

รายงานวิจัย

Research Articles

ประสิทธิผลของระบบแสงฆ่าเชื้อ 405 นาโนเมตร
ต่อการลดปริมาณเชื้อแบคทีเรียในสิ่งแวดล้อม
Effectiveness of a 405 Nanometer Antimicrobial Light System in
Reducing Environmental Bacterial Contamination

ขจร สุนทราภิวพันธ์* สารัช เกียรติวิชัย* ลัดดาวิริยะวงษ์*
Kajorn Suntrapiwat* Sarat Kiartivich* Ladda Viriyawong*

*กลุ่มงานอายุรกรรม โรงพยาบาลพุทธชินราช พิษณุโลก

*Department of Internal Medicine, Buddhachinaraj Phitsanulok Hospital

Corresponding author e-mail address: novyy2514@gmail.com

Received: December 2, 2025

Revised: July 31, 2026

Accepted: August 11, 2026

Abstract

The medical intensive care unit and the Chinaraja Endoscopy Center are high-risk areas for infection control, therefore light sterilization should be used. This pilot quasi-experimental, uncontrolled before-and-after study aimed to evaluate the effectiveness of a 405-nanometer high-intensity narrow-spectrum light environmental disinfection system in reducing bacterial contamination on high-touch surfaces at Buddhachinaraj Phitsanulok Hospital. The study was conducted in two primary areas: medical intensive care unit 2 and the Chinaraja Endoscopy Center. Confounding variables, cleaning routines and ventilation configurations were strictly controlled. Surface samples were collected using contact-plate sampling with irradiated agar before and after a 24-hour continuous exposure to the light system. Data were analyzed using median (IQR) paired comparisons were performed using the Wilcoxon signed-rank test. It was found that after 24 hours of lighting system activation, the average bacterial count decreased significantly in all zones (81-90% reduction) ($p = 0.002$). For the endoscopy center, in patient-free conditions and in patient-occupant, the average bacterial count decreased by 98.88-99.03% and 94.61-96.81% respectively, all examination rooms showing statistically significant decreases ($p < 0.001$). In conclusion, the 405 nm antimicrobial light system for 24 hours significantly reduced bacterial counts on frequently touched surfaces. Therefore, the 405 nm light system should be used as a supplementary measure in conjunction with routine environmental cleaning.

Keywords: 405 nanometer antimicrobial light system, bacterial decontamination efficacy, hospital infection prevention and control

Buddhachinaraj Med J 2026;43(2):133-44.

บทคัดย่อ

หอผู้ป่วยหนักอายุรกรรมและศูนย์ส่องกล้องเป็นพื้นที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อจึงควรใช้เทคโนโลยีแสงฆ่าเชื้อควบคุมการติดเชื้อ การวิจัยนำร่องกึ่งทดลองแบบวัดก่อนและหลังการทดลองครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินประสิทธิผลของระบบแสงฆ่าเชื้อความยาวคลื่น 405 นาโนเมตรในการลดปริมาณเชื้อแบคทีเรียบนพื้นผิวสัมผัสผู้ป่วยในหอผู้ป่วยหนักอายุรกรรม 2 และศูนย์ส่องกล้องชินราชฯ โดยควบคุมปัจจัยกวนด้านมาตรการเช็ดทำความสะอาดและระบบระบายอากาศ เก็บตัวอย่างด้วยวิธี contact-plate sampling บนอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูปก่อนและหลังการเปิดใช้งานระบบแสงฆ่าเชื้อต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง นำเสนอข้อมูลเป็นค่ามัธยฐานและพิสัยระหว่างควอไทล์ เปรียบเทียบข้อมูลรายคู่ด้วยสถิติ Wilcoxon signed-rank test ซึ่งพบว่าหลังเปิดระบบแสง 24 ชั่วโมงปริมาณเชื้อแบคทีเรียเฉลี่ยลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกโซน (ลดลงร้อยละ 81-90) ($p = 0.002$) สำหรับศูนย์ส่องกล้องฯ ในสภาวะไม่มีผู้ป่วยปริมาณเชื้อเฉลี่ยลดลงร้อยละ 98.88-99.03 และในสภาวะมีผู้ป่วยและปฏิบัติงานจริงปริมาณเชื้อเฉลี่ยลดลงร้อยละ 94.61-96.81 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกห้องตรวจ ($p < 0.001$) สรุปได้ว่าการใช้งานระบบแสงต้านจุลชีพ 405 นาโนเมตรต่อเนื่องเป็นเวลา 24 ชั่วโมงลดปริมาณแบคทีเรียบนพื้นผิวสัมผัสผู้ป่วยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงควรใช้ระบบแสง 405 นาโนเมตรเป็นมาตรการเสริมรวมกับการทำความสะอาดสิ่งแวดล้อมตามปกติ

คำสำคัญ : ระบบแสงฆ่าเชื้อ 405 นาโนเมตร, ประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อแบคทีเรีย, มาตรการควบคุมการติดเชื้อในโรงพยาบาล

พุทธชินราชเวชสาร 2569;43(2):133-44.

บทนำ

การติดเชื้อในสถานพยาบาล (Healthcare-associated infections: HAIs) โดยเฉพาะเชื้อแบคทีเรียถือเป็นปัญหาสำคัญทางสาธารณสุขที่ส่งผลกระทบต่อผลลัพธ์การรักษาของผู้ป่วยและเพิ่มค่าใช้จ่ายทางการแพทย์อย่างมีนัยสำคัญ จากการศึกษาทางระบาดวิทยาพบว่าพื้นผิวสิ่งแวดล้อมทางกายภาพและอากาศภายในหอผู้ป่วยวิกฤตและห้องตรวจวินิจฉัยเป็นแหล่งสะสมและแพร่กระจายของเชื้อจุลินทรีย์ที่สำคัญ เนื่องจากเป็นจุดที่มีการสัมผัสร่วมสูง (high-touch surfaces) เช่น เตียงผู้ป่วย โต๊ะทำงาน และอุปกรณ์ทางการแพทย์ อย่างไรก็ตาม แม้การปนเปื้อนของแบคทีเรียในสิ่งแวดล้อมจะสัมพันธ์กับโอกาสในการแพร่กระจายเชื้อผ่านมือของบุคลากรทางการแพทย์ (cross-contamination) แต่การพบเชื้อในสิ่งแวดล้อมไม่สามารถนำมาสรุปความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ (causal relationship) กับอัตราการติดเชื้อในตัวผู้ป่วยได้โดยตรง เนื่องจากอุปสรรคการติดเชื้อในตัวผู้ป่วยแต่ละรายมีปัจจัยร่วมที่ซับซ้อน ทั้งจากภูมิคุ้มกันของตัวผู้ป่วยเอง

หัตถการที่ได้รับ และมาตรการสุขอนามัยส่วนบุคคลของเจ้าหน้าที่

โรงพยาบาลพุทธชินราช พิษณุโลกเป็นโรงพยาบาลศูนย์ระดับ A ขนาด 1,068 เตียง สถิติการบริการผู้ป่วยในช่วงปี พ.ศ. 2565-2567 มีจำนวน 51,206 ราย 61,214 ราย และ 69,439 รายตามลำดับ¹ ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี ผู้ป่วยหนักที่ต้องได้รับการรักษาที่ซับซ้อนจะถูกส่งต่อจากโรงพยาบาลชุมชนมารับการรักษาโดยโรงพยาบาลพุทธชินราช พิษณุโลก ที่เปิดให้บริการหอผู้ป่วยหนัก 10 หอ ซึ่งมีหอผู้ป่วยหนักอายุรกรรม 3 หอ² โดยหอผู้ป่วยหนักอายุรกรรม (Medical Intensive Care Unit: MICU) เป็นพื้นที่เสี่ยงต่อการแพร่กระจายของเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนบนพื้นผิวสิ่งแวดล้อมเนื่องจากผู้ป่วยมีภาวะเปราะบางและมีภูมิคุ้มกันต่ำ จากข้อมูลสถิติของโรงพยาบาลพุทธชินราช พิษณุโลกระหว่างปี พ.ศ. 2564-2566 พบอุบัติการณ์ของเชื้อแบคทีเรียจากสิ่งส่งตรวจของผู้ป่วย (clinical specimens) ที่เป็นสาเหตุสำคัญของการติดเชื้อในหอผู้ป่วยหนักอายุรกรรม

ได้แก่ *Escherichia coli* (ร้อยละ 32), *Klebsiella pneumoniae*, *Acinetobacter baumannii* และ *Staphylococcus aureus* ตามลำดับ โดยเชื้อที่ทำให้ อัตราตายสูงสุด คือ *A. baumannii*³ อย่างไรก็ตาม ข้อมูลดังกล่าวเป็นอุบัติการณ์การติดเชื้อที่เกิดขึ้นใน ตัวผู้ป่วย ซึ่งมีปัจจัยร่วมทางระบาดวิทยาที่ซับซ้อน ทั้งจากสภาพร่างกายของผู้ป่วยและการปฏิบัติหัตถการ จึงไม่สามารถนำมาสรุปเพื่อเชื่อมโยงเชิงสาเหตุกับ ระดับการปนเปื้อนของเชื้อในสิ่งแวดล้อมทางกายภาพ ได้โดยตรงหากไม่มีหลักฐานทางพันธุกรรมของเชื้อ สนับสนุน แต่การปนเปื้อนบนพื้นผิวสัมผัสร่วมระดับสูง ย่อมเป็นปัจจัยเสี่ยงสำคัญต่อการส่งผ่านเชื้อผ่านมือของ บุคลากร ดังนั้นมาตรการควบคุมความหนาแน่นของเชื้อ ในสิ่งแวดล้อมจึงจำเป็นอย่างยิ่ง ซึ่งแตกต่างจากเทคโนโลยี แสงฆ่าเชื้อ 405 นาโนเมตรที่เป็นระบบฆ่าเชื้อใน สิ่งแวดล้อมด้วยแสงความเข้มสูงสเปกตรัมแคบ (High Intensity Narrow-Spectrum Light Environmental Disinfection System: HINS-light EDS) เทคโนโลยีนี้ ปลอดภัยสูงต่อผู้ป่วยและบุคลากรทางการแพทย์เมื่อ ใช้งานในสภาวะปฏิบัติงานจริง เนื่องจากความปลอดภัย ดังกล่าวได้รับการรับรองตามมาตรฐานการติดตั้งทาง วิศวกรรมแสงสว่างซึ่งคำนวณและควบคุมระดับความ เข้มแสง (irradiance) และปริมาณรังสีสะสม (dose) ให้อยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัยต่อผิวหนังและดวงตาของ มนุษย์ตามมาตรฐานสากล (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection: ICNIRP) ทำให้สามารถเปิดใช้งานเพื่อยับยั้งเชื้อได้ตลอดเวลา⁴ อย่างไรก็ตาม การศึกษาครั้งนี้ไม่ได้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ประเมินผลลัพธ์ด้านความปลอดภัยต่อผิวหนัง ดวงตา หรือผลกระทบระยะยาวต่อผู้ใช้งานโดยตรง

ปัจจุบันได้นำเทคโนโลยีแสงฆ่าเชื้อ 405 นาโนเมตร มาใช้ลดการปนเปื้อนของเชื้อแบคทีเรียในสภาพแวดล้อม ของสถานพยาบาลแบบเชิงรุก (active continuous disinfection) ซึ่งเป็นนวัตกรรมที่มีคุณสมบัติการฆ่าเชื้อ ที่แตกต่างจากระบบการฆ่าเชื้อแบบดั้งเดิม เช่น การใช้สารทำความสะอาด การใช้แสงอัลตราไวโอเล็ต (UV) ซึ่งดำเนินการเป็นช่วงเวลา (periodic disinfection) ต้องหยุดกิจกรรมหรือเตรียมพื้นที่ก่อนฆ่าเชื้อและรอให้

พื้นที่พร้อมใช้งานอีกครั้ง ทำให้ประสิทธิภาพในการควบคุม การปนเปื้อนขึ้นกับความถี่ของการทำความสะอาด อีกทั้งเมื่อใช้งานในระยะยาวจะส่งผลกระทบต่ออายุการ ใช้งานของวัสดุอุปกรณ์ต่างๆ รวมถึงส่งผลกระทบต่อ สุขภาพต่อผู้สัมผัสได้ ซึ่งแตกต่างจากเทคโนโลยี แสงฆ่าเชื้อ 405 นาโนเมตรที่มีคุณสมบัติในการฆ่าเชื้อโรค บนพื้นผิวและฆ่าเชื้อโรคในอากาศอย่างต่อเนื่อง การทำงานของแสงนี้ไม่เพียงแต่จะช่วยลดปริมาณ เชื้อโรคเท่านั้น แต่ยังปลอดภัยต่อมนุษย์, ไม่ทำลาย อุปกรณ์ทางการแพทย์ และไม่ทิ้งสารตกค้างที่อาจก่อ ให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพอีกด้วย

กลไกการทำงานของ Clean Edge ใช้กระบวนการ ที่เรียกว่า “Antimicrobial Photodynamic Therapy” เมื่อแสง 405 นาโนเมตรสัมผัสกับเชื้อโรคบนพื้นผิว และในอากาศ สาร porphyrin ในเซลล์จุลินทรีย์ จะดูดกลืนพลังงานจากแสงทำให้เกิดอนุมูลอิสระ ภายในเซลล์ซึ่งสามารถทำลายเชื้อโรคได้หลากหลายชนิด⁵ มีคุณสมบัติในการฆ่าเชื้อแบคทีเรียในสิ่งแวดล้อม ทั้งในอากาศและบนพื้นผิวโดยอาศัยกลไกการบำบัด ด้วยแสงต้านจุลชีพ (Antimicrobial photodynamic therapy: APDT) เมื่อแบคทีเรียสัมผัสแสง 405 นาโนเมตรสาร porphyrin ซึ่งเป็นสารสำคัญในกระบวนการ สังเคราะห์โมเลกุลสำคัญของเซลล์จะดูดซับคลื่นแสงและ เปลี่ยนพลังงานไปสร้างอนุมูลออกซิเจนที่มีปฏิกิริยา (Reactive Oxygen Species: ROS) ที่เป็นอันตราย ต่อเซลล์ ต่อมา ROS นี้จะเข้าทำลายส่วนประกอบสำคัญของ เซลล์แบคทีเรียจนตายในที่สุด⁶ ด้วยเหตุนี้เทคโนโลยี แสงฆ่าเชื้อ 405 นาโนเมตรจึงเป็นประโยชน์ในการ ลดเชื้อแบคทีเรียในสิ่งแวดล้อมได้ อีกทั้งยังสามารถ เปิดใช้งานร่วมกับการปฏิบัติงานประจำวันของ ICU ได้อย่างต่อเนื่อง ซึ่งเป็นจุดเด่นของระบบแสงฆ่าเชื้อ 405 นาโนเมตร ทั้งนี้หอผู้ป่วยหนักอายุรกรรมและ ศูนย์ส่องกล้อง โรงพยาบาลพุทธชินราช พิษณุโลก ได้เริ่มใช้เทคโนโลยีแสงฆ่าเชื้อ 405 นาโนเมตรในการ ควบคุมการติดเชื้อในโรงพยาบาลโดยติดตั้งระบบ แสงฆ่าเชื้อในหอผู้ป่วยหนักอายุรกรรม 2 และศูนย์ ส่องกล้องชินราชเป็นพื้นที่ทดลองเบื้องต้น งานวิจัยนี้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของระบบ

แสงฆ่าเชื้อ 405 นาโนเมตรต่อการลดปริมาณเชื้อแบคทีเรียภายในหอผู้ป่วยและเปรียบเทียบประสิทธิผลของระบบแสงฆ่าเชื้อ 405 นาโนเมตรก่อนและหลังการเปิดใช้ระบบแสงดังกล่าว เพื่อเป็นข้อมูลสนับสนุนว่าการใช้ระบบแสงฆ่าเชื้อ 405 นาโนเมตรในการควบคุมการติดเชื้อในโรงพยาบาลช่วยลดอุบัติการณ์และความเสี่ยงในการแพร่กระจายเชื้อบนเบื่อนบนพื้นผิวสัมผัสร่วมในสิ่งแวดล้อมโรงพยาบาล (HAIs) โดยเฉพาะในพื้นที่วิกฤต (ICU) และพื้นที่ทำหัตถการที่มีความเสี่ยงสูงโดยผู้ป่วยปลอดภัย โดยใช้เป็นมาตรการเสริมที่มีประสิทธิผลสูงและปลอดภัยในการทำลายเชื้อโรคทดแทนหรือควบคู่กับการใช้สารเคมี สามารถเปิดใช้งานต่อเนื่องได้ตลอด 24 ชั่วโมงโดยไม่ส่งผลกระทบต่อระบบกระบวนการทำงานของบุคลากรทางการแพทย์ ซึ่งสถานพยาบาลอื่น ๆ สามารถพิจารณาจัดซื้อ ติดตั้งหรือขยายผลการใช้ระบบแสงฆ่าเชื้อโรคในแผนกหรือหน่วยงานที่มีความหนาแน่นของกิจกรรมสูงเพื่อความปลอดภัยและสุขอนามัยสิ่งแวดล้อมที่ยั่งยืน

วัสดุและวิธีการ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาทดลองนำร่องกึ่งทดลอง (Pilot Quasi-experimental study/Uncontrolled before-and-after study) เนื่องจากไม่ได้สุ่มและไม่มีการควบคุม ศึกษาที่หอผู้ป่วยหนักอายุรกรรม 2 และศูนย์ส่องกล้องซินราช ระหว่างวันที่ 13 ถึงวันที่ 21 เมษายน พ.ศ. 2568 โดยเก็บตัวอย่างพื้นผิวสัมผัสบ่อย ได้แก่ พื้นโต๊ะคอมพิวเตอร์ เติงขอบเตียง และชั้นวางอุปกรณ์ ซึ่งการควบคุมปัจจัยรบกวน (confounder control) เพื่อแยกแยะผลของระบบแสงฆ่าเชื้อออกจากมาตรการอื่นโดยให้เจ้าหน้าที่ปฏิบัติงานตามมาตรฐานการเช็ดทำความสะอาด (environmental cleaning) และใช้น้ำยาฆ่าเชื้อชนิดเดิมและในเวลาเดียวกันอย่างเคร่งครัดทั้งช่วงก่อนและหลังการทดลอง สำหรับศูนย์ส่องกล้องได้เปิดระบบหมุนเวียนอากาศผ่านแผ่นกรองอากาศประสิทธิภาพสูง (HEPA/ULPA filter-H14) ตลอดเวลาในอัตราคงที่ทั้งสองช่วงการทดสอบ โดยเก็บตัวอย่างพื้นผิวก่อนเปิดระบบแสงและหลังเปิดระบบแสงหลังติดตั้ง Clean Edge รุ่น 600

M BAR ต่อเนื่องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ซึ่งจุดเก็บและเวลาเก็บตัวอย่างในสภาวะหลังเปิดแสงเป็นจุดพิกัดเดิมและเวลาเดียวกันกับก่อนเปิดแสง เพื่อลดอิทธิพลจากกิจกรรมของเจ้าหน้าที่ (staff activity) ก่อนและหลังการเปิดใช้งานระบบแสงฆ่าเชื้อต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง

การเก็บข้อมูลจะใช้เทคนิคจานเพาะเชื้อแบบสัมผัส (contact-plate sampling) โดยใช้ Irradiated COUNT-TACT® 3P® agar ในการเก็บตัวอย่างแบคทีเรียบนพื้นผิวสัมผัสก่อนและหลังการเปิดใช้งานระบบแสงฆ่าเชื้อต่อเนื่อง 24 ชั่วโมงในหน่วยงาน 2 หน่วย ได้แก่ หอผู้ป่วยหนักอายุรกรรม 2 ซึ่งแบ่งเป็น 3 โซน ดังนี้ โซนที่ 1 เติงที่ 1-3, โซนที่ 2 เติงที่ 4-7, โซนที่ 3 เติงที่ 8-9 เก็บตัวอย่างบริเวณเตียงผู้ป่วยโซนละ 10 ตัวอย่าง ส่วนศูนย์ส่องกล้องซินราช ที่ห้องส่องกล้อง 5 และ 6 แบ่งเป็น 2 สภาวะ โดยเก็บตัวอย่างห้องละ 15 ตัวอย่างต่อสภาวะ ดังนี้ สภาวะที่ 1 เก็บตัวอย่างขณะที่ไม่มีผู้ป่วย สภาวะที่ 2 เก็บตัวอย่างขณะที่มีผู้ป่วยและบุคลากรทางการแพทย์ปฏิบัติงานอยู่ โดยมุ่งเน้นพื้นผิวที่สัมผัสบ่อย ได้แก่ พื้นโต๊ะคอมพิวเตอร์, เติง และขอบเตียง, ชั้นวางอุปกรณ์ เป็นต้น

หลังจากการเก็บตัวอย่างเรียบร้อยแล้วนำอาหารเลี้ยงเชื้อที่อุณหภูมิ 30-35 องศาเซลเซียสโดยห้องปฏิบัติการทางจุลชีววิทยาของโรงพยาบาลพุทธชินราช พิษณุโลก และรายงานผลจำนวนโคโลนีที่ปรากฏบนอาหารเลี้ยงเชื้อในหน่วย Colony-forming unit (CFU) ซึ่งการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติให้นำข้อมูลจำนวนโคโลนีแบคทีเรีย (CFU) มาทดสอบการกระจายของข้อมูลด้วยสถิติ Shapiro-Wilk test หากข้อมูลกระจายตัวแบบปกติ (normal distribution) จะรายงานผลด้วยค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Mean $\pm$ SD) และทดสอบความแตกต่างของปริมาณเชื้อก่อนและหลังด้วยสถิติ Paired t-test แต่หากข้อมูลกระจายตัวแบบไม่ปกติหรือเบ้ขวา (skewed data) จะรายงานผลด้วยค่ามัธยฐานและพิสัยระหว่างควอไทล์ [Median (IQR)] และทดสอบความแตกต่างด้วยสถิติ Wilcoxon signed-rank test โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ร่วมกับการคำนวณขนาดอิทธิพล (effect size) เป็นค่า median difference พร้อม 95% Confidence Interval (95% CI)

สำหรับสูตรคำนวณร้อยละการลดลงของเชื้อ (percentage reduction in bacterial count) คำนวณดังนี้:

$$\text{Percentage Reduction (\%)} = \left(\frac{\text{CFU}_{\text{Before}} - \text{CFU}_{\text{After}}}{\text{CFU}_{\text{Before}}} \right) \times 100$$

สูตรคำนวณค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน $SD = SE \times \sqrt{n}$

อนึ่ง การศึกษาครั้งนี้ได้รับการรับรองจาก คณะกรรมการพิจารณาโครงการวิจัยในมนุษย์ โรงพยาบาลพุทธชินราช พิษณุโลก รหัสโครงการ 009/68 ลงวันที่ 20 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2568

ผลการศึกษา

ผลการศึกษาประสิทธิภาพของระบบแสงฆ่าเชื้อ 405 นาโนเมตรต่อการลดปริมาณเชื้อแบคทีเรียในสิ่งแวดล้อม โรงพยาบาลพุทธชินราช พิษณุโลก ในสภาวะก่อนเปิดระบบแสง 405 นาโนเมตรและ หลังเปิดระบบแสง 405 นาโนเมตรต่อเนื่องเป็นเวลา 24 ชั่วโมงในหอผู้ป่วยหนักอายุรกรรม 2 และ

ศูนย์ส่องกล้องชินราชฯ ซึ่งหน่วยงานทั้งสองเก็บเชื้อแบคทีเรียในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน ดังนี้

หอผู้ป่วยหนักอายุรกรรม 2 โรงพยาบาลพุทธชินราช พิษณุโลก

การเก็บตัวอย่างเพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบแสงฆ่าเชื้อ 405 นาโนเมตรในการลดปริมาณเชื้อแบคทีเรียในพื้นที่หอผู้ป่วยหนักอายุรกรรม 2 หลังจากเปิดระบบฆ่าเชื้อต่อเนื่อง 24 ชั่วโมงพบว่า ปริมาณเชื้อแบคทีเรียเฉลี่ยก่อนและหลังเปิดระบบฆ่าเชื้อต่อเนื่อง 24 ชั่วโมงในโซนที่ 1 (เตียงที่ 1-3) เท่ากับ 195.8 และ 38.1 ตามลำดับ, ในโซนที่ 2 (เตียงที่ 4-7) เท่ากับ 174.9 และ 17.3 ตามลำดับ, ในโซนที่ 3 (เตียงที่ 8-9) เท่ากับ 162.8 และ 15.5 ตามลำดับ โดยรวมหลังเปิดระบบฆ่าเชื้อต่อเนื่อง 24 ชั่วโมงปริมาณเชื้อแบคทีเรียเฉลี่ยลดลงเหลือ 15.50-38.10 CFU (คิดเป็นร้อยละ 81-90) รายละเอียดดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ปริมาณเชื้อแบคทีเรียในสภาพแวดล้อม (CFU) ในสภาวะก่อนเปิดและหลังเปิดระบบแสงฆ่าเชื้อ 405 นาโนเมตรต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง

ตัวอย่างที่	ปริมาณเชื้อแบคทีเรียภายในหอผู้ป่วยหนักอายุรกรรม 2 (CFU)					
	โซนที่ 1 (เตียงที่ 1-3)		โซนที่ 2 (เตียงที่ 4-7)		โซนที่ 3 (เตียงที่ 8-9)	
	ก่อนเปิด	หลังเปิดต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง	ก่อนเปิด	หลังเปิดต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง	ก่อนเปิด	หลังเปิดต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง
1	250	18	147	0	100	0
2	200	43	250	0	179	0
3	155	2	119	0	250	70
4	165	91	250	65	150	9
5	250	37	100	0	169	26
6	166	100	250	23	148	50
7	250	0	156	19	132	0
8	131	10	100	0	125	0
9	250	80	250	17	125	0
10	141	0	127	49	250	0
ค่าเฉลี่ย	195.80	38.10	174.90	17.30	162.80	15.50
SE	15.80	12.39	21.17	7.31	16.21	8.00

CFU: Colony-forming unit, SE: standard error (ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน)

ปริมาณเชื้อแบคทีเรียในสภาพแวดล้อมก่อนและหลังการเปิดใช้งานระบบแสงฆ่าเชื้อ 405 นาโนเมตร ในหอผู้ป่วยหนักอายุรกรรม 2 พบว่าค่ามัธยฐาน (IQR) ของปริมาณแบคทีเรียในโซนที่ 1 เท่ากับ 183.00 (157.50, 250.00) และ 27.50 (4.00, 70.75) ตามลำดับ ($p = 0.002$) ตามลำดับ โดยอัตราการลดลงเท่ากับ ร้อยละ 84.97, ค่ามัธยฐาน (IQR) ของปริมาณแบคทีเรีย

ในโซนที่ 2 เท่ากับ 151.50 (121.00, 250.00) และ 8.50 (0.00, 22.00) ตามลำดับ ($p = 0.002$) โดยอัตราการลดลงเท่ากับร้อยละ 94.39, ค่ามัธยฐาน (IQR) ของปริมาณแบคทีเรียในโซนที่ 3 เท่ากับ 149.00 (126.75, 176.50) และ 0.00 (0.00, 21.75) ตามลำดับ ($p = 0.002$) โดยอัตราการลดลงเท่ากับร้อยละ 100.00 รายละเอียดดังตารางที่ 2

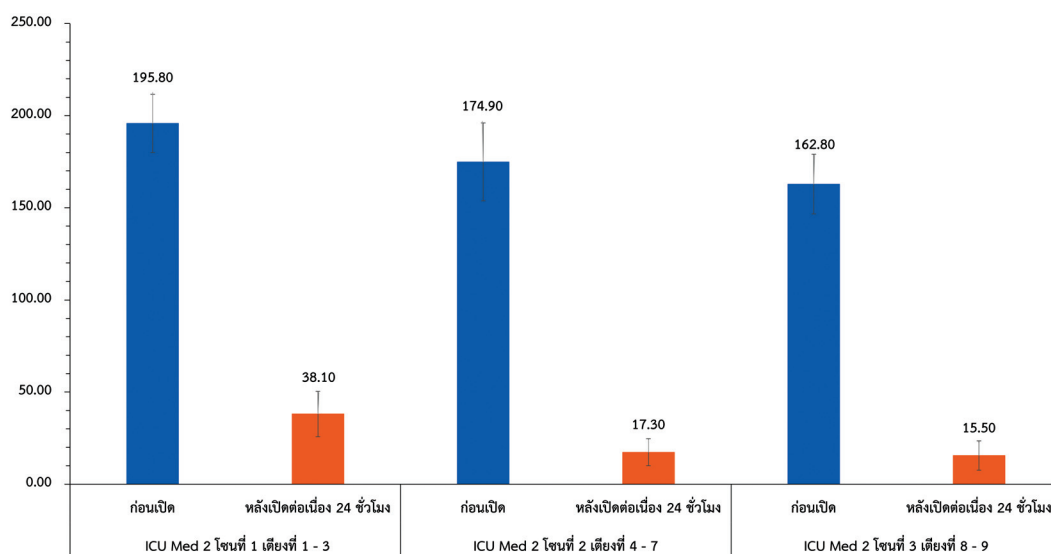
ตารางที่ 2 ปริมาณเชื้อแบคทีเรียในสิ่งแวดล้อม (CFU) ก่อนและหลังเปิดระบบแสงฆ่าเชื้อ 405 นาโนเมตรในหอผู้ป่วยหนักอายุรกรรม 2 (ICU MED 2)

พื้นที่ทดลอง (ICU MED 2)	Median (IQR)		%Median Change	p-value ^a
	ก่อนเปิดระบบแสงฯ	หลังเปิดระบบแสงฯ ต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง		
โซนที่ 1 (เตียงที่ 1-3) (n = 10)	183.00 (157.50, 250.00)	27.50 (4.00, 70.75)	84.97	0.002
โซนที่ 2 (เตียงที่ 4-7) (n = 10)	151.50 (121.00, 250.00)	8.50 (0.00, 22.00)	94.39	0.002
โซนที่ 3 (เตียงที่ 8-9) (n = 10)	149 (126.75, 176.50)	0.00 (0.00, 21.75)	100.00	0.002

CFU: Colony-forming unit, ICU: Intensive Care Unit, ^aWilcoxon Signed-Rank Test

เมื่อนำผลการทดสอบประสิทธิผลของระบบแสงฆ่าเชื้อ 405 นาโนเมตรมาเปรียบเทียบกับประสิทธิผล

ก่อนและหลังการเปิดระบบแสงฆ่าเชื้อ 405 นาโนเมตรต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง ได้ผลดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ปริมาณเชื้อแบคทีเรียในหอผู้ป่วยหนักอายุรกรรม 2 (ICU MED 2) ก่อนและหลังเปิดระบบแสง 405 นาโนเมตร

ศูนย์ส่องกล้องชินราช โรงพยาบาลพุทธชินราช พิษณุโลก

การเก็บตัวอย่างเพื่อประเมินประสิทธิผลของระบบแสงฆ่าเชื้อ 405 นาโนเมตรในการลดปริมาณเชื้อแบคทีเรียในพื้นที่ศูนย์ส่องกล้องชินราช โรงพยาบาลพุทธชินราช พิษณุโลก ในสภาวะก่อนเปิดระบบแสง 405 นาโนเมตรและหลังเปิดระบบแสง 405 นาโนเมตรต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง โดยเก็บข้อมูลทั้งในขณะไม่มีผู้ป่วยและขณะมีผู้ป่วยและบุคลากรปฏิบัติงานภายในห้องส่องกล้อง 5 และห้องส่องกล้อง 6 ทั้ง 2 ห้อง

สภาวะขณะมีผู้ป่วยและบุคลากรปฏิบัติงานพบว่าปริมาณเชื้อแบคทีเรียในสภาพแวดล้อมก่อนเปิดแสงฆ่าเชื้อ 405 นาโนเมตรภายในห้องส่องกล้อง 5 และห้องส่องกล้อง 6 มีค่าจำนวนเชื้อเฉลี่ยเท่ากับ 154.67 CFU และ 167.33 CFU ตามลำดับ แต่หลังจากเปิดแสงฆ่าเชื้อ 405 นาโนเมตรต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง ค่าจำนวนเชื้อเฉลี่ยเท่ากับ 8.33 CFU และ 5.33 CFU ตามลำดับ รายละเอียดดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ปริมาณเชื้อแบคทีเรียในสภาพแวดล้อม (CFU) ศูนย์ส่องกล้องชินราชก่อนและหลังเปิดระบบแสง 405 นาโนเมตร จำแนกตามสภาวะการปฏิบัติงาน

ตัวอย่าง ที่	ปริมาณเชื้อแบคทีเรียในแต่ละสภาวะ (CFU)							
	ขณะไม่มีผู้ป่วย				ขณะมีผู้ป่วยและบุคลากรปฏิบัติงาน			
	ห้องส่องกล้อง 5		ห้องส่องกล้อง 6		ห้องส่องกล้อง 5		ห้องส่องกล้อง 6	
	ก่อน เปิด	หลังเปิด ต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง	ก่อน เปิด	หลังเปิด ต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง	ก่อน เปิด	หลังเปิด ต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง	ก่อน เปิด	หลังเปิด ต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง
1	250	13	160	14	150	25	250	16
2	250	1	100	0	180	11	250	11
3	150	2	133	1	160	12	110	12
4	100	1	250	0	250	30	110	8
5	150	2	129	0	100	18	250	6
6	159	0	118	0	100	0	100	6
7	190	2	113	3	180	0	180	0
8	250	0	250	0	150	0	130	0
9	100	0	250	1	180	14	280	0
10	165	0	100	1	100	0	130	0
11	110	2	150	0	150	0	250	0
12	130	0	250	1	180	5	110	0
13	130	0	180	0	160	0	100	4
14	250	5	250	4	160	10	110	7
15	130	0	150	0	120	0	150	10
ค่าเฉลี่ย	167.60	1.87	172.20	1.67	154.67	8.33	167.33	5.33
SE	14.65	0.87	15.70	0.93	10.23	2.58	17.66	1.37

CFU: Colony-forming unit, SE: standard error (ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน)

ตารางที่ 4 ปริมาณเชื้อแบคทีเรียในสิ่งแวดล้อม (CFU) ก่อนและหลังเปิดระบบแสงฆ่าเชื้อ 405 นาโนเมตรในศูนย์ส่องกล้องซินิราชา แบ่งตามสภาวะการปฏิบัติงาน

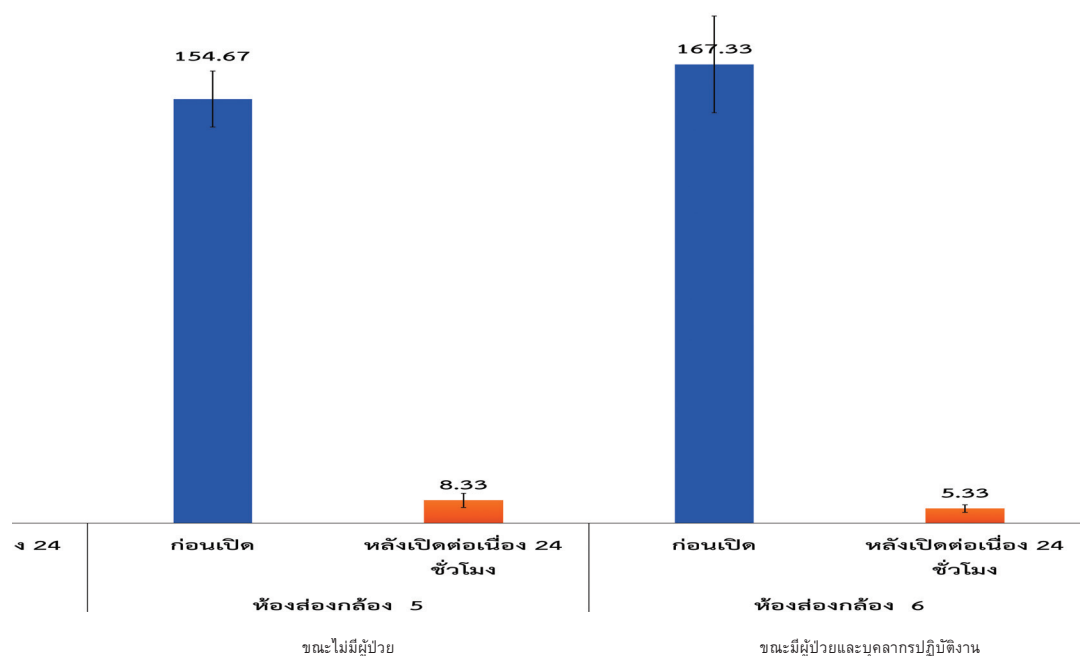
สภาวะและห้องตรวจ	Median (IQR)		%Median Change	p-value ^a
	ก่อนเปิดระบบแสงฯ	หลังเปิดระบบแสงฯ ต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง		
สภาวะขณะไม่มีผู้ป่วย (n = 15)				
ห้องส่องกล้อง 5	150.00 (130.00, 220.00)	1.00 (0.00, 2.00)	99.33	< 0.001
ห้องส่องกล้อง 6	150.00 (123.50, 250.00)	0.00 (0.00, 1.00)	100.00	< 0.001
สภาวะมีผู้ป่วยและปฏิบัติงานจริง (n = 15)				
ห้องส่องกล้อง 5	160.00 (135.00, 180.00)	5.00 (0.00, 13.00)	96.88	< 0.001
ห้องส่องกล้อง 6	130.00 (110.00, 250.00)	6.00 (0.00, 9.00)	95.38	< 0.001

^aWilcoxon Signed-Rank Test

ศูนย์ส่องกล้องซินิราชาในสภาวะขณะไม่มีผู้ป่วยในห้องส่องกล้อง 5 ก่อนเปิดระบบแสงฯ และหลังเปิดระบบแสงฯ ต่อเนื่อง 24 ชั่วโมงค่ามัธยฐาน (IQR) ของปริมาณเชื้อแบคทีเรียในสภาพแวดล้อมเท่ากับ 150.00 (130.00, 220.00) และ 1.00 (0.00, 2.00) ตามลำดับ ($p < 0.001$) โดยลดลงร้อยละ 99.33, ส่วนในห้องส่องกล้อง 6 ก่อนเปิดระบบแสงฯ และหลังเปิดระบบแสงฯ ต่อเนื่อง 24 ชั่วโมงค่ามัธยฐาน (IQR) ของปริมาณเชื้อแบคทีเรียในสภาพแวดล้อมเท่ากับ 150.00 (123.50, 250.00) และ 0.00 (0.00, 1.00) ตามลำดับ ($p < 0.001$) โดยลดลงร้อยละ 100.00; สำหรับในสภาวะมีผู้ป่วยและขณะปฏิบัติงานจริงในห้องส่องกล้อง 5 ก่อนเปิดระบบแสงฯ และหลังเปิดระบบแสงฯ ต่อเนื่อง 24 ชั่วโมงค่ามัธยฐาน (IQR) ของปริมาณเชื้อแบคทีเรียในสภาพแวดล้อมเท่ากับ

160.00 (135.00, 180.00) และ 5.00 (0.00, 13.00) ตามลำดับ ($p < 0.001$) โดยลดลงร้อยละ 96.88, ส่วนในห้องส่องกล้อง 6 ก่อนเปิดระบบแสงฯ และหลังเปิดระบบแสงฯ ต่อเนื่อง 24 ชั่วโมงค่ามัธยฐาน (IQR) ของปริมาณเชื้อแบคทีเรียในสภาพแวดล้อมเท่ากับ 130.00 (110.00, 250.00) และ 6.00 (0.00, 9.00) ตามลำดับ ($p < 0.001$) โดยลดลงร้อยละ 95.38 รายละเอียดดังตารางที่ 4

เมื่อนำผลการทดสอบประสิทธิผลของระบบแสงฆ่าเชื้อ 405 นาโนเมตรมาเปรียบเทียบประสิทธิผลก่อนและหลังการเปิดระบบแสง 405 นาโนเมตร ต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง โดยเก็บข้อมูลทั้งในขณะไม่มีผู้ป่วยขณะมีผู้ป่วยอยู่และปฏิบัติงาน ภายในห้องส่องกล้อง 5 และห้องส่องกล้อง 6 รายละเอียดดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ปริมาณเชื้อแบคทีเรียในศูนย์ส่องกล้องชินราชาก่อนและหลังเปิดระบบแสง 405 นาโนเมตรจำแนกตามสภาวะการปฏิบัติงาน

วิจารณ์

ผลการศึกษาซึ่งศึกษาประสิทธิภาพของระบบแสงฆ่าเชื้อ 405 นาโนเมตรต่อการลดปริมาณเชื้อแบคทีเรียในสิ่งแวดล้อม โรงพยาบาลพุทธชินราช พิษณุโลก หอผู้ป่วยหนักอายุรกรรม 2 พบปริมาณเชื้อแบคทีเรียโดยเฉลี่ยอยู่ในช่วง 162.80-195.80 CFU เมื่อเปิดระบบฆ่าเชื้อต่อเนื่อง 24 ชั่วโมงปริมาณเชื้อแบคทีเรียลดลงในทุกพื้นที่ โดยลดลงเฉลี่ยเหลือ 15.50-38.10 CFU (ร้อยละ 81-90) สอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Maclean และคณะ⁷ ที่พบว่านวัตกรรมแสงที่มีความยาวคลื่น 405 นาโนเมตรสามารถช่วยลดการติดเชื้อในโรงพยาบาลได้ร้อยละ 10-70 อันเป็นแนวทางในการช่วยเสริมประสิทธิภาพการทำความสะอาดตามมาตรการเดิม ซึ่งมีส่วนสำคัญในการควบคุมปริมาณเชื้อในโรงพยาบาล⁷ เนื่องจากภายในพื้นที่ที่มีผู้ป่วยและบุคลากรปฏิบัติงานอยู่ตลอดเวลามีโอกาสที่เชื้อจากภายนอกจะไหลผ่านเข้าสู่ภายในพื้นที่ได้ อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพของระบบแสงฆ่าเชื้อ 405 นาโนเมตรต่อการลดปริมาณเชื้อแบคทีเรียเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนและหลังการใช้งานต่อเนื่องแสดงให้เห็นว่าระบบแสงฆ่าเชื้อ 405 นาโนเมตรมีศักยภาพในการลด

เชื้อแบคทีเรียในสิ่งแวดล้อมได้ อีกทั้งยังสามารถช่วยลดความเสี่ยงในการแพร่กระจายเชื้อโรคภายในโรงพยาบาลได้อย่างมีประสิทธิภาพ

นอกจากนี้ผลการศึกษาประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อโรคด้วยระบบแสงฆ่าเชื้อ 405 นาโนเมตรต่อการลดเชื้อแบคทีเรียในสิ่งแวดล้อมที่ศูนย์ส่องกล้องห้องส่องกล้อง 5 และ 6 โดยการศึกษาแบ่งเป็น 2 สภาวะ ได้แก่ สภาวะ “ขณะไม่มีผู้ป่วย” พบว่าปริมาณเชื้อแบคทีเรียเฉลี่ยอยู่ในช่วง 167.60-172.20 CFU เมื่อเปิดระบบแสงฆ่าเชื้ออย่างต่อเนื่อง 24 ชั่วโมงปริมาณเชื้อแบคทีเรียเฉลี่ยลดลงเหลือ 1.67-1.87 CFU (ร้อยละ 99) ในทำนองเดียวกันสภาวะ “ขณะมีผู้ป่วยและบุคลากรปฏิบัติงาน” พบว่าปริมาณเชื้อแบคทีเรียลดลงเช่นกัน โดยก่อนเปิดระบบแสงฆ่าเชื้อปริมาณเชื้อแบคทีเรียเฉลี่ยอยู่ในช่วง 154.67-167.33 CFU หลังเปิดระบบแสงฆ่าเชื้อต่อเนื่องเป็นเวลา 24 ชั่วโมงปริมาณเชื้อเฉลี่ยอยู่ในช่วง 5.33-8.33 CFU และมีประสิทธิภาพในการลดเชื้อแบคทีเรียร้อยละ 95-97 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยการศึกษาผลของแสงที่มีความยาวคลื่น 405 นาโนเมตรต่อการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย

ก่อโรคแกรมบวก เช่น *Staphylococcus aureus* และ *Clostridium perfringens* และแบคทีเรียแกรมลบ เช่น *Pseudomonas aeruginosa* และ *Escherichia coli* ซึ่งระบุว่าคลื่นแสง 405 นาโนเมตรสามารถยับยั้งได้ทั้งเชื้อแบคทีเรียแกรมบวกและแกรมลบ โดยผลการทดลองพบว่าคลื่นแสง 405 นาโนเมตรสามารถลดปริมาณเชื้อลงได้สูงถึงร้อยละ 99.9 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระยะเวลาและระยะห่างระหว่างเชื้อแบคทีเรียที่สัมผัสกับแสง⁸

ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าระบบแสงฆ่าเชื้อ 405 นาโนเมตรช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียในสภาพแวดล้อมภายในหอผู้ป่วยและห้องตรวจวินิจฉัยได้ เหมาะสำหรับการใช้ควบคุมการปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมของโรงพยาบาล โดยเฉพาะเมื่อใช้งานระบบฆ่าเชื้อโรคด้วยคลื่นแสง 405 นาโนเมตรอย่างต่อเนื่องจะช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อโรคได้เป็นอย่างดี เป็นหนึ่งในมาตรการที่ช่วยควบคุมการแพร่กระจายเชื้อในสถานที่ปฏิบัติงานได้และสามารถใช้งานระบบฆ่าเชื้อได้ตลอดเวลา โดยไม่รบกวนการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ อย่างไรก็ตาม การศึกษาไม่ได้ประเมินการแพร่กระจายเชื้อหรืออัตราการติดเชื้อในผู้ป่วยโดยตรง

นอกจากนี้การนำคลื่นแสง 405 นาโนเมตรมาประยุกต์ใช้ในการฆ่าเชื้อจำเป็นต้องพิจารณาทั้งความยาวคลื่นที่เสถียรและเหมาะสม รวมถึงระดับพลังงานของความเข้มแสงที่สูงเพียงพอ (high-intensity narrow-spectrum light: HINS light) เพื่อให้เกิดผลการฆ่าเชื้อที่มีประสิทธิภาพในทางปฏิบัติ⁸ ซึ่งค่าพลังงานของความเข้มแสงสูงสุด [peak intensity λ pV หน่วย เช่น mW/cm^2 (meka watt/square centimeter) หรือ W/m^2 (watt/square meter)] เป็นสิ่งที่กำหนดอัตราการส่งโฟตอนมายังจุลินทรีย์ต่อหน่วยเวลาซึ่งมีผลโดยตรงต่ออัตราการเกิดอนุมูลออกซิเจนที่มีปฏิกิริยา (ROS) ภายในเซลล์ และส่งผลต่ออัตราของการทำให้เชื้อสูญเสียความสามารถในการเจริญเติบโต ถึงแม้เชื้ออาจยังไม่ตายแบบสมบูรณ์ แต่ไม่สามารถแบ่งตัวเพิ่มจำนวน หรือทำให้เกิดการติดเชื้อได้อีก⁹ สอดคล้องกับผลงานวิจัยที่พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิผลในการฆ่าเชื้อของคลื่นแสง 405 นาโนเมตร

ได้แก่ ความเข้มของแสงและระยะเวลาการสัมผัสแสง (exposure time) โดยบริเวณที่ได้รับรังสีในระดับสูงหรือการฉายแสงต่อเนื่องยาวนานจะเกิดปริมาณรังสีสะสมที่มากเพียงพอ ส่งผลให้ระดับการทำลายเชื้อมีความชัดเจนและสม่ำเสมอมากกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับบริเวณที่มีความเข้มแสงต่ำหรือได้รับแสงเพียงระยะเวลานั้น อีกทั้งเชื้อที่ลอยอยู่ในอากาศยังมีความไวต่อคลื่นแสง 405 นาโนเมตรมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับเชื้อที่อยู่บนพื้นผิวหรือในของเหลว ตามที่มีผลการทดลองพบว่าเชื้อในอากาศถูกฆ่าได้ง่ายกว่าประมาณ 3-4 เท่า¹⁰ สะท้อนให้เห็นว่าระบบแสงฆ่าเชื้อ 405 นาโนเมตรสามารถลดภาระเชื้อในอากาศ (airborne bioburden) ได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีศักยภาพสูงในการนำมาประยุกต์ใช้ในการฆ่าเชื้อแบคทีเรียในหน่วยงานต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ที่ต้องการควบคุมเชื้ออย่างเหมาะสม

จากผลการศึกษาประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อโรคด้วยระบบแสงฆ่าเชื้อ 405 นาโนเมตรต่อการลดเชื้อแบคทีเรียในสิ่งแวดล้อม โรงพยาบาลพุทธชินราชพิษณุโลก สะท้อนให้เห็นว่าในสภาวะปกติปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในพื้นที่ต่างๆ เปลี่ยนแปลงตลอดเวลาเมื่อเวลาผ่านไปจะเกิดการสะสมของเชื้อแบคทีเรียมากขึ้น ดังนั้นการควบคุมเชื้ออย่างต่อเนื่องเป็นอีกหนึ่งมาตรการที่ช่วยลดการเพิ่มจำนวนของเชื้อแบคทีเรียและลดโอกาสการแพร่กระจายเชื้อในสถานพยาบาลที่เคลื่อนย้ายผู้ป่วย บุคลากรในพื้นที่ให้บริการและพื้นที่ที่มีการปฏิบัติงานตลอดเวลา ทั้งยังช่วยลดความเสี่ยงที่ทำให้เกิดการปนเปื้อนของเชื้อจากพื้นที่หนึ่งไปสู่อีกพื้นที่หนึ่งได้ ผลการวิจัยนี้พบว่าคลื่นแสง 405 นาโนเมตรไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อมนุษย์ สามารถใช้งานได้ต่อเนื่องตลอดเวลา สอดคล้องกับผลการศึกษาเปรียบเทียบคลื่นแสง 405 นาโนเมตรกับอัลตราไวโอเลตประเภท UV-C ในการยับยั้งเชื้อไวรัสเบตาโครนาไวรัส (Betacoronavirus 1) พบว่าการใช้งานคลื่นแสง 405 นาโนเมตรไม่ส่งผลกระทบต่อมนุษย์ในระยะยาว ในขณะที่ UV-C อาจก่อให้เกิดอันตรายต่อผิวหนัง ทั้งยังผลิตก๊าซโอโซนอันเป็นอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจ¹¹

นอกจากนี้คลื่นแสง 405 นาโนเมตรจัดเป็นเทคโนโลยีใหม่ที่เรียกว่าระบบฆ่าเชื้อโรคในสิ่งแวดล้อมด้วยแสงความเข้มสูงสเปกตรัมแคบ (HighIntensity Narrow-Spectrum Light Environmental Disinfection System:HINS-light EDS)¹² ซึ่งมีประสิทธิภาพในการยับยั้งแบคทีเรียก่อโรคหลายชนิดที่เกี่ยวข้องกับการติดเชื้อในโรงพยาบาล โดยเลือกใช้แสงที่มีความยาวคลื่น 405 นาโนเมตรมากำจัดจุลินทรีย์ด้วยวิธีที่เรียกว่ากลไกการบำบัดด้วยแสงต้านจุลชีพ (Antimicrobial Photodynamic therapy: aPDT) ซึ่งเป็นวิธีที่นำมาประยุกต์ใช้ในทางการแพทย์ได้ เช่น ใช้ในการรักษา มะเร็ง, ฆ่าเชื้อบริเวณแผลผ่าตัด โดยหลักการคือ สารที่มีคุณสมบัติไวแสง (photosensitizer) ที่เรียกว่า พอร์ไฟริน (porphyrins) ภายในเซลล์จุลินทรีย์จะดูดซับคลื่นแสง 405 นาโนเมตร ไปทำปฏิกิริยากับออกซิเจนทำให้เกิด ROS ภายในเซลล์ สารอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นจะทำลายส่วนประกอบต่างๆ และทำลายโครงสร้างของเซลล์จุลินทรีย์ ส่งผลให้เชื้อจุลินทรีย์ตายไปในที่สุด¹³ จัดเป็นอีกหนึ่งมาตรการที่แนะนำว่าสามารถช่วยควบคุมการแพร่กระจายของเชื้อแบคทีเรียในสถานพยาบาลได้

ข้อมูลที่น่าเสนอนี้สรุปได้ว่าผลการศึกษานี้สอดคล้องกับคุณสมบัติของระบบแสง HINS-light ที่สามารถยับยั้งเชื้อได้ครอบคลุมทั้งแบคทีเรียแกรมบวก แบคทีเรียแกรมลบ รวมถึงเชื้อรา ซึ่งกลุ่มเชื้อที่ตรวจพบในสภาวะแวดล้อมจริงของโรงพยาบาลพุทธชินราช เช่น *E. coli* และ *S. aureus* จัดเป็นกลุ่มเชื้อปนเปื้อนสำคัญที่มักส่งผ่านในสถานพยาบาล การลดลงของเชื้อเหล่านี้ภายหลังการสัมผัสแสงต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง จึงเป็นการเน้นย้ำถึงประสิทธิภาพเชิงคลินิกของระบบแสงฆ่าเชื้อนี้

เอกสารอ้างอิง

1. Kulthamrong V, Wanchai A, Choosri P, Thophed W, Chanuwat S, Peerapu P. The development of nursing system for patients with multipletrauma in Buddhachinaraj Phitsanulok Hospital. Nurs Health Public Health J 2025;4(2): 76-90.
2. MED I. Medical Intensive Care Unit, Buddhachinaraj Phitsanulok Hospital. Clin Crit Care [Internet]. 2013 Mar 29 [cited 2025 Nov 26];21(1):17-8. Available from: tci-thaijo.org
3. Thanyathada P. Antimicrobial Resistance (AMR) situation in Buddhachinaraj Phitsanulok Hospital during 2021-2023. Buddhachinaraj Med J 2025;42(1):42-52.
4. Clean Edge Thailand. About us: Clean Edge light decontamination system [Internet]. Pathum Thani: Clean Edge Thailand; [cited 2026 Jul 23]. Available from: <https://cleanedgethailand.com/about/>.
5. Health Protection Scotland, National Services Scotland (NHS Scotland). Literature Review and Practice Recommendations: Existing and emerging technologies used for decontamination of the healthcare environment-HINS Light. Version 1.0. May 2017 [cited 2025 Nov 26]. Available from: <https://www.hps.scot.nhs.uk/web-resources-container/literature-review-and-practice-recommendations-existing-and-emerging-technologies-used-for-decontamination-of-the-healthcare-environment-hins-light/>

6. Murdoch LE, Maclean M, Endarko E, MacGregor SJ, Anderson JG. Bactericidal effects of 405 nm light exposure demonstrated by inactivation of *Escherichia*, *Salmonella*, *Shigella*, *Listeria*, and *Mycobacterium* species in liquid suspensions and on exposed surfaces. *Sci WorldJ* 2012;2012: 137805. doi:10.1100/2012/137805
7. Maclean M, MacGregor SJ, Anderson JG, Woolsey G. Inactivation of bacterial pathogens following exposure to light from a 405-nanometer light-emitting diode array. *Appl Environ Microbiol* 2009;75(7):1932-7. doi:10.1128/aem.01892-08
8. Amodeo D, Manzi P, De Palma I, Puccio A, Nante N, Barcaccia M, et al. Efficacy of violet blue (405 nm) LED lamps for disinfection of high environmental contact surfaces in healthcare facilities: Leading to the inactivation of microorganisms and reduction of MRSA contamination. *Pathogens* 2023;12(11):1338. doi:10.3390/pathogens12111338
9. McKenzie K, Maclean M, Grant MH, Ramakrishnan P, MacGregor SJ, Anderson JG. The effects of 405 nm light on bacterial membrane integrity determined by salt and bile tolerance assays, leakage of UV absorbing material and SYTOX green labelling. *Microbiology* 2016;162(9):1680-8. doi:10.1099/mic.0.000350
10. Dougall L, Anderson JG, MacGregor SJ, MacLean M. Efficacy of antimicrobial 405 nm blue-light for inactivation of airborne bacteria. In: *Proceedings of SPIE Photonics West 2018* [Internet]; 2018 Jan 27-Feb 1; San Francisco, CA. [cited 2026 Jul 23]. Available from: <https://doi.org/10.1117/12.2289987>
11. Vashishtha K, Xi F, Dharmalingam P, Douplik A. Comparative study of blue light with ultraviolet (UVC) radiation on Betacoronavirus 1. *Appl Sci* 2023;13(3):1426. doi:10.3390/app13031426
12. Maclean M, McKenzie K, Anderson J, Gettinby G, MacGregor S. 405 nm light technology for the inactivation of pathogens and its potential role for environmental disinfection and infection control. *J Hosp Infect* 2014;88(1):1-11. doi:10.1016/j.jhin.2014.06.004
13. Cabral J, Ag R. Blue light disinfection in hospital infection control: Advantages, drawbacks, and pitfalls. *Antibiotics* 2019; 8(2):58. doi:10.3390/antibiotics8020058