Clinical Trial of the Effect of Warm Intravenous Fluids on Core Temperature and Shivering in Patients Undergoing Abdominal Surgery. *J Perianesth Nurs*. 2018;33(5): 616-625. doi:10.1016/j.jopan.2016.12.010
12. Alcan AO, Aygün H, Kurt C. Resistive warming mattress, forced-air warming system, or a combination of the two in the prevention of intraoperative inadvertent hypothermia: a randomized trial. *J Perianesth Nurs*. 2023;38(4):611-615. doi:10.1016/j.jopan.2022.11.007.
13. Yoo JH, Ok SY, Kim SH, Chung JW, Park SY, Kim MG, Cho HB, Song SH, Cho CY, Oh HC. Efficacy of active forced air warming during induction of anesthesia to prevent inadvertent perioperative hypothermia in intraoperative warming, a randomized controlled trial. *Medicine (Baltimore)*. 2021; 100(12):e25235. doi:10.1097/MD.00000000000025235.
14. Simegn GD, Bayable SD, Fetene MB. Prevention and management of perioperative hypothermia in adult elective surgical patients: a systematic review. *Ann Med Surg (Lond)*. 2021;72:103059. doi:10.1016/j.amsu.2021.103059
15. Babiker Mohamed MA, Abdelwahab Abdelkarim WA, Salih Aabdeen MA, Ellobid Ahmed TH, Sarsour HHH, El-Malky AM, Amer YS, Alsaleh N, Nazer RI. Evidence-based clinical practice guidelines for the management of perioperative hypothermia: Systematic review, critical appraisal, and quality assessment with the AGREE II instrument. *Ann Med Surg (Lond)*. 2022 May 31;79:103887. doi: 10.1016/j.amsu.2022.103887.
16. National Institute for Health and Care Excellence. Hypothermia: prevention and management in adults having surgery

(CG65). <https://www.nice.org.uk/guidance/cg65>. Accessed February 10, 2026.

17. International Organization for Standardization. ISO 80601-2-56:2017. Medical electrical equipment—Part 2-56: Particular requirements for basic safety and essential performance of clinical thermometers. <https://www.iso.org/standard/69456.html>. Accessed February 10, 2026.
18. Ji N, Wang J, Li X, Shang Y. Strategies for perioperative hypothermia management: advances in warming techniques and clinical implications: a narrative review. *BMC Surg*. 2024;24:425. doi:10.1186/s12893-024-02729-0.
19. Yoo JH, Sung TY, Oh CS. Cold temperatures, hot risks: perioperative hypothermia in geriatric patients - a narrative review. *Anesth Pain Med (Seoul)*. 2025;20(3):189-199. doi:10.17085/apm.25294
20. Grimmett WG. A reminder of the risk of burns with external heating devices in anaesthetised patients. *Anaesth Intensive Care*. 2023; 51(3):223-225. doi:10.1177/0310057X22114110

References

Tanphan N, Posri N, Thakhat S, and Vichitvejpaisal P. Active Warming Technologies for Preventing Perioperative Hypothermia: A Narrative Review of Evidence and Clinical Practice. *J Chulabhorn Royal Acad*. 2026;8(4): 398-408. <https://he02.tci-thaijo.org/index.php/jcra/article/view/279726>

Online Access

<https://he02.tci-thaijo.org/index.php/jcra/article/view/279726>



คำแนะนำสำหรับผู้เขียน

การประเมินบทความ (Peer Review Process)

บทความที่ลงตีพิมพ์ในวารสารฯ จะต้องผ่านการพิจารณาให้ความเห็น ทบทวน และตรวจสอบ วิพากษ์ วิวิจารณ์ ความถูกต้องเหมาะสมทางวิชาการ จากผู้ทรงคุณวุฒิในสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง จำนวนอย่างน้อย 3 ท่าน ตอบบทความในรูปแบบพิชญพิจารณา (Peer-Review) ก่อนลงตีพิมพ์ และเป็นการประเมินแบบการปกปิดสองทาง (Double blinded review)

ขั้นตอนการส่งบทความและการประเมินบทความมีดังต่อไปนี้

1. ผู้เขียนส่งไฟล์บทความไปยังระบบวารสารอิเล็กทรอนิกส์ของราชวิทยาลัยจุฬาภรณ์
<https://www.tci-thaijo.org/index.php/jcra>
2. กองบรรณาธิการดำเนินการแจ้งให้ผู้เขียนทราบ เมื่อกองบรรณาธิการได้รับไฟล์บทความเรียบร้อยแล้ว
3. กองบรรณาธิการดำเนินการตรวจสอบหัวข้อ บทคัดย่อ และเนื้อหาของบทความ รูปแบบการจัดพิมพ์บทความ ประเด็นทางจริยธรรม ตรวจสอบการคัดลอกบทความ (Plagiarism Checker) และความเหมาะสม และสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของวารสาร รวมถึงประโยชน์ในเชิงทฤษฎีและเชิงปฏิบัติในเบื้องต้น
4. ในกรณีที่กองบรรณาธิการพิจารณาเห็นควรรับไว้พิจารณาตีพิมพ์ กองบรรณาธิการจะดำเนินการจัดส่งบทความเพื่อทำการกลั่นกรองต่อไปโดย ส่งให้ผู้ทรงคุณวุฒิในสาขาที่เกี่ยวข้อง เพื่อตรวจสอบคุณภาพของบทความว่าอยู่ในระดับที่เหมาะสมที่จะลงตีพิมพ์หรือไม่ กระบวนการพิจารณาการกลั่นกรองนี้เป็นการประเมินแบบปกปิดสองทาง (Double blind review) กล่าวคือ จะไม่เปิดเผยชื่อผู้ส่งบทความให้ผู้ทรงคุณวุฒิทราบ และจะไม่เปิดเผยชื่อผู้ทรงคุณวุฒิให้ผู้เขียนทราบ และกองบรรณาธิการจะไม่เปิดเผยทั้งชื่อผู้เขียนและชื่อผู้ทรงคุณวุฒิให้บุคคลอื่น ทราบด้วยเช่นกัน
5. เมื่อบทความได้รับการทบทวน ประเมิน วิวิจารณ์ จากผู้ทรงคุณวุฒิ และมีความเห็นอย่างไร กองบรรณาธิการจะดำเนินการดังต่อไปนี้
 - กรณีมีความเห็นให้ ผู้เขียนแก้ไขบทความ (Revision Require) กองบรรณาธิการจะจัดส่งผลการประเมิน รวมถึงคำแนะนำจากบรรณาธิการให้ผู้เขียน แก้ไขบทความ และเมื่อแก้ไขเสร็จแล้วให้ส่งกลับคืนมายังบรรณาธิการ และพิจารณาใหม่อีกครั้ง โดยอาจส่งให้ผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบผลการแก้ไข หรือบรรณาธิการตรวจสอบด้วยตนเอง ซึ่งหากต้องมีการแก้ไขในรอบที่สอง (round 2) ก็จะสามารถส่งกลับไปยังผู้เขียนให้แก้ไข และตรวจสอบผลการแก้ไข จนกว่าจะมีเนื้อหาบทความสมบูรณ์
 - กรณีมีความเห็นให้ ปฏิเสธการรับตีพิมพ์ (Decline Submission) กองบรรณาธิการจะส่งจดหมายแจ้งผลดังกล่าวให้ผู้เขียนรับทราบ พร้อมทั้งเหตุผลของการปฏิเสธการรับ
 - กรณีมีความเห็นให้ ตอรับการตีพิมพ์ (Accept Submission) กองบรรณาธิการจะแจ้งผู้เขียนให้ทราบ และดำเนินการส่งไฟล์บทความเข้าสู่ขั้นตอนการปรับแก้ต้นฉบับ การพิสูจน์อักษร และการจัดรูปแบบเอกสารตามเทมเพลตบทความของวารสารก่อนนำไปเผยแพร่ โดยทีมผู้ช่วยบรรณาธิการวารสาร

หลังจากบรรณาธิการได้ส่งข้อมูลการแก้ไขจากผลการประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิให้กับผู้เขียนให้ผู้เขียนแก้ไขเอกสารและจัดทำตารางสรุปผลการแก้ไขส่งกลับบรรณาธิการดังนี้

ตารางที่ 1 การแก้ไขบทความตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ

คำแนะนำของผู้ทรงฯ	รายละเอียดการแก้ไข	หลักฐานการแก้ไข	ไม่แก้ไข
คนที่ 1 ระบุข้อเสนอแนะของผู้ประเมิน คนที่ 1 ทุกข้อ	แก้ไขจากเดิม เป็น	ปรากฏในหน้าที่	ระบุเหตุผลและหลักฐานทางวิชาการ
คนที่ 2 ระบุข้อเสนอแนะของผู้ประเมินคน ที่ 2 ทุกข้อ	แก้ไขจากเดิม เป็น	ปรากฏในหน้าที่	ระบุเหตุผลและหลักฐานทางวิชาการ
คนที่ 3 ระบุข้อเสนอแนะของผู้ประเมินคน ที่ 3 ทุกข้อ	แก้ไขจากเดิม เป็น	ปรากฏในหน้าที่	ระบุเหตุผลและหลักฐานทางวิชาการ

ทั้งนี้ กิจกรรมการพิจารณาบทความทั้งหมด ต้องดำเนินการผ่านทางระบบวารสารอิเล็กทรอนิกส์ของวารสารภายในเว็บไซต์ Thai Journal Online (ThaiJO) URL : <https://www.tci-thaijo.org> ซึ่งรับผิดชอบดูแลระบบโดยศูนย์ TCI และศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (National Electronics and Computer Technology Center ; NECTEC) เพื่อให้การทำงานเป็นระบบวารสารของราชวิทยาลัยฯ เป็นไปตามมาตรฐานสากล

ลิขสิทธิ์และสิทธิให้ใช้บทความ (Copyright and Right)

วารสารวิชาการราชวิทยาลัยจุฬาภรณ์ เป็นวารสารในรูปแบบเปิด (Open Access) ผู้ใช้ทั่วไปหรือระบบสารสนเทศของหน่วยงาน ฐานข้อมูลอัตโนมัติ ระบบห้องสมุดอัตโนมัติ สามารถเข้าถึงดาวน์โหลดเอกสารไฟล์บทความบนเว็บไซต์วารสาร โดยไม่มีค่าใช้จ่ายแต่อย่างใด

ข้อความภายในบทความที่ตีพิมพ์ในวารสารวิชาการราชวิทยาลัยจุฬาภรณ์ทั้งหมด รวมถึงรูปภาพประกอบตารางเป็นลิขสิทธิ์ของราชวิทยาลัยจุฬาภรณ์ การนำเนื้อหา ข้อความหรือข้อคิดเห็น รูปภาพ ตาราง ของบทความไปจัดพิมพ์เผยแพร่ในรูปแบบต่าง ๆ เพื่อใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ ต้องได้รับอนุญาตจากกองบรรณาธิการวารสารอย่างเป็นลายลักษณ์อักษร

ราชวิทยาลัยฯ อนุญาตให้สามารถนำไฟล์บทความไปใช้ประโยชน์และเผยแพร่ต่อได้ โดยอยู่ภายใต้เงื่อนไขสัญญาอนุญาตครีเอทีฟคอมมอน (Creative Commons License : CC) โดย ต้องแสดงที่มาจากวารสาร – ไม่ใช่เพื่อการค้า – ห้ามแก้ไขดัดแปลง, Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International (CC BY-NC-ND 4.0) ข้อความที่ปรากฏในบทความในวารสารเป็นความคิดเห็นส่วนตัวของผู้เขียนแต่ละท่านไม่เกี่ยวข้องกับราชวิทยาลัยจุฬาภรณ์ และบุคลากร คณะอาจารย์ท่านอื่น ๆ ในราชวิทยาลัยฯ แต่อย่างใด ความรับผิดชอบ องค์ประกอบทั้งหมดของบทความแต่ละเรื่องเป็นของผู้เขียนแต่ละท่าน หากมีความผิดพลาดใด ๆ ผู้เขียนแต่ละท่านจะรับผิดชอบบทความของตนเอง ตลอดจนความรับผิดชอบด้านเนื้อหา และการตรวจร่างบทความเป็นของผู้เขียน ไม่เกี่ยวข้องกับกองบรรณาธิการ

นโยบายการจัดเก็บข้อมูลระยะยาว (Archiving)

วารสารมีการจัดเก็บข้อมูลในระยะยาวโดยเข้าสู่ระบบฐานข้อมูล Thai Journal Online ซึ่งเป็นฐานข้อมูลวารสารวิชาการอิเล็กทรอนิกส์ของประเทศไทย

นโยบายจริยธรรมการทดลอง (Research Integrity Policy)

บทความจากงานวิจัยที่ส่งเข้ามารับการตีพิมพ์และเกี่ยวข้องกับการทำวิจัยในมนุษย์ ต้องได้รับการอนุมัติจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคนจากสถาบันที่ผ่านการรับรองจากสำนักงานมาตรฐานการวิจัยในคน สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ และเป็นไปตามมาตรฐานจริยธรรมและกฎหมายสากล สำหรับการทดลองในสัตว์ทดลองต้องผ่านการรับรองจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการใช้สัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์ เช่นกัน และอยู่ภายใต้หลักพระราชบัญญัติสัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์ พ.ศ. 2558

นอกจากนี้วารสารคาดหวังให้ผู้เขียนเคารพสิทธิความเป็นส่วนตัว (privacy) ของผู้เข้าร่วมการวิจัย และได้รับความยินยอมที่จะนำข้อมูลมาเผยแพร่ก่อนที่จะส่งบทความมายังวารสาร สำหรับข้อมูลและเอกสารต่าง ๆ ผู้เขียนจะต้องส่งหลักฐาน แนบมาพร้อมกับบทความ หรือส่งมาภายหลังเมื่อบทความได้รับการตีพิมพ์และกองบรรณาธิการร้องขอไป โดยจัดส่งเป็นไฟล์หลักฐานผ่านระบบวารสารออนไลน์

นโยบายการจัดการผลประโยชน์ทับซ้อน (Conflict of Interest/Competing Interest Policy)

วารสารมีนโยบายที่จะหลีกเลี่ยงต่อการขัดกันของผลประโยชน์ ในกลุ่มกองบรรณาธิการ ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความ ผู้เขียนทุกท่าน เพื่อให้การตีพิมพ์บทความมีความโปร่งใสทางวิชาการ ดังนั้นในกรณีที่ฝ่ายใดฝ่ายหนึ่งมีความเกี่ยวข้องทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อบทความ ผู้เขียนหลัก (Corresponding Author) ต้องแจ้งให้กับบรรณาธิการทราบถึงเหตุความสัมพันธ์ดังกล่าวอย่างเป็นลายลักษณ์อักษร หรือผ่านการส่งข้อความผ่านระบบเว็บไซต์วารสาร

สำหรับผู้เขียน ต้องมีการใช้ข้อมูลในการเขียนงานวิจัยโดยไม่มีส่วนเกี่ยวข้องที่อาจทำให้เกิดความโน้มเอียงในงานวิจัย ในผลการศึกษา สรุปผล หรือ การอภิปรายผล โดยเฉพาะผลประโยชน์ทางตรงหรือทางอ้อมต่อการทำงานวิจัย อาทิเช่น การรับการสนับสนุนงบประมาณ ค่าเดินทาง ค่าใช้จ่าย ค่าตอบแทน ค่าทำวิจัยจากบริษัทเอกชน รวมถึงการได้ผลประโยชน์อย่างใดอย่างหนึ่งต่อการทำงานวิจัยจากบริษัทเอกชนหรือหน่วยงาน หรือผู้เขียนเป็นสมาชิกขององค์กรเอกชนหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้

สำหรับผู้ทรงคุณวุฒิประเมินบทความ ควรให้ข้อมูลต่อบรรณาธิการผู้รับผิดชอบบทความ หากคาดว่าจะมีผลประโยชน์เกี่ยวข้องกับงานวิจัย ให้แจ้งต่อบรรณาธิการ เพื่อยืนยันความโปร่งใสต่อการประเมินบทความ ทั้งนี้ การเกี่ยวข้องย่อมมีโอกาสเกิดขึ้นได้เสมอ บรรณาธิการจะเป็นผู้พิจารณาให้ความเห็นในการยอมรับต่อการประเมินบทความอีกครั้ง

การจัดเตรียมต้นฉบับ

ต้นฉบับที่ส่งมาเพื่อลงตีพิมพ์ในวารสารวิชาการราชวิทยาลัยจุฬาภรณ์ ผู้เขียนสามารถจัดเตรียมต้นฉบับได้ทั้งในรูปแบบภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ได้ตามข้อกำหนดของวารสารฯ ดังต่อไปนี้

1. บทความจัดพิมพ์ลงบนขนาดกระดาษ A4 (21×29.7 ซม.) และมีความยาวอยู่ระหว่าง 10 - 15 หน้าให้ตั้งค่าน้ำกระดาษโดยเว้นระยะขอบบน 3.81 ซม. ขอบล่าง 2.54 ซม. ขอบซ้าย 3.81 ซม. และขอบขวา 2.54 ซม.
2. การพิมพ์ด้วยโปรแกรมไมโครซอฟท์เวิร์ด (Microsoft Word) พิมพ์หน้าเดียว 1 คอลัมน์ ระยะห่างบรรทัด 1 เท่า (single space) ด้วยรูปแบบอักษร (font) TH Sarabun New ขนาด 16 ตัวอักษรต่อนิ้ว ทั้งอักษรภาษาไทยและภาษาอังกฤษ
3. การใช้ภาษาไทยให้ยึดคำสะกดและคำแปลความหมายตามหลักราชบัณฑิตยสถาน โดยใช้ภาษาไทยเป็นหลักและใช้ภาษาอังกฤษในกรณีที่ไม่มีคำสะกดในภาษาไทยหรือมีความจำเป็นการใช้ อักษรย่อต้องเขียนคำเต็มไว้ในการเขียนในครั้งแรกก่อน และไม่ใช้คำย่อที่ไม่เป็นมาตรฐานยกเว้นการย่อเพื่อเขียนเนื้อหาให้กระชับขึ้น การแปลศัพท์อังกฤษเป็นไทย หรือการเขียนทับศัพท์ให้ยึดตามหลักราชบัณฑิตยสถาน
4. รูปแบบการเขียนแต่ละเนื้อหาให้มีรายละเอียดแนวทางการปฏิบัติดังนี้

หน้าแรก (สำหรับ บทความวิจัย และ บทความวิชาการ)

- **ชื่อเรื่อง (Title)** ชื่อเรื่องควรสั้นกะทัดรัดและสื่อถึงเป้าหมายหลักของบทความ ความยาวไม่ควรเกิน 120 ตัวอักษร ชื่อเรื่องสำหรับบทความภาษาไทย ต้องมีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ
- **ชื่อผู้เขียน (Author name)** เขียนต่อจากชื่อเรื่องต้องมีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษพร้อมไม่ใส่ยศหรือตำแหน่งวิชาการ ในกรณีที่ผู้เขียนมากกว่า 1 คน ให้เรียงชื่อตามลำดับตามการมีส่วนร่วมเชิงปัญญา เริ่มจากชื่อแรกมากที่สุดถึงชื่อสุดท้ายน้อยที่สุด พร้อมทั้งแสดงสังกัดหน่วยงานของผู้เขียนทุกคนขณะทำการวิจัย และ e-mail เฉพาะของผู้รับผิดชอบหลักบทความ (Corresponding author) แทรกเป็นตัวเลขเชิงอรรถตามลำดับด้านท้ายหน้าแรก
- **บทคัดย่อ (Abstract)** เขียนเนื้อความย่อตามลำดับโครงสร้างของบทความ ได้แก่ ความสำคัญวัตถุประสงค์ (Background and Purpose) วิธีการศึกษา (Methods) ผลการศึกษา (Results) และบทสรุป (Conclusions) โดยใช้ภาษาเหมาะสมไม่ฟุ่มเฟือยคำ เป็นประโยคสมบูรณ์และสื่อความหมายได้ชัดเจนอย่างกระชับ อ่านเข้าใจง่าย ไม่ซับซ้อน เขียนแยกสองภาษาในภาษาไทยและภาษาอังกฤษ เริ่มบทคัดย่อภาษาไทยก่อนบทคัดย่อภาษาอังกฤษ โดยบทคัดย่อภาษาไทยไม่ควรเกิน 300 คำ และบทคัดย่อภาษาอังกฤษไม่ควรเกิน 250 คำ
- **คำสำคัญ (Keywords)** ระบุคำสำคัญในแต่ละภาษา เขียนด้านท้ายบทคัดย่อ ให้ใช้คำที่สื่อความหมายกับเนื้อหาของงานวิจัย จำนวน 3-5 คำ เรียงลำดับตามตัวอักษร

ส่วนเนื้อหาของบทความ (สำหรับ บทความวิจัย)

- **บทนำ (Introduction)** เขียนแสดงที่มาและความสำคัญของปัญหา แนวคิดและทฤษฎี วัตถุประสงค์ เหตุผลความจำเป็นของการศึกษา มีการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับบทความและตรงกับวัตถุประสงค์โดยให้ข้อมูลและอ้างอิงงานทางวิชาการที่เกี่ยวข้อง ควรอ้างเอกสารจากบทความทางวิชาการเป็นหลัก ไม่ควรอ้างข้อมูลบนหน้าเว็บไซต์ทั่วไป (ที่ไม่ใช่ eJournal) ไม่ควรคัดลอกข้อความเนื้อหาของเอกสารอื่นมาอ้างทั้งข้อความ และไม่ควรใช้เอกสารที่เก่าเกินกว่า 10 ปี นำมาอ้าง (ยกเว้นเป็นทฤษฎี ระเบียบ ข้อกฎหมาย หรือเนื้อหาสำคัญ)
- **วิธีการศึกษา (Methods)** ให้ระบุระเบียบวิธีการวิจัยหรือการศึกษา เครื่องมือวิจัย (ถ้ามี) ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง (ถ้ามี) วิธีเก็บรวบรวมข้อมูล วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล เครื่องมือทางสถิติที่ใช้ การจัดทำเนื้อหาอาจแยกหัวข้อย่อยหรือแบ่งย่อหน้าตามหัวข้อย่อยได้ กรณีการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับมนุษย์หรือสัตว์ทดลอง ผู้เขียนต้องมีเอกสารระบุว่าโครงการวิจัยผ่านความเห็นชอบจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์หรือสัตว์ทดลอง พร้อมทั้งระบุเลขอนุมัติโครงการ และส่งหลักฐานมาเพื่อประกอบการพิจารณา และต้องระมัดระวังต่อการแสดงเนื้อหาที่ขัดต่อจริยธรรมการวิจัยและจริยธรรมการตีพิมพ์บทความ (ตามนโยบายของ CI Policy)

- **ผลการศึกษา (Results)** ให้เขียนรายงานผลการศึกษาหรือผลการทดลอง โดยเป็นการบรรยายเนื้อหาจากข้อมูลทางสถิติที่ค้นพบจากงานวิจัย และ/หรือ ผ่านทางตาราง หรือ รูปภาพ หรือ แผนภูมิ
- **อภิปรายผล (Discussion)** ส่วนนี้ควรวิเคราะห์ สังเคราะห์ อภิปรายข้อมูลที่ได้มาจากการวิจัยข้างต้นร่วมกับมีการอ้างอิงงานทางวิชาการที่เกี่ยวข้องอื่น ไม่ใช้การอธิบายโดยไม่มีหลักการงานวิจัยอ้างอิงใด ๆ
- **บทสรุป (Conclusions)** เขียนสรุปสิ่งที่ได้ดำเนินการและแสดงให้เห็นความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การวิจัยจากข้อมูลของผลการศึกษาและการอภิปราย ผู้เขียนสามารถแสดงทัศนะทางวิชาการของตนได้ มีลำดับของเนื้อหาทั้งส่วนนำเนื้อหาและบทสรุปที่เหมาะสมและอ่านเข้าใจได้ง่าย **พร้อมทั้งประโยชน์ที่ได้จากงานวิจัย และให้ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยต่อไปในอนาคต**

ส่วนเนื้อหาของบทความ (สำหรับ บทความวิชาการ)

- **บทนำ (Introduction)** เขียนแสดงที่มา ที่ไป ภูมิหลัง ความสำคัญ ขอบเขตของเรื่องที่ต้องการอธิบาย แสดงวัตถุประสงค์ และอาจให้ข้อมูลถึงประโยชน์ที่จะได้รับจากบทความ โดยสามารถอ้างอิงเอกสารร่วมด้วยเพื่อเน้นย้ำในประเด็นของหัวข้อดังกล่าว ความยาวของบทนำควรอยู่ระหว่าง 5-10% ของส่วนเนื้อหา
- **เนื้อหา** ผู้เขียนสามารถเขียนอธิบาย วิธีการ หลักการทฤษฎี วิธีการรวบรวมข้อมูล และให้เหตุผลของประเด็นที่เขียนโดยอาศัยตาราง รูปภาพ แผนภูมิ เพื่อประกอบคำอธิบายและอ้างอิงเอกสารร่วมด้วยโครงสร้างการเขียนสามารถเรียงลำดับหัวข้อตามความเหมาะสมของผู้เขียนอย่างเป็นลำดับ แต่ละหัวข้อมีความสมบูรณ์ในตนเอง ไม่ยาวไปหรือมากจนเกินไปจากสัดส่วนของบทความทั้งหมด
- **บทสรุป (Conclusions)** เขียนสรุปสิ่งที่ได้อธิบายความ ข้อดีข้อเสีย หรือเสริมส่วนที่ไม่ปรากฏในเนื้อหาหรือย้ำในสิ่งสำคัญของเรื่อง และ แนวทางการนำไปใช้ประโยชน์ต่อ หรือตัดสินใจในประเด็นที่ปรากฏในงานเขียนอย่างไรก็ดีไม่ควรเขียนนอกเรื่องที่ไม่ปรากฏในบทความ

การอ้างในเนื้อหาและเอกสารอ้างอิง (Cite and References)

- วารสารวิชาการราชวิทยาลัยจุฬาภรณ์ใช้การอ้างอิงและเอกสารอ้างอิงแบบ AMA (American Medical Association) โดยมีรายละเอียดดังนี้
- เอกสารอ้างอิงไม่ควรเกิน 30 รายการ
- ควรให้ความสำคัญกับอ้างอิง บทความที่ได้รับการตีพิมพ์ (Peer Review Article) แล้วในวารสารวิชาการ (Scholarly Journal) หรือ บทในหนังสือที่ผ่านการประเมิน (Peer-reviewed books) และไม่ควรย้อนหลังเกิน 10 ปีจากวันที่เขียน กรณีอ้างอิงเอกสารจากการประชุมวิชาการไม่ควรเกิน 2 ปี หลังการประชุม และควรระบุแหล่งข้อมูลถาวรที่เข้าถึงได้จาก DOI (ถ้ามี)
- การอ้างอิงวิทยานิพนธ์ ควรค้นหาเอกสารเพิ่มเติมว่า วิทยานิพนธ์ดังกล่าวได้รับการตีพิมพ์เป็นบทความ ในวารสารวิชาการ/การประชุมวิชาการ หรือไม่ และให้อ้างอิงจากแหล่งข้อมูลนั้นยกเว้นค้นหาไม่พบ
- ไม่ควรอ้างอิงบทความหรือเนื้อหาเว็บไซต์ส่วนบุคคลบนอินเทอร์เน็ต รวมถึงเว็บ Wikipedia และหากเป็นการอ้างอิงเว็บไซต์หน่วยงาน ให้ระบุ URL และวันที่เข้าถึง
- การอ้างอิงในเนื้อหา เป็นระบบตัวเลข (numbering system)
 - การอ้างอิงระบุตามลำดับที่อ้างอิงในเนื้อหาบทความ ไม่ใช้การเรียงตามตัวอักษรของชื่อผู้เขียนโดยใส่ตัวเลขไว้ยกขึ้นท้ายข้อความที่ต้องการอ้างอิง เช่น ข้อความอ้างอิง³
 - การอ้างอิงในเนื้อหา หลายรายการที่ตำแหน่งเดียวกันให้ใช้เครื่องหมาย comma คั่นระหว่างตัวเลข เช่น ข้อความอ้างอิง^{1,5,6,9}
- การเขียนเลขหน้าในเอกสารอ้างอิง
 - ใช้ตัวเลขฮินดูอารบิก เท่านั้น ยกเว้นเลขหน้ากรณีวารสารมีเลขหน้าเป็นภาษาโรมันให้ใส่ตามที่ปรากฏ เช่น viii-x.
 - การเขียนเลขหน้าให้ใช้ตัวเลขเต็มช่วง ยกเว้นเลขหน้าที่มีตัวอักษรท้ายต้องใส่ทั้งหมด 124A-126A หรือกรณีที่เลขหน้าเป็นรหัสเอกสารดิจิทัล ให้ใช้รหัสเอกสารแทนเลขหน้าเช่น e100285 หรือ PMID :

- การเขียนชื่อย่อวารสาร (abbreviation name) ในเอกสารอ้างอิง
 - กรณีวารสารต่างประเทศใช้ตาม National Library of Medicine (MEDLINE/PubMed)
 - ค้นหาได้จาก <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/nlmcatalog/journals>
 - <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/nlmcatalog?term=currentlyindexed>
 - หรือ Web of Science
 - https://images.webofknowledge.com/images/help/WOS/A_abrvjt.html
 - หรือ Elsevier
 - <https://www.elsevier.com/solutions/sciencedirect/content/journal-title-lists>
 - กรณีวารสารในประเทศและเป็นภาษาไทย ใช้ชื่อเต็มในภาษาไทยของวารสารได้

ข้อกำหนดและตัวอย่างการเขียนเอกสารอ้างอิง

ผู้เขียนสามารถศึกษารายละเอียดตัวอย่างการเขียนเอกสารอ้างอิงตามแต่ละประเภทเอกสาร ได้ที่หน้าเว็บไซต์การส่งบทความของวารสาร <https://www.tci-thaijo.org/index.php/jcra/about/submissions> ผู้เขียนที่ประสงค์จะขอข้อมูลหรือรายละเอียดเพิ่มเติมโปรดติดต่อกองบรรณาธิการ ได้ที่

ฝ่ายจัดการวารสาร (Publisher)

ราชวิทยาลัยจุฬาภรณ์

งานวารสารวิชาการและสารสนเทศวิจัย สำนักบริหารวิจัยและนวัตกรรม

เลขที่ 906 ถนนกำแพงเพชร 6 แขวงตลาดบางเขน เขตหลักสี่ กรุงเทพมหานคร 10210

โทรศัพท์: +66 2576 6100 ต่อ7218-7221 และ 7400 อีเมล journal.cra@cra.ac.th

ราชวิทยาลัยจุฬาภรณ์

งานวารสารวิชาการและสารสนเทศวิจัย
สำนักบริหารวิจัยและนวัตกรรม
วิทยาลัยวิทยาศาสตร์การแพทย์เจ้าฟ้าจุฬาภรณ์
เลขที่ ๕๐๖ ถนนกำแพงเพชร ๖ แขวงตลาดบางเขน
เขตหลักสี่ กรุงเทพมหานคร ๑๐๒๑๐
โทรศัพท์ ๐ ๒๕๗๖ ๖๑๐๐ ต่อ ๗๒๑๘-๗๒๒๑, ๗๔๐๐

email: journal.cra@cra.ac.th

website: <https://www.tci-thaijo.org/index.php/jcra>

