

การศึกษาคุณภาพอากาศภายในอาคารของห้องผ่าตัดโรงพยาบาล

A STUDY OF INDOOR AIR QUALITY IN THE OPERATING ROOMS OF THE HOSPITAL

ไพศาล ฤทธิ์จันทร์¹

รองศาสตราจารย์ ดร.อำนาจ ผดุงศิลป์²

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการศึกษาคุณภาพอากาศภายในห้องผ่าตัด ของโรงพยาบาลนครชน เป็นอาคารกรณีศึกษาซึ่งมีพื้นที่ห้องผ่าตัด ขนาด 45.54 m² ซึ่งเป็นส่วนของการให้บริการ จากการศึกษาคุณภาพอากาศ ทั้ง 2 รูปแบบ แบบแรงดันบวก และ แบบแรงดันลบ ทำการตรวจวัดตามสภาวะการใช้งาน Occupancy State ตรวจวัดแบบ At – rest โดยใช้วิธีการตรวจวัดค่าคุณภาพอากาศ อ้างอิงมาตรฐาน ISO 14644-1 และ มีการเก็บตัวอย่างจุลชีพแขวนลอยในอากาศ อ้างอิง NIOSH Method 0800 เปรียบเทียบกับค่าคุณภาพอากาศที่อ้างอิงกับข้อกำหนด ASHRAE 170-2017 Singapore Standard SS 554 : 2009 Microbial Contamination Limits in Operating Room และ ศึกษาการกำจัดสิ่งปนเปื้อนในอากาศ Airborne Contaminant Removal ค่าหน้าที่จำเป็นสำหรับประสิทธิภาพการกำจัดของตัวกรองอากาศ 99.9% ของสิ่งปนเปื้อนในอากาศ ซึ่งจากผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศ พบว่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน และใช้ระยะเวลาในการกำจัดสิ่งปนเปื้อนในอากาศอยู่ที่ 17 นาที โดยค่าอัตราการหมุนเวียนอากาศ (Air Change Rate) เฉลี่ยอยู่ที่ 26 ACH จากการศึกษาคุณภาพอากาศภายในห้องผ่าตัดเฉพาะห้องที่ทำการศึกษา โดยในการใช้งานของบุคลากรทางการแพทย์ภายในห้องผ่าตัด การเปิดระบบปรับและระบายอากาศภายในห้องผ่าตัด ก่อนเริ่มการใช้งานหรือรับผู้ป่วยรายต่อไปอย่างน้อยตามเวลาที่กำหนด เพื่อให้สิ่งปนเปื้อนในอากาศจากภายในห้องระบายออกสู่ภายนอกได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดและปลอดภัยต่อผู้ใช้งาน

คำสำคัญ: ห้องผ่าตัดแรงดันบวก, ห้องผ่าตัดแรงดันลบ ,คุณภาพอากาศห้องผ่าตัด

¹ นักศึกษาหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการทางวิศวกรรม มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

² ที่ปรึกษาการศึกษาารายบุคคลหลัก

ABSTRACT

The purpose of this study was to study the air quality in the operating room. Of Nakornthon Hospital It is a case study building with an operating room area of 45.54 m², which is part of the service. From the study of air quality, both positive-pressure and negative-pressure models were measured according to operating conditions, occupancy state, at-rest measurements, using air quality measurement methods. Based on ISO 14644-1 and airborne microbial samples were collected. Based on NIOSH Method 0800, compared to air quality values referred to ASHRAE 170-2017 Singapore Standard SS 554: 2009 Microbial Contamination Limits in Operating Room and Sanitary Disposal Study. Airborne Contaminant Removal The min value required for the removal efficiency of the air filter 99. 9% of airborne contaminants which from the results of air quality measurement found to be within the standard and took time to remove air contaminants was 17 minutes, with an average air change rate of 26 ACH from the study of air quality in the operating room only in the study room. By the use of medical personnel in the operating room Opening the adjustment and ventilation system in the operating room before starting use or receiving the next patient at least for the specified time. To allow airborne contaminants from inside the room to be vented to the outside in the most efficient and safe way for users.

Keywords: Positive Pressure Operating Room, Negative Pressure Operating Room, Operating Room Air Quality

ความสำคัญและความเป็นมาของปัญหา

ปัจจุบันโรงพยาบาลได้ถูกแบ่งประเภทตามการดูแลควบคุมบริการเป็นโรงพยาบาลของรัฐ และโรงพยาบาลเอกชน โดยเมื่อปี พ.ศ.2555 พบว่ามีผู้ใช้บริการโรงพยาบาลเป็นจำนวน 46,335,100 ราย ซึ่งเป็นผู้ป่วยนอกประมาณ 44.1 ล้านราย คิดเป็นร้อยละ 95.3 และเป็นผู้ป่วยในประมาณ 2.2 ล้านราย หรือร้อยละ 4.7 โดยนับจากจำนวนการเข้าใช้บริการโรงพยาบาล ปัญหาที่สำคัญคือการติดเชื้อจากการใช้บริการโรงพยาบาล ถึงแม้ว่าการติดเชื้อในโรงพยาบาลจะมีแนวโน้มที่ลดลงแต่ยังพบว่าการติดเชื้อในโรงพยาบาลทั้งโรงพยาบาลขนาดใหญ่และขนาดเล็ก เนื่องจากมาตรการการควบคุมการติดเชื้อ กระบวนการสร้างสภาพการปลอดเชื้อ ความสะอาดของพื้นที่ การระบายอากาศที่ไม่เพียงพอและไม่เป็นไปตามมาตรฐาน ห้องผ่าตัด Operating Room ถือเป็นว่าเป็นสถานที่สำคัญที่ให้บริการทางการแพทย์และเป็นส่วนหนึ่งของการให้บริการ

ของทางโรงพยาบาล เช่น งานผ่าตัดศัลยกรรม งานผ่าตัดคลอด เป็นต้น เนื่องจากสถานการณ์ ณ.ปัจจุบันที่ประเทศไทยที่กำลังเผชิญสถานการณ์ระบาดของโรคเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 โครงสร้างห้องผ่าตัดเดิมของโรงพยาบาลไม่เอื้ออำนวยต่อการให้บริการ ซึ่งก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อการแพร่กระจายเชื้อกับผู้ให้บริการและผู้รับบริการ จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในการปรับปรุงห้องผ่าตัด ให้สามารถรองรับการให้บริการผ่าตัดภายใต้สถานการณ์นี้ได้ เพื่อให้บุคลากรทางการแพทย์ลดอัตราการติดเชื้อจากไวรัสโคโรนา 2019 ที่เกิดจากการทำหัตถการภายในห้องผ่าตัดจัดทำเป็นแบบทั้งห้องผ่าตัดแรงดันบวก (+) Positive Pressure และห้องผ่าตัดแรงดัน (-) Negative Pressure ภายในห้องเดียวกันและเนื่องจากคุณภาพอากาศภายในห้องผ่าตัด นั้นมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการลดอัตราการติดเชื้อที่เกิดจากการทำหัตถการของบุคลากรทางแพทย์ และเป็นส่วนหนึ่งของการลดอัตราการติดเชื้อของผู้รับบริการภายในห้องผ่าตัดจึงเป็นที่มาที่จะต้องมีการศึกษา ตรวจวัด ตรวจสอบ คุณภาพอากาศภายในห้องผ่าตัด ว่าเป็นไปตามมาตรฐานหรือเกณฑ์ที่ใช้อ้างอิง หรือไม่

ทั้งนี้ ผู้ทำการศึกษาเล็งเห็นถึงความสำคัญของปัญหาดังกล่าว จึงได้จัดทำการศึกษาผลลัพธ์ที่ได้จากการศึกษาคุณภาพอากาศภายในห้องผ่าตัดแรงดันบวกและแรงดันลบ ของอาคารโรงพยาบาลนครธน ว่ามีความปลอดภัยและสร้างความมั่นใจให้กับบุคลากรทางการแพทย์ทั้งภายในและภายนอกองค์กร ที่มีการใช้งานภายในห้องผ่าตัด อีกทั้งเป็นข้อมูลไว้ศึกษาในกรณีที่จะมีการปรับปรุงหรือจัดสร้างห้องผ่าตัดใหม่ให้มีประสิทธิภาพและปลอดภัยได้ ปรับปรุงแล้วจะส่งผลดีในด้านใดเพื่อเสนอต่อทีมบริหารโรงพยาบาล

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาและตรวจสอบคุณภาพอากาศภายในห้องผ่าตัดของโรงพยาบาลนครธนและทำ การเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานสำหรับห้องผ่าตัด
2. เพื่อวิเคราะห์สิ่งปนเปื้อนในอากาศและเสนอแนวทางในการปรับปรุงคุณภาพอากาศภายในห้องผ่าตัด

ขอบเขตของการวิจัย

1. ทำการศึกษาคุณภาพอากาศภายในห้องผ่าตัดขนาด 45.54 ตารางเมตร ทั้งแบบแรงดันบวก (+) Positive Pressure และห้องผ่าตัดแรงดัน (-) Negative Pressure ของโรงพยาบาลนครธน
2. ทำการวิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพอากาศภายในห้องผ่าตัด ที่ได้จากการตรวจวัดเพื่อกำหนดเป็นบริบทการใช้งานแก่ผู้ใช้งานห้องผ่าตัด อาคาร โรงพยาบาลนครธน
3. ทำการศึกษาโดยอ้างอิงกับ มาตรฐานหรือเกณฑ์อ้างอิง ASHRAE Application Handbook CDC Guidelines for Environmental Infection Control in Health-Care Facilities

4. ทำการศึกษาวิธีการตรวจประเมินสภาพแวดล้อมในห้องผ่าตัดตามแนวทางการตรวจวัดอ้างอิงมาตรฐานองค์การระหว่างประเทศว่าด้วยการมาตรฐาน (The International Organization for Standardization; ISO), ISO 14644-1: 2015 และ NIOSH Method: 0800 BIOAEROSOLSAMPLING (Indoor Air)

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. มีแนวทางในการปรับปรุงคุณภาพอากาศ ภายในห้องผ่าตัด
2. ทราบถึงระดับการประเมิน ค่าคุณภาพอากาศภายในห้องผ่าตัด Indoor Air Quality of Operating Room
3. มีแนวทางที่สามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาการบริหารจัดการ หรือ การปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ภายในห้องผ่าตัด ให้มีประสิทธิภาพสูงและปลอดภัยต่อผู้ใช้งาน
4. ทราบถึงความเป็นไปได้ของการบริหารจัดการคุณภาพอากาศภายในห้องผ่าตัด ให้เข้าเกณฑ์มาตรฐานระดับสากล

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานส่งเสริมคุณภาพมาตรฐาน กลุ่มส่งเสริมมาตรฐานวิศวกรรม กองวิศวกรรมการแพทย์ กรมสนับสนุนบริการสุขภาพ กระทรวงสาธารณสุข (2558) ได้ศึกษาปัญหากระบวนการปรับอากาศและระบายอากาศในห้องผ่าตัดของโรงพยาบาลศูนย์ ค้นหาสาเหตุของปัญหา แนวทางการปรับปรุง ให้มีคุณภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน โดยใช้เครื่องมือในการตรวจวัดจากจำนวนห้องผ่าตัดทั้งหมด 63 ห้อง โดยพบปัญหาด้านคุณภาพอากาศ ดังนี้ ความดันห้อง (Pressure Room) คิดเป็นร้อยละ 70 ปริมาณอนุภาค (Particle) คิดเป็นร้อยละ 49 ความชื้นสัมพัทธ์ (%RH) คิดเป็นร้อยละ 30 คาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) คิดเป็นร้อยละ 30 ฝุ่น (Dust) คิดเป็นร้อยละ 27 อุณหภูมิ (Temperature) คิดเป็นร้อยละ 2 โดยห้องที่ไม่ผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานพบปัญหาของอัตราการหมุนเวียนอากาศน้อยกว่า 25 ACH อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ปัญหาที่พบจะเป็นเรื่องของความชื้นสัมพัทธ์สูง ซึ่งจะส่งผลให้เชื้อแบคทีเรียในอากาศเกิดการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว

รชนิกร วีระเจริญ ญัฐพงศ์ แหะหมั่น และ ชยาพล จงเจริญ กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข (2563) ได้ศึกษาคุณภาพอากาศภายในห้องผ่าตัด เพื่อประเมินสภาวะทางสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานที่อาจได้รับผลกระทบจากคุณภาพอากาศที่ไม่เหมาะสม ผลการศึกษาพบว่าคุณภาพอากาศภายในห้องผ่าตัดทั้ง 2 แห่ง ส่วนใหญ่ไม่เกินค่าแนะนำ ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM₁₀ ผลการตรวจประเมินคุณภาพอากาศในห้องผ่าตัดแยกเป็นด้านๆตามพารามิเตอร์ ดังนี้ 1)พารามิเตอร์ทางด้านสภาวะสบายเชิงความร้อน 2) พารามิเตอร์ทางด้านเคมี ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศ พบว่าห้องผ่าตัดโรงพยาบาลทั้ง 2 โรงพยาบาลทุกจุดมีค่าผ่านเกณฑ์ตามมาตรฐาน การตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM₁₀ และ PM_{2.5} ยัง

ไม่มีคำแนะนำสำหรับห้องผ่าตัด เมื่อเทียบกับมาตรฐาน Singapore Standard SS 554 3) พารามิเตอร์ทางด้านจุลชีพ ผลการตรวจวัดแบคทีเรียรวมและเชื้อราภายในห้องผ่าตัดยังไม่มีเกณฑ์มาตรฐาน พบว่าแบคทีเรียรวมมีค่าสูงกว่ามาตรฐานอยู่ 4 จุดและจุดที่มากที่สุดมีค่าสูงถึง 1418 CFU/m³

สาริต นฤภัย กองวิศวกรรมการแพทย์ กรมสนับสนุนบริการสุขภาพ (2562) ได้ศึกษาและออกแบบระบบสร้างความดันบวกดันลบเพื่อดูดการติดเชื้อในห้องผ่าตัดขนาดเล็กที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติ (Action Research) จากการศึกษาพบว่าสภาพปัญหาของห้องผ่าตัดปัจจัยสำคัญของห้องผ่าตัดเพื่อให้มีความดันภายในห้องเป็นบวก ลดปริมาณฝุ่นและปริมาณอนุภาค เช่น ปรับปรุงประตูของห้องผ่าตัดไม่ให้มีรอยรั่ว ผลการศึกษาวิจัยและออกแบบปรับปรุงห้องผ่าตัดของโรงพยาบาล มีผลการวัดค่าคุณภาพอากาศใหม่หลังปรับปรุงเสร็จจะเป็นไปตามวัตถุประสงค์ ผลจากการออกแบบและทำการปรับปรุงความดันภายในห้อง (Pa) จากเดิม -4.5 เป็น +5.8 , ค่าอัตราการไหลเวียนของอากาศเป็น 15 ACH อุณหภูมิ จากเดิม 27°C-31°C เป็น 23°C-27°C ความชื้นสัมพัทธ์ จากเดิม 71 %RH ลดลงเป็น 61 %RH ปริมาณฝุ่นและปริมาณอนุภาคลดลง CO₂ จาก 1,241 ppm. ลดลงเหลือเพียง 300 ppm. ซึ่งโดยภาพรวมห้องผ่าตัดที่ได้ทำการปรับปรุงมีค่าต่างๆอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานและเป็นไปตามวัตถุประสงค์

พรชรัฐ สายยุทธ์ (2562) ได้ศึกษาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศและคุณภาพอากาศในอาคารของโรงพยาบาล ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์กับคุณภาพอากาศในอาคาร ใช้การวิจัยศึกษาเชิงวิเคราะห์แบบภาคตัดขวาง กลุ่มตัวอย่างคือ หอผู้ป่วยนอก หอผู้ป่วยใน ห้องอุบัติเหตุฉุกเฉิน คลินิกทันตกรรม และห้องทำงานของโรงพยาบาล ด้วยเครื่องมือ Single Stage Impactor และ Indoor Air Quality Monitor ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณแบคทีเรียสูงสุดที่สุด คือ ห้องอุบัติเหตุฉุกเฉิน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 614.69 CFU/m³ ซึ่งไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานตาม Guide lines for Good Indoor Air Quality in Office Premises (1996) ตำแหน่งที่พบปริมาณแบคทีเรียสูงสุดคือ ตำแหน่งช่องทางอากาศ ส่วนคุณภาพอากาศในอาคาร ปริมาณแบคทีเรียมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิอากาศแบบแปรผกผันในระดับต่ำ ความชื้นสัมพัทธ์และปริมาณออกซิเจนมีความสัมพันธ์กับปริมาณแบคทีเรียที่พบแบบแปรตามกันในระดับต่ำตามลำดับ

นภฐมณ มโนรัตน์ และ นันทกา สินธุพันธ์สกุล (2562) ได้ศึกษาคุณภาพอากาศภายในโรงพยาบาล ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และเชื้อจุลินทรีย์ (แบคทีเรียและเชื้อรา) ในโรงพยาบาล วิจัยศึกษาเชิงวิเคราะห์แบบภาคตัดขวาง 38 จุดตัวอย่าง ตามพื้นที่เสี่ยง ผลการศึกษาพบว่า อุณหภูมิในบริเวณตัวอย่างมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 27.00±2.37°C ว่าความชื้นสัมพัทธ์มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 55.43±6.52 ความเร็วลมมีค่ามัธยฐานที่ 3 m/s ผลการเพาะเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศ พบเชื้อแบคทีเรียมีปริมาณตั้งแต่ 30 ถึง 1024 CFU/m³ ค่ามัธยฐานอยู่ที่ 136 CFU/m³ (≤500 CFU/m³) และปริมาณเชื้อราพบว่ามีปริมาณตั้งแต่ 30 ถึง 640 CFU/m³ ค่ามัธยฐานเชื้อราอยู่ที่ 210 CFU/m³ (≤500 CFU/m³) เมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศพบว่า อุณหภูมิ

ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม อยู่ในค่ามาตรฐาน และปริมาณเชื้อจุลินทรีย์แบคทีเรียและเชื้อราอยู่ในค่ามาตรฐาน

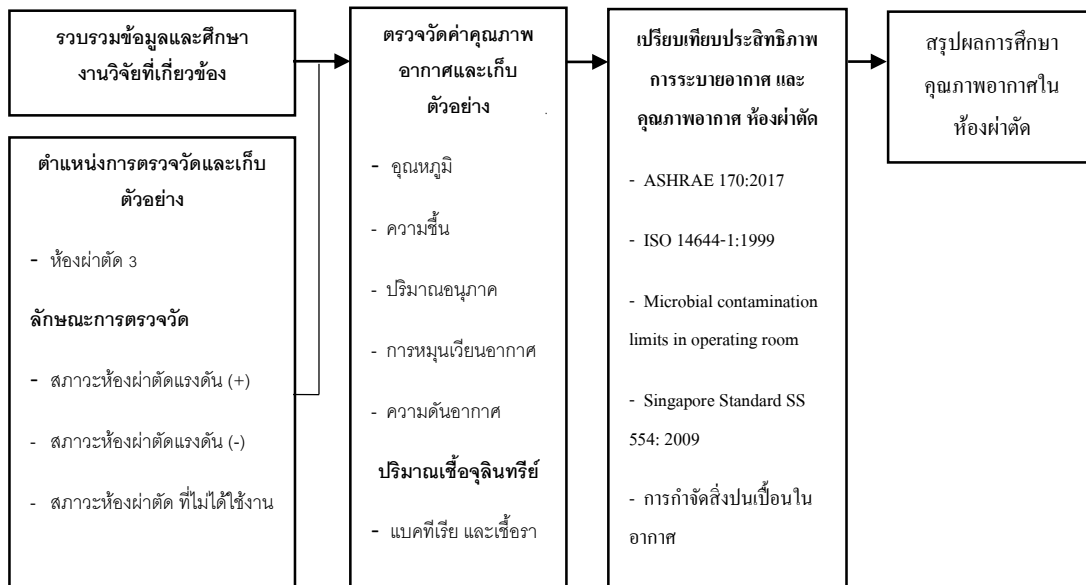
ปานทิพย์ ธินชัย มนทิรา เตี้ยเล็ก และ จิรา คงปราง (2561) ได้ทำการศึกษาเป็นการวิจัยเชิงพรรณนาภาคตัดขวางเพื่อประเมินคุณภาพอากาศในอาคารโรงพยาบาลชุมชนขนาด 120 เตียง ในพื้นที่ 5 แผนก โดยตรวจวัดมลภาวะอากาศภายในอาคารทางชีวภาพและภาวะสบายเชิงความร้อน ผลการตรวจวัดปริมาณแบคทีเรียรวมและเชื้อราวมซึ่งใช้วิธีเก็บตัวอย่างจุลชีพแขวนลอย จำนวน 78 ตัวอย่าง มีค่าระหว่าง 3-411 CFU/m³ และ 0-289 CFU/m³ ตามลำดับ ซึ่งไม่เกินค่าแนะนำที่ยอมรับได้ตามที่กำหนด (กำหนดไว้ไม่เกิน 500 CFU/m³) ทุกครั้งที่ตรวจวัด ค่าเฉลี่ยปริมาณแบคทีเรียรวมและเชื้อราวมตรวจพบสูงสุดในแผนกผู้ป่วยนอก (239 CFU/m³ และ 111 CFU/m³ ตามลำดับ) รองลงมาเป็นแผนกห้องคลอด แผนกอุบัติเหตุฉุกเฉิน แผนกอายุรกรรมชาย และแผนกทันตกรรมทั่วไป พบว่า

ผลการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง งานวิจัยส่วนใหญ่ศึกษาเกี่ยวกับคุณภาพอากาศภายในโรงพยาบาล และ ห้องผ่าตัดเลือกใช้วิธีการศึกษาเชิงวิเคราะห์แบบภาคตัดขวาง ที่มุ่งเน้นเรื่องของการลงมือในการตรวจวัดคุณภาพอากาศ ณ สถานที่ที่ทำการศึกษา โดยค่าที่เกี่ยวกับคุณภาพอากาศภายในโรงพยาบาล และ ห้องผ่าตัด จะมุ่งเน้นเรื่องของการศึกษาผลที่ได้จากการตรวจวัดค่าอนุภาคอากาศ ค่าอุณหภูมิ ความชื้น การหมุนเวียนและระบายอากาศ และมีการเปรียบเทียบผลเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศ (แบคทีเรียและเชื้อรา) อ้างอิงมาตรฐานคุณภาพอากาศภายในโรงพยาบาล หรือ ห้องผ่าตัด เช่น มาตรฐานการปรับอากาศและหมุนเวียนในสถานพยาบาลของสมาคมวิศวกรรมระบบทำความร้อนและปรับอากาศสหรัฐอเมริกา หรือ ASHRAE 170 มาตรฐาน Singapore Standard SS 554 และ มาตรฐานการปนเปื้อนเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศในห้องผ่าตัดของ American Conference of Governmental Industrial Hygienists

วิธีดำเนินการวิจัย

1. รูปแบบการวิจัย การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยการศึกษาเชิงวิเคราะห์แบบภาคตัดขวาง (Cross-sectional Analytical study) เพื่อหาปริมาณจุลินทรีย์ในห้องผ่าตัด เก็บตัวอย่างโดยใช้เครื่องมือ Air Sampling MAS 100 และตรวจวัดคุณภาพอากาศในห้องผ่าตัดโดยใช้เครื่องวัดคุณภาพอากาศในห้องผ่าตัด (Indoor Air Quality: IAQ) สถานที่ศึกษาครั้งนี้ คือ ห้องผ่าตัด 3 ของแผนกห้องผ่าตัด ภายในโรงพยาบาลนครธน จังหวัดกรุงเทพมหานคร โดยการศึกษาครั้งนี้ เลือกห้องผ่าตัดที่มีการใช้งานกับผู้ป่วย การคัดเลือกจุดเก็บตัวอย่างนั้น อ้างอิงจากข้อกำหนดและมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพอากาศในห้องผ่าตัด โดยเน้นที่ภายในห้องผ่าตัด โดยทำการตรวจวัดตามสภาวะการใช้งาน Occupancy State ได้กำหนดให้มีการตรวจวัดแบบ At – rest ตรวจวัดโดยไม่มีผู้ปฏิบัติงานที่เป็นบุคลากรทางแพทย์อยู่ภายในห้องผ่าตัด นอกห้องผ่าตัด ขณะปิดเครื่องปรับอากาศ และเปิดเครื่องปรับอากาศ ทั้งแบบห้องผ่าตัดแรงดันบวก และ แบบห้องผ่าตัดแรงดันลบ ได้ทำการเก็บตรวจวัดคุณภาพอากาศในส่วน of ค่าอุณหภูมิ ความชื้น ปริมาณอนุภาค 8 จุด จุดละ 2 ครั้ง

และทำการเก็บตัวอย่างโดยใช้ Air Sampling MAS 100 เก็บ 1 จุด จุดละ 2 ครั้ง โดยมีการเก็บตัวอย่างอากาศที่บริเวณเตียงผ่าตัดภายในห้องผ่าตัด 3 โดยแบบแผนการวิจัยได้แสดงไว้ใน ภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แสดงวิธีการดำเนินการวิจัย

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.1 เครื่องเก็บตัวอย่างอากาศด้วยวิธีการเก็บตัวอย่างอากาศหลักการกระแทกของอากาศชนิดชั้นเดียว (Single Stage) โดยใช้เครื่องมือ Air Sampling MAS 100 เก็บตัวอย่างอากาศกระทบกับบริเวณผิวของจานเพาะเชื้อ Blood Agar สำหรับเชื้อแบคทีเรีย และ Sabouraud Dextrose Agar (SDA) สำหรับเชื้อรา

2.2 เครื่องมือตรวจวัดปริมาณอนุภาคในอากาศ Discrete-Particle Counter (DPC) เป็น อุปกรณ์กระจายแสงที่สามารถแสดงค่าหรือบันทึกจำนวนและขนาดของอนุภาคในอากาศได้ สำหรับตรวจวัดปริมาณอนุภาคในอากาศในห้องผ่าตัด โดยปั๊มจะดูดอากาศเพื่อเก็บตัวอย่างเข้ามาในเครื่อง และผ่านSensors และวิเคราะห์ปริมาณอนุภาคในอากาศ แสดงผลผ่านหน้าจอและเก็บข้อมูลได้ต่อเนื่องแบบ Real-Time พารามิเตอร์ที่ต้องการตรวจวัด

2.3 เครื่องตรวจสอบระบบระบายอากาศ Modular Air Balancing Tool เป็นอุปกรณ์ตรวจวัดความเร็วลมผ่านช่องจ่ายลมของระบบปรับอากาศและระบายอากาศ สำหรับตรวจวัดปริมาณลมเพื่อนำไปคำนวณอัตราการหมุนเวียนอากาศ (Air Change Rate) โดยคิดปริมาณการหมุนเวียนอากาศในพื้นที่ต่อชั่วโมง

2.4 เครื่องมือตรวจวัดความดันอากาศภายในห้องผ่าตัด Digital Manometer ใช้สำหรับตรวจสอบทิศทางการไหลของอากาศ (Directional Airflow) เพื่อทดสอบระบบ Positive-Negative Pressure และ Differential Pressure ของห้องผ่าตัด

2.5 เครื่องมือตรวจวัดอุณหภูมิ ความชื้น ภายในห้องผ่าตัด ใช้สำหรับตรวจค่าอุณหภูมิ ความชื้นภายในห้องผ่าตัด อ่านค่าแบบ Direct Reading โดยจะทำการเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในห้องผ่าตัด

2.6 อาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้ในการวิเคราะห์โดยใช้ Blood Agar ใช้ในการวิเคราะห์หา Bacteria และ Sabouraud Dextrose Agar (SDA) ใช้ในการวิเคราะห์เชื้อรา

2.7 แบบบันทึกการเก็บข้อมูล ใช้เพื่อเก็บข้อมูลทั่วไปของสถานที่ที่ทำการเก็บตัวอย่าง เชื้อจุลินทรีย์และตรวจวัดคุณภาพอากาศในอาคาร เพื่อศึกษาปัจจัย ได้แก่ เวลาที่ทำการตรวจวัด จำนวนผู้เข้ารับบริการต่อวันขนาดของโรงพยาบาล จำนวนเตียงผ่าตัดของโรงพยาบาล ลักษณะการทำงานของห้องผ่าตัด การสัมผัสกับผู้ป่วยประเภทการระบายอากาศ ชนิดการระบายอากาศ ทางเข้าออกของอากาศ และประเภทของเครื่องปรับอากาศ

3. วิธีการเก็บตัวอย่าง

3.1 เปิดตั้งเครื่องเครื่องดูดอากาศที่ติดตั้ง Air Sampling MAS 100 ที่มีอาหารเลี้ยงเชื้อบรรจุอยู่ภายใน จากนั้นทำการดูดด้วยอัตราการดูดอากาศ 100 ลิตร/นาที ดูดอากาศเป็นเวลา 10 นาทีและนำจานเพาะเชื้อที่ได้ไปบ่มอุณหภูมิ 35-37 °C นาน 24-48 ชั่วโมง นับจำนวนโคโลนีของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราที่ขึ้นบนอาหารเลี้ยงเชื้อ โดยนับแยกโคโลนีที่เหมือนกันตามวิธีของ American Society for Microbiology คำนวณและรายงานผลเป็น CFU/m³

3.2 การตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในห้องผ่าตัด

3.2.1 ตรวจวัดความเข้มข้นของอนุภาคที่แขวนลอยในอากาศภายในห้องผ่าตัด ตามข้อกำหนดของ ISO 14644-1: 1999(E) โดยจะตรวจวัดจำนวนอนุภาคขนาดเท่ากับหรือใหญ่กว่า 0.5 μm และ 5 μm เครื่องมือตรวจวัด Discrete-Particle Counter (DPC) แสดงค่าหรือบันทึกจำนวนและขนาดของอนุภาคในอากาศได้ ตามสถานะ การใช้งานห้องผ่าตัด ก่อนเปิดระบบปรับอากาศ สภาวะห้องผ่าตัดแรงดันบวก สภาวะห้องผ่าตัดแรงดันลบ อย่างละ 2 ตัวอย่าง โดยการเก็บตัวอย่างในการศึกษาครั้งนี้มีทั้งสิ้น 8 จุด

3.2.2 ตรวจวัดอุณหภูมิหรือความร้อนในอากาศ ใช้เทอร์โมมิเตอร์แบบ Resistance temperature Detectors; (RTD) ซึ่งเป็นหลักการที่ใช้ในเทอร์โมมิเตอร์แบบดิจิตอล ภายในเครื่อง Thermo-hygyo-air quality meter ใช้ในการตรวจวัด โดยจุดการตรวจวัดจะดำเนินการควบคู่กับการตรวจวัดจำนวนอนุภาคในห้องผ่าตัด

3.2.3 ตรวจวัดความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องผ่าตัด ใช้เซ็นเซอร์วัดความชื้นแบบรีซิสทีฟ (Resistive Humidity Sensor) ภายในเครื่อง ภายในเครื่อง Thermo-hygro-air quality meter ใช้ในการตรวจวัด โดยจุดการตรวจวัดจะดำเนินการควบคู่กับการตรวจวัดจำนวนอนุภาค อุณหภูมิ ความชื้นภายในห้องผ่าตัด

3.2.4 ตรวจวัดอัตราการไหลของอากาศ (Air Flow) ภายในห้องผ่าตัด ด้วยวิธีวัดเฉพาะจุดวัดที่ หัวจ่ายลม วัดค่าปริมาณลมจ่ายจากหน้ากากกระจายลม วัดแบบต่อเนื่องตามจริง (Real Time) โดยใช้เครื่อง ตรวจสอบระบบระบายอากาศ (Modular Air Balancing Tool) ทำการตรวจวัดปริมาณลมเพื่อนำไปคำนวณ อัตราการหมุนเวียนอากาศ (Air Change Rate) โดยคิดปริมาณการหมุนเวียนอากาศในพื้นที่ต่อชั่วโมง ตาม ตำแหน่งหัวจ่ายลม Membrane Diffuser 1-10 รวมทั้งสิ้น 10 จุด

3.2.5 ตรวจวัด Room Pressure (Positive-Negative Pressure) และ Differential Pressure โดยใช้ เครื่องมือในการตรวจวัด Digital Manometer วิธีในการตรวจวัดความดันต่าง ในการตรวจวัดความดันต่าง ระหว่างห้อง จะต้องทำการตรวจสอบก่อนว่าปริมาณอากาศที่จ่ายเข้าสู่ห้อง (Air Supply) ถูกต้องตามที่ ออกแบบไว้ และตรวจสอบว่าประตูของห้องผ่าตัดนั้นต้องปิดสนิท โดยจะเก็บค่าตามสถานะ การใช้งานห้อง ผ่าตัด ก่อนเปิดระบบปรับอากาศ สภาวะห้องผ่าตัดแรงดันบวก สภาวะห้องผ่าตัดแรงดันลบ อย่างละ 2 ตัวอย่าง

3.2.6 ตรวจวัดความเข้มข้นของอนุภาคที่แขวนลอยในอากาศในห้องผ่าตัด ตามข้อกำหนด ของ ISO 14644-1: 1999(E) ในส่วนการตรวจวัดในส่วนของการ Recovery Test โดยตรวจวัดจำนวนอนุภาคนาโน เท่ากับหรือใหญ่กว่า $0.5 \mu\text{m}$ ตั้งแต่ช่วงเวลาก่อนเปิดเครื่องปรับอากาศภายในห้องผ่าตัด ตั้งแต่วันที่ 0 และมีการเก็บค่าอนุภาคทุกๆ 2-5 นาทีเพื่อดูการเปลี่ยนแปลงค่าของจำนวนอนุภาคถึงนาทีที่ 20 ตามค่าการ ออกแบบอัตราการหมุนเวียนอากาศของห้องผ่าตัด โดยมีการเก็บค่าทั้ง ห้องผ่าตัดแรงดันบวก และ ห้อง ผ่าตัดแรงดันลบ โดยนำค่าไปเปรียบเทียบเพื่อหาค่าการจัดสิ่งปนเปื้อนในอากาศภายในห้องผ่าตัด

4. การวิเคราะห์ข้อมูล งานวิจัยนี้ใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) วิเคราะห์ข้อมูล แสดงผล ที่เป็นค่าจากการตรวจวัด เพื่ออธิบายปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์ที่พบในอากาศและค่าคุณภาพอากาศภายใน ห้องผ่าตัด เพื่อทำการเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานสำหรับห้องผ่าตัดและวิเคราะห์สิ่งปนเปื้อนในอากาศ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปมาวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการศึกษา

จากการศึกษาพบว่าผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศห้องผ่าตัด OR3 ทั้งในกรณี Off AHU และ Run AHU ห้องผ่าตัด แรงดันอากาศแบบ Positive Pressure (P+) พบว่าผลในการตรวจคุณภาพอากาศภายในห้อง ผ่าตัดทั้ง 2 ครั้ง พบว่าเกณฑ์คุณภาพอากาศนั้นผ่านเกณฑ์มาตรฐานทั้ง 2 ครั้ง โดยที่ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของ อนุภาคที่ $0.5 \mu\text{m}$ ครั้งที่1และครั้งที่2 อยู่ที่ $8,348 \text{ particles/m}^3$ และ $6,709 \text{ particles/m}^3$ ค่าความเข้มข้นเฉลี่ย

ของอนุภาคที่ $5\text{ }\mu\text{m}$ ครั้งที่1และครั้งที่2 อยู่ที่ 1,183 particles/m³ และ 516 particles/m³ ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยครั้งที่1และครั้งที่2 อยู่ที่ 21.6°C และ 21.2°C ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยครั้งที่1และครั้งที่2 อยู่ที่ 59.9%Rh และ 60.1%Rh ค่าอัตราการหมุนเวียนอากาศ ครั้งที่1และครั้งที่2 อยู่ที่ 26.2 ACH และ 26.4 ACH ค่าแรงดันอากาศ ครั้งที่1และครั้งที่2 อยู่ที่ 10.8 Pa และ 11 Pa อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ASHRAE 170-2017 ของกรณีห้องผ่าตัด และเมื่อเปรียบเทียบกับค่าจุลชีพแขวนลอยในอากาศค่า Total Bacteria count ตรวจวัดครั้งที่1และ2 อยู่ที่ 0 CFU/m³ และ Total Fungi count ตรวจวัดครั้งที่1และ2 อยู่ที่ 0 CFU/m³ ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐาน Environmental Controls in Operating Theatres Guidelines for the Assessment of Bioaerosols in the Indoor Environment เป็นดังตารางที่1

ตารางที่ 1 สรุปผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศห้องผ่าตัด OR 3 แบบ Positive Pressure (P+)

Operation Room	OR3				Standard
Hepa Filter	10				
Air pressure status	Off AHU	ครั้งที่1	Off AHU	ครั้งที่2	
Air Change Rate (ACH)	-	26.2	-	26.4	>20 ACH (ASHRAE 170-2017)
Total Supply Air (CFM)	-	2,039	-	2,056	
Differential Pressure (Pa)	-	10.8	-	11.0	>2.5Pa (ASHRAE 170-2017)
Total Bacteria count	228*	0	224*	0	(*) <500 CFU/m ³ Singapore Standard SS 554 : 2009 <35 CFU/m ³ Environmental controls in operating theatres: J Hosp Infect. 2002
Total Fungi count	30*	0	30*	0	(*) <500 CFU/m ³ Singapore Standard SS 554 : 2009 <15 CFU/m ³ Environmental controls in operating theatres: J Hosp Infect. 2002
Avg. Room Temperature (°C)	23.7	21.6	23.7	21.2	20 – 24 (°C) (ASHRAE 170-2017)
Avg. Relative Humidity (%RH)	57.6	59.9	57.5	60.1	40-60 %RH (ASHRAE 170-2017)
Avg. Particle (0.5 μm) Internal	1,877,698	8,348	1,858,560	6,709	352,000 particles/m ³ (ISO 14644-1:2015)
Avg. Particle (5 μm) Internal	9,156	1,183	19,328	516	2,930 particles/m ³ (ISO 14644-1:2015)
Avg. Particle (0.5 μm) Corridor	3,819,646		3,844,223		particles/m ³
Avg. Particle (5 μm) Corridor	45,724		37,615		particles/m ³

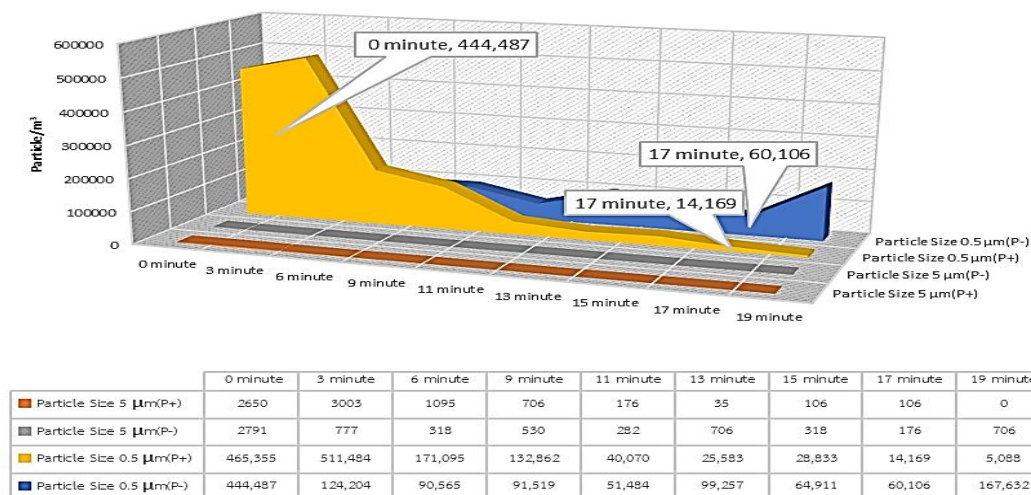
จากการศึกษาพบว่าผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศห้องผ่าตัด OR3 ทั้งในกรณี Off AHU และ Run AHU ห้องผ่าตัด แรงดันอากาศแบบ Negative Pressure (P-) พบว่าผลในการตรวจคุณภาพอากาศภายใน

ห้องผ่าตัดทั้ง 2 ครั้ง พบว่าเกณฑ์คุณภาพอากาศนั้นผ่านเกณฑ์มาตรฐานทั้ง 2 ครั้ง โดยที่ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของอนุภาคที่ $0.5\ \mu\text{m}$ ครั้งที่1และครั้งที่2 อยู่ที่ $136,687\ \text{particles}/\text{m}^3$ และ $114,310\ \text{particles}/\text{m}^3$ ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของอนุภาคที่ $5\ \mu\text{m}$ ครั้งที่1และครั้งที่2 อยู่ที่ $1,037\ \text{particles}/\text{m}^3$ และ $591\ \text{particles}/\text{m}^3$ ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยครั้งที่1และครั้งที่2 อยู่ที่ 22.8°C และ 22.8°C ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยครั้งที่1และครั้งที่2 อยู่ที่ $57.8\%\text{Rh}$ และ $57.7\%\text{Rh}$ ค่าอัตราการหมุนเวียนอากาศ ครั้งที่1และครั้งที่2 อยู่ที่ $26.0\ \text{ACH}$ และ $26.6\ \text{ACH}$ ค่าแรงดันอากาศ ครั้งที่1และครั้งที่2 อยู่ที่ $-2.6\ \text{Pa}$ และ $-2.5\ \text{Pa}$ อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ASHRAE 170-2017 ของกรณีห้องผ่าตัด และเมื่อเปรียบเทียบกับค่าจุลชีพแขวนลอยในอากาศค่า Total Bacteria count ตรวจวัดครั้งที่1และ2 อยู่ที่ $0\ \text{CFU}/\text{m}^3$ และ $2\ \text{CFU}/\text{m}^3$ Total Fungi count ตรวจวัดครั้งที่1และ2 อยู่ที่ $2\ \text{CFU}/\text{m}^3$ และ $1\ \text{CFU}/\text{m}^3$ ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐาน Environmental Controls in Operating Theatres Guidelines for the Assessment of Bio aerosols in the Indoor Environment เป็นไปตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สรุปผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศห้องผ่าตัด OR3 แบบ Negative Pressure(P-)

Operation Room	OR3				Standard
Hepa Filter	10				
Air pressure status	Off AHU	ครั้งที่1	Off AHU	ครั้งที่2	
Air Change Rate (ACH)	-	26.0	-	26.6	>20 ACH (ASHRAE 170-2017)
Total Supply Air (CFM)	-	2,023	-	2,073	
Differential Pressure (Pa)	-	-2.6	-	-2.5	> -2.5Pa (ASHRAE 170-2017)
Total Bacteria count	228*	0	224*	2	(*) <500 CFU/m ³ Singapore Standard SS 554 : 2009 <35 CFU/m ³ Environmental controls in operating theatres: J Hosp Infect. 2002
Total Fungi count	30*	2	30*	1	(*) <500 CFU/m ³ Singapore Standard SS 554 : 2009 <15 CFU/m ³ Environmental controls in operating theatres: J Hosp Infect. 2002
Avg. Room Temperature (°C)	23.9	22.8	23.9	22.8	20 – 24 (°C) (ASHRAE 170-2017)
Avg. Relative Humidity (%RH)	57.5	57.8	56.9	57.1	40-60 %RH (ASHRAE 170-2017)
Avg. Particle ($0.5\ \mu\text{m}$) Internal	1,877,517	136,687	1,893,710	114,310	352,000 particles/m ³ (ISO 14644-1:2015)
Avg. Particle ($5\ \mu\text{m}$) Internal	7,367	1,037	6,987	591	2,930 particles/m ³ (ISO 14644-1:2015)
Avg. Particle ($0.5\ \mu\text{m}$) Corridor	4,090,795		3,405,760		particles/m ³
Avg. Particle ($5\ \mu\text{m}$) Corridor	59,487		28,816		particles/m ³

ผลจากการเปรียบเทียบกับผลการศึกษาการกำจัดสิ่งปนเปื้อนในอากาศ Airborne Contaminant Removal หรือค่าหน้าที่จำเป็นสำหรับประสิทธิภาพการกำจัดของตัวกรองอากาศ 99.9% ของสิ่งปนเปื้อนในอากาศ อ้างอิงข้อเสนอแนะจาก Centers for Disease Control and Prevention นั้นพบว่าในกรณี ห้องผ่าตัดแรงดันอากาศแบบ Positive Pressure (P+) และ ห้องผ่าตัดแรงดันอากาศแบบ Negative Pressure (P-) นั้นใช้ระยะเวลาในการกำจัดสิ่งปนเปื้อนในอากาศอยู่ที่ 17 นาที โดยค่าอัตราการหมุนเวียนอากาศ (Air Change Rate) เฉลี่ยอยู่ที่ 26 ACH และเมื่อมีการเปรียบเทียบกับค่าการตรวจวัดอนุภาคในอากาศของห้องผ่าตัด OR3 เปรียบเทียบกับระยะเวลาที่ระบบเริ่มทำงาน (Run Air Handling Unit) ที่เป็นแรงดันอากาศแบบ Positive Pressure (P+) จากนั้นที่ 0 ถึงนาทีที่ 20 พบว่าใช้ระยะเวลา 5 นาที ก็สามารถกำจัดสิ่งปนเปื้อนในอากาศในอยู่ในเกณฑ์ได้ และ กรณีห้องผ่าตัดแรงดันอากาศแบบ Negative Pressure (P-) จากนั้นที่ 0 ถึงนาทีที่ 20 พบว่าใช้ระยะเวลา 2 นาที ก็สามารถกำจัดสิ่งปนเปื้อนในอากาศให้อยู่ในเกณฑ์ได้ แต่จะมีค่าอนุภาคในอากาศขนาด Particle Size 0.5 μm ครั้งที่ 1 และ 2 เฉลี่ยที่ 136,687 particles/ m^3 และ 114,310 particles/ m^3 ตามลำดับ ซึ่งจะสูงกว่า กรณีห้องผ่าตัดแรงดันอากาศแบบ Positive Pressure (P+) ที่มีค่าอนุภาคในอากาศขนาด Particle Size 0.5 μm ครั้งที่ 1 และ 2 เฉลี่ยที่ 8,348 particles/ m^3 และ 6,709 particles/ m^3 ตามลำดับ ซึ่งจะมีความสะอาดกว่า ห้องผ่าตัดแรงดันอากาศแบบ Negative Pressure (P-) เมื่อเปรียบเทียบกับค่าความเข้มข้นของอนุภาคในอากาศของห้องผ่าตัด ทั้ง 2 แบบ ดังภาพที่ 2.



ภาพที่ 2 ภาพกราฟแสดงปริมาณอนุภาคในอากาศของห้องผ่าตัด OR3 เปรียบเทียบกับระยะเวลาที่ระบบเริ่ม Run Air Handling Unit จากนั้นที่ 0 ถึงนาทีที่ 20 ทั้ง แบบ Positive Pressure (P+) และ Negative Pressure (P-)

อภิปรายผลและข้อจำกัดในงานวิจัย

ในการศึกษาครั้งนี้เกิดจากการที่ห้องผ่าตัด 3 ของโรงพยาบาลนครชน มีการใช้งานมานานมากกว่า 25 ปี และได้มีการปรับปรุงทางด้านโครงสร้าง งานระบบและงานสถาปัตยกรรมภายในห้องผ่าตัดใหม่ทั้งหมด โดยมีการติดตั้งระบบปรับอากาศและระบายอากาศ ภายในห้องผ่าตัดโดยจัดทำเป็นแบบทั้งห้องผ่าตัดแรงดันบวก(+) Positive Pressure และห้องผ่าตัดแรงดันลบ (-) Negative Pressure ภายในห้องเดียวกัน โดยขนาดพื้นที่ห้องผ่าตัดอยู่ที่ 45.54 m^2 และปริมาตรห้องผ่าตัดอยู่ที่ 131.67 m^3 โดยขนาดเครื่องปรับอากาศภายในห้องผ่าตัด 3 ขนาด 49,219 BTU ค่าประสิทธิภาพการให้ความเย็น (EER) อยู่ที่ 10.66 โดยการจัดเก็บข้อมูลคุณภาพอากาศภายในห้องผ่าตัด 3 ทั้งสิ้นจำนวน 2 ครั้ง ซึ่งเป็นไปตามข้อกำหนดเกี่ยวกับวิธีการทดสอบตามมาตรฐาน ISO 14644-1 ซึ่งจากผลการศึกษาคุณภาพอากาศ ค่าอนุภาค ค่าอุณหภูมิ ความชื้น ความดันอากาศ อัตราการหมุนเวียนอากาศ และผลการเก็บตัวอย่างจุลชีพแขวนลอยในอากาศ ภายในห้องผ่าตัด 3 พบว่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานสำหรับห้องผ่าตัด และสอดคล้องกับทฤษฎีหลักการควบคุมการติดเชื้อในโรงพยาบาล

สรุปผลงานวิจัย

ในการศึกษาเรื่อง คุณภาพอากาศภายในห้องผ่าตัดเพื่อให้ไม่ส่งผลกระทบต่อเจ้าหน้าที่และผู้ป่วยที่ใช้งานภายในห้องผ่าตัด ป้องกันการติดเชื้อและเป็นไปตามเกณฑ์ที่ยอมรับ พบว่าผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศห้องผ่าตัด OR3 ทั้งในกรณี Off AHU และ Run AHU ห้องผ่าตัด แรงดันอากาศแบบ Positive Pressure (P+) และ แรงดันอากาศแบบ Negative Pressure (P-) นั้นผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ASHRAE 170-2017 และผลการศึกษากำจัดสิ่งปนเปื้อนในอากาศ Airborne Contaminant Removal อ้างอิงข้อเสนอแนะจาก CDC นั้นพบว่าในกรณี ห้องผ่าตัดแบบ Positive Pressure (P+) และ ห้องผ่าตัดแบบ Negative Pressure (P-) นั้นใช้ระยะเวลาในการกำจัดสิ่งปนเปื้อนในอากาศอยู่ที่ 17 นาที โดยค่าอัตราการหมุนเวียนอากาศ (Air Change Rate) เฉลี่ยอยู่ที่ 26 ACH และเมื่อมีการเปรียบเทียบกับค่าการตรวจวัดอนุภาคในอากาศของห้องผ่าตัด OR3 เปรียบเทียบกับระยะเวลาที่ระบบเริ่มทำงาน (Run Air Handling Unit) ที่เป็นแรงดันอากาศแบบ Positive Pressure (P+) จากนาฬิกาที่ 0 ถึงนาฬิกาที่ 20 พบว่าใช้ระยะเวลา 5 นาที และ กรณีห้องผ่าตัดแรงดันอากาศแบบ Negative Pressure (P-) จากนาฬิกาที่ 0 ถึงนาฬิกาที่ 20 พบว่าใช้ระยะเวลา 2 นาที ก็สามารถกำจัดสิ่งปนเปื้อนในอากาศให้อยู่ในเกณฑ์ได้ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับจำนวนโคโลนีของแบคทีเรีย และเชื้อราจากการเก็บตัวอย่างจุลชีพแขวนลอยในอากาศภายในห้องผ่าตัด OR3

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

- งานส่งเสริมคุณภาพมาตรฐาน กลุ่มส่งเสริมมาตรฐานวิศวกรรม. (2557). *ปัญหากระบวนการปรับอากาศและระบายอากาศห้องผ่าตัดของโรงพยาบาลศูนย์โรงพยาบาลทั่วไป ใน 8 จังหวัดภาคกลาง*. บทความวิชาการ วารสารวิศวกรรมการแพทย์ กองวิศวกรรมการแพทย์ กรมสนับสนุนบริการสุขภาพ กระทรวงสาธารณสุข. หน้า 22-28
- จักรพันธ์ ภูวรงค์รัตน์. (2546). *ระบบปรับอากาศสำหรับโรงพยาบาล*. บทความวิชาการ สมาคมวิศวกรรมปรับอากาศแห่งประเทศไทย
- นภัฐมณ มโนรัตน์ และ นันทกา สินธุพันธ์สกุล (2562). *การศึกษาเชื้อจุลินทรีย์ปนเปื้อนและคุณภาพอากาศในอาคารในโรงพยาบาลระดับตติยภูมิ*. บทความวิชาการ ปีที่ 9 ฉบับที่ 2 วารสารสมาคมเวชศาสตร์ป้องกันแห่งประเทศไทย
- ปานทิพย์ ธิโนชัย มนทิรา เตี้ยเล็ก และ จิรา คงปราม (2561). *คุณภาพอากาศภายในอาคาร โรงพยาบาล: กรณีศึกษา โรงพยาบาลชุมชนแห่งหนึ่งในจังหวัดนครราชสีมา*. วารสารวิชาการสาธารณสุข ปีที่ 28 ฉบับที่ 2 สำนักวิชาสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์
- วรกมล บุญยโยธิน, ชีรยุทธ เหลืองศรีสกุล (2561). *ระบบระบายอากาศสำหรับควบคุมคุณภาพอากาศในโรงพยาบาล*. บทความวิชาการ ปีที่ 71 ฉบับที่ 1. เวชสารแพทย์ทหารบก หน้า 51-61.
- พรชรัฐ สายยุทธ, กัลยา หาญพิชาญชัย และ จินดาวัลย์ วัลย์อุทัย (2562). *ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศและคุณภาพอากาศในอาคารของโรงพยาบาล : กรณีศึกษาโรงพยาบาลนครพิงค์*. เชียงใหม่: คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
- รชนิกร วีระเจริญ, ณัฐพงศ์ แผละหมั่น และ ชยาพล จงเจริญ (2563). *คุณภาพอากาศและผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานในห้องผ่าตัดของสถานพยาบาลสองแห่ง*. บทความวิชาการ ปีที่ 14 ฉบับที่ 2 วารสารโรคและภัยสุขภาพ สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 3 กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข.
- สาธิต นฤภัย (2562). *การออกแบบระบบสร้างความดันบวกดันต่ำ เพื่อลดการติดเชื้อในห้องผ่าตัดขนาดเล็กที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน*. บทความวิชาการ ปีที่ 15 ฉบับที่ 1 กองวิศวกรรมการแพทย์ กรมสนับสนุนบริการสุขภาพ. หน้า 30-36
- สุทิน อยู่สุข. (2533). *การระบายอากาศ ในเอกสารการสอน ชุดวิชาสุขศาสตร์อุตสาหกรรมพื้นฐาน หน่วยที่ 14 นนทบุรี สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช*

ภาษาต่างประเทศ

ASHRAE Application Handbook. (2017). Health Care Facilities, 2003 American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineer, Inc.

CDC Guidelines for Environmental Infection Control in Health-Care Facilities Center for Disease Control and Prevention Guidelines. (2019). (CDC)

Microbial contamination limits in operating room: Dharan S, Pittet D. Environmental controls in operating theatres: J Hosp Infect. (2002) Jun; 51(2):79-84. Burge HA, Feely JC et al. Guidelines for The Assessment of Bioaerosols in the Indoor Environment. Cincinnati, OH: American Conference of Government Industrial Hygienists, 1989

Singapore Standard SS 554: 2009 [Code of Practice for Indoor Air Quality for Air-Conditioned buildings].(2009). From <http://www.enviresearch.co.th/wp-content/uploads/2020/01/Indoor-Air-AD-2009.pdf>

The International Organization for Standardization; ISO, ISO 14644-1: (2015). from <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:14644:-1:ed-2:v1:en>