คุณภาพอากาศและผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานในห้องผ่าตัดของสถานพยาบาลสองแห่ง

Indoor air quality in operating rooms of two hospitals and its effect on healthcare workers' health

รชนีกร วีระเจริญ พบ.
Rachaneekorn Weeracharoen, M.D.

ณัฐพงศ์ แหละหมัน วท.ม.
Nuttapong Laemunn M.Sc.

ชยาพล จงเจริญ วท.บ.
Chayapon Jongcharoen B.Sc.

กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข
Department of Diseases control, Ministry of Public Health

Received: March 1, 2020, Revised: April 9, 2020, Accepted: June 5, 2020

บทคัดย่อ

คุณภาพอากาศภายในอาคารเป็นปัจจัยกำหนดภาวะสุขภาพของมนุษย์ การปนเปื้อนคุณภาพอากาศทำให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพได้ โดยผลกระทบจะขึ้นกับความเป็นพิษของสารปนเปื้อนนั้น โรงพยาบาลเป็นแหล่งที่มีกิจกรรมการดูแลผู้ป่วยซึ่งเป็นกิจกรรมที่มีศักยภาพทำให้เกิดการปนเปื้อนต่อคุณภาพอากาศภายในอาคารจากจุลินทรีย์ต่าง ๆ การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในห้องผ่าตัดและเพื่อประเมินสภาวะทางสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานที่อาจได้รับผลกระทบจากคุณภาพอากาศที่ไม่เหมาะสม ผลการศึกษาพบว่าคุณภาพอากาศภายในห้องผ่าตัดทั้ง 2 แห่ง ส่วนใหญ่ไม่เกินค่าแนะนำ ยกเว้นห้องผ่าตัดโรงพยาบาลที่ 1 มี 4 จุดตรวจวัดที่ไม่ผ่านค่าแนะนำปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM10 และผลการตรวจวัดแบคทีเรียรวมมีค่าสูงกว่าค่าแนะนำอยู่ 4 จุดและจุดที่มากที่สุดมีค่าสูงถึง 1418 CFU/m^3 พบสารฟอร์มัลดีไฮด์ที่มีค่าไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานในบางจุดตรวจวัดทั้ง 2 โรงพยาบาล ซึ่งต้องดำเนินการสำรวจและวิเคราะห์สาเหตุที่อาจก่อให้เกิดการปนเปื้อนต่อไป การใช้แบบสอบถามอาการพบว่า ผู้ปฏิบัติงานในโรงพยาบาลที่ 1 มีอาการระคายเคืองทั้งทางจมูกและตา สอดคล้องกับผลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นขนาดเล็ก PM10 แบคทีเรียรวมที่มีค่าสูงกว่าค่าแนะนำ แต่กลุ่มนี้เป็นกลุ่มที่มีการรายงานประวัติโรคภูมิแพ้มาก่อน จึงไม่สามารถแยกกลุ่มอาการป่วยเหตุอาคารที่มักมีอาการคล้ายคลึงกันได้ คุณภาพอากาศในห้องผ่าตัดที่มีผลตรวจวัดไม่ผ่านค่าแนะนำควรได้รับการปรับแก้ไข และทำการตรวจประเมินซ้ำ นอกจากนี้การเฝ้าระวังคุณภาพอากาศภายในอาคารและเฝ้าระวังภาวะสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานควรดำเนินการเป็นประจำอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง

Abstract

Indoor air quality is the one of health determinant factors. Contamination of indoor air quality leading health effects which depend on the type of hazard and its' toxicity. The hospital is a source of patient care activities which are potential activities that cause contamination of indoor air quality from various microbes. The objective of this study to measure air quality in the operating room and to assess the health conditions of workers who may be affected by inappropriate air quality. Results found that Most of the operating room's indoor air quality is in the standard, but for the PM10, there're four rooms in hospital no.1 that's not meet the standard. For total bacterial count found that there're four rooms that total bacterial count of air sampling are higher than the recommendation and the highest point is 1418 CFU/m^3 in the hospital no.1. Formaldehyde found that does not meet the standards for air quality in some measurement points of both hospitals, which must be further surveyed and analyzed for possible causes of the contamination. The results of the worker's interview found that the worker from hospitals NO.1 report their eye and nose symptoms, but this group is a group with an allergy history report Therefore, it is difficult to distinguish this symptom from sick building syndrome. The air quality in the operating room that's not meet the standard should be correct and re-assessed. In addition, indoor air quality monitoring and worker health monitoring should be carried out on a regular basis. At least once a year.

คำสำคัญ	Keywords
คุณภาพอากาศ	ndoor Air Quality
ความชื้นในอาคาร	Building Dampness
ห้องผ่าตัด	Operation Room

บทนำ

คุณภาพอากาศภายในอาคารเป็นปัจจัยกำหนดภาวะสุขภาพปัจจัยหนึ่งของมนุษย์ ในชีวิตประจำวันมนุษย์ใช้เวลาส่วนใหญ่อยู่ภายในอาคารไม่ว่าจะเป็นบ้าน โรงเรียน หรือสถานที่ทำงาน สภาพแวดล้อมที่เป็นสถานที่ปิดของอาคารทำให้เกิดการสัมผัสสารปนเปื้อนในอากาศภายในอาคาร[1] การปนเปื้อนคุณภาพอากาศภายในอาคารอาจเกิดจากหลายสาเหตุ เช่น การเผาไหม้เชื้อเพลิง สารเคมี สารชีวภาพ เป็นต้น โดยองค์การอนามัยโลก (WHO) ประมาณการณ์ว่าประชากร 3.8 ล้านคนต่อปีมีการตายก่อนวัยอันควรที่เจ็บป่วยจากการปนเปื้อนคุณภาพอากาศภายในอาคารบ้านเรือน[1]

การปนเปื้อนคุณภาพอากาศภายในอาคารที่มีสาเหตุมาจากสารชีวภาพ โดยเฉพาะกลุ่มจุลินทรีย์ (แบคทีเรียและเชื้อรา) มีปัจจัยความชื้นภายในอาคารเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเจริญเติบโต ซึ่งการปนเปื้อนจุลินทรีย์ภายในอาคารนั้นเกี่ยวข้องกับการเกิดอาการทางระบบทางเดินหายใจ อาการแพ้ หอบหืด และมีผลต่อระบบภูมิคุ้มกันร่างกาย[2] โดยผลกระทบต่อสุขภาพจะขึ้นกับความเป็นพิษของสารปนเปื้อนนั้น ๆ และปัจจัยของผู้สัมผัส[3] ผลกระทบต่อสุขภาพจากการปนเปื้อนคุณภาพอากาศสามารถแบ่งได้ 3 ประเภทตามความรุนแรงและความสามารถในการฟื้นตัว ได้แก่ กลุ่มที่ 1 กลุ่มอาการป่วยเหตุอาคาร (sick building syndrome) และอาการจากปฏิกิริยาการแพ้ต่าง ๆ กลุ่มที่ 2 การเจ็บป่วยที่เกี่ยวข้องกับอาคาร (Building-related illness) การเจ็บป่วยจากภูมิคุ้มกันและการเจ็บป่วยจากการติดเชื้อ และกลุ่มที่ 3 ที่เป็นผลกระทบระยะยาวและเป็นผลที่นักวิจัยกำลังให้ความสนใจมากขึ้น เช่น การเกิดมะเร็ง ผลกระทบต่อระบบหัวใจและหลอดเลือด เป็นต้น[4]

โรงพยาบาลเป็นแหล่งที่มีกิจกรรมการดูแลผู้ป่วยซึ่งเป็นกิจกรรมที่มีศักยภาพทำให้เกิดการปนเปื้อนต่อคุณภาพอากาศภายในอาคารจากจุลินทรีย์ต่าง ๆ และเป็นสถานที่รวมผู้ที่อาจมีความเสี่ยงต่อการเกิดผลกระทบต่อสุขภาพได้มาก เช่น ผู้ป่วยโรคเรื้อรัง ผู้สูงอายุและเด็ก การจัดการคุณภาพอากาศในโรงพยาบาลจึงเป็นปัจจัยสำคัญในการควบคุมการติดเชื้อในโรงพยาบาลทั้งแก่ผู้เข้ารับบริการและเป็นการปกป้องสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานในโรงพยาบาลด้วย โดยเฉพาะในห้องผ่าตัดซึ่งต้องการการจัดระบบปรับและระบายอากาศเฉพาะเพื่อลดความเสี่ยงต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานและลดความเสี่ยงที่สำคัญที่อาจเกิดต่อผู้เข้ารับบริการ คือ การติดเชื้อหลังการผ่าตัดซึ่งมีปัจจัยมาจากทั้งปัจจัยผู้ป่วย ปัจจัยจากกระบวนการผ่าตัดและปัจจัยจากห้องผ่าตัด เช่น สภาพแวดล้อม ความสะอาดของห้อง และระบบปรับและระบายอากาศของห้องผ่าตัด[5]

การศึกษาคุณภาพอากาศภายในโรงพยาบาลของประเทศไทยที่ผ่านมามีการศึกษาไว้หลากหลาย เช่น การศึกษาเรื่องคุณภาพอากาศภายในอาคารโรงพยาบาล: กรณีศึกษาโรงพยาบาลชุมชนแห่งหนึ่งในจังหวัดนครศรีธรรมราช[6] ซึ่งทำการตรวจวัดมลภาวะอากาศภายในอาคารทางชีวภาพและภาวะสบายเชิงความร้อนในโรงพยาบาลขนาด 120 เตียง จำนวน 5 แผนก พบว่า การตรวจวัดปริมาณแบคทีเรียรวมและเชื้อรารวม มีค่าระหว่าง 3-411 CFU/m^3 และ 0-289 CFU/m^3 โดยค่าเฉลี่ยปริมาณแบคทีเรียรวมและเชื้อรารวมตรวจพบสูงสุดในแผนกผู้ป่วยนอก การศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการเกิดกลุ่มอาการป่วยเหตุอาคาร เช่น เรื่องอัตราชุกและปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเกิดกลุ่มอาการป่วยเหตุอาคารของเจ้าหน้าที่ที่ปฏิบัติงานในอาคารโรงพยาบาลที่มีการระบายอากาศไม่เพียงพอ[7] พบว่าอัตราความชุกของกลุ่มอาการป่วยเหตุอาคารอยู่ในช่วงร้อยละ 25- 26 และไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มอาการป่วยเหตุอาคารกับสภาพการระบายอากาศที่ไม่เพียงพอ การศึกษาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการตรวจวัดการปนเปื้อนคุณภาพอากาศในห้องผ่าตัด ได้แก่ เรื่อง อิทธิพลของควันจากการผ่าตัดต่อคุณภาพอากาศในห้องผ่าตัดโรงพยาบาล[8] พบว่าปริมาณ voc_s ที่ตรวจพบปริมาณเตียงผ่าตัดและจุดระบายอากาศออกน้อยกว่าปริมาณที่ตรวจพบที่ช่องท้องผู้ป่วย แสดงให้เห็นว่าระบบปรับและระบายอากาศในห้องผ่าตัดเป็นส่วนสำคัญที่ลดการสัมผัสสิ่งปนเปื้อนในอากาศ

การศึกษาครั้งนี้เนื่องจากมีเหตุการณ์ห้องผ่าตัดของโรงพยาบาล 2 แห่งมีน้ำรั่วซึมจากฝ้าเพดานชั้นบน ผู้ปฏิบัติงานจึงเกิดความกังวลหากเกิดเชื้อราในห้องผ่าตัดจะทำให้เกิดผลกระทบต่อตัวผู้ปฏิบัติงานเองและผู้ป่วยที่ต้องเข้ารับการผ่าตัดที่ห้องผ่าตัดนั้น ๆ จึงได้ประสานมายังกรมควบคุมโรคเพื่อลงพื้นที่ประเมินและให้ข้อเสนอแนะในการดำเนินการ

วัตถุประสงค์

เพื่อตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในห้องผ่าตัดและเพื่อประเมินสภาวะทางสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานที่อาจได้รับผลกระทบจากคุณภาพอากาศที่ไม่เหมาะสม

วัสดุและวิธีการศึกษา

การศึกษานี้เป็นการศึกษาเชิงพรรณนาภาคตัดขวาง ในโรงพยาบาล 2 แห่ง ในภาคใต้และภาคกลาง ในช่วงเดือนมิถุนายนและสิงหาคม

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

แบบสอบถามเพื่อประเมินอาการของผู้ปฏิบัติงาน ปรับมาจากแบบสอบถามกลุ่มอาการป่วยเหตุอาคาร ของกรมควบคุมโรค แบบสอบถามแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ข้อมูลทั่วไปและอาการทางสุขภาพที่เกิดขึ้นในเดือนที่ผ่านมา โดยทำการสัมภาษณ์ผู้ปฏิบัติงานที่ขึ้นปฏิบัติงานในช่วงเวลาที่ทำการตรวจวัดคุณภาพอากาศและสะดวกต่อการให้สัมภาษณ์

การเดินสำรวจและการตรวจประเมินสภาพแวดล้อมในห้องผ่าตัดตามแนวทางการตรวจวัดตามมาตรฐานคุณภาพอากาศภายในอาคาร SS555 (Code of practice for Indoor air quality for air-conditioned building Standard SPRING Singapore)[9] และ NIOSH Method : 0800 BIOAEROSOL SAMPLING (Indoor Air)[10] สำหรับการเก็บเชื้อราและแบคทีเรียรวมในอากาศ โดยจะทำการตรวจวัดทั้งภายในและภายนอกอาคาร และทำการตรวจวัดโดยผู้ที่ผ่านการฝึกอบรมการใช้เครื่องมือในการตรวจวัดคุณภาพอากาศ

เครื่องมือที่ใช้เก็บตัวอย่างคุณภาพอากาศภายในอาคาร (IAQ)

1. เครื่องตรวจวิเคราะห์คุณภาพอากาศภายในอาคารแบบอ่านค่าโดยตรง (IAQ Monitoring) รุ่น AQ EXPERT หมายเลขเครื่อง IAQ 12307 ผู้ผลิต E-Instruments 2. เครื่องวิเคราะห์ฝุ่นในอากาศ (Particle Counter) รุ่น AEROCET 831 หมายเลขเครื่อง U11608 ผู้ผลิต MET ONE Instruments

เครื่องมือที่ใช้เก็บตัวอย่างตรวจวัดปริมาณเชื้อรา/แบคทีเรียในบรรยากาศ

1. Andersen 2-stage cascade impactor 2. อาหารเลี้ยงเชื้อ (Sampling media) 2 ชนิด ได้แก่

2.1) ชนิด Plate count agar: PCA สำหรับเก็บตัวอย่างเชื้อแบคทีเรีย และ 2.2) ชนิด Potato dextrose agar: PDA สำหรับเก็บตัวอย่างเชื้อรา และส่งตัวอย่างเพื่อตรวจวิเคราะห์ที่ศูนย์อ้างอิงทางห้องปฏิบัติการและพิษวิทยา กองโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม กรมควบคุมโรค

การแปลผลการตรวจประเมินคุณภาพอากาศและการปนเปื้อนอากาศในห้องผ่าตัด

เนื่องจากปัจจุบันค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในห้องผ่าตัดยังไม่มีค่าที่แนะนำเป็นสากล ซึ่ง

คุณภาพอากาศในห้องผ่าตัดนั้นมีผลต่อทั้งผู้รับบริการและผู้ปฏิบัติงานในห้องผ่าตัด ดังนั้นเกณฑ์ที่ใช้อ้างอิงในครั้งนี้จะใช้เกณฑ์แนะนำต่าง ๆ ดังนี้ 1.American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers[11] 2.Guidelines for Environmental Infection Control in Health-Care Facilities Ventilation of Health care facilities[12] 3.Practical Guidelines for Infection Control in Health Care Facilities[13] 4.เกณฑ์ของ SS554 ของ SPRING SINGAPORE (The Standards, Productivity and Innovation Board) Ministry of Trade and Industry, Singapore 5.มาตรฐานค่าเฝ้าระวังคุณภาพอากาศภายในอาคารตามร่างประกาศกรมอนามัย 2557[14] 6.ร่างมาตรฐานระบบปรับอากาศและระบายอากาศของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์[15] 7.ค่าแนะนำของ Healthcare Infection Society[16] เพื่อควบคุมการติดเชื้อในห้องผ่าตัด และ 8.ค่าแนะนำระดับความสะอาดของอากาศในโรงพยาบาลตามคู่มือการออกแบบห้องสะอาดของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย[17] การเลือกใช้เกณฑ์แนะนำต่าง ๆ มุ่งหวังให้เกณฑ์เหล่านี้เป็นค่าแนะนำขั้นต่ำที่สุดที่ควรดำเนินการในการควบคุมคุณภาพอากาศภายในห้องผ่าตัด เพื่อปกป้องสุขภาพผู้ปฏิบัติงานและป้องกันการติดเชื้อจากการผ่าตัดแก่ผู้รับบริการ

ผลการศึกษา

1. ผลการเดินสำรวจสภาพแวดล้อมในการทำงานที่เป็นปัญหา

การเดินสำรวจเบื้องต้น ห้องผ่าตัดในโรงพยาบาลที่ 1 ตั้งอยู่ที่ชั้น 5 และ 6 ของอาคาร พบว่าบริเวณห้องเก็บของชั้นที่ 5 เป็นจุดที่มีน้ำรั่วซึมอยู่บริเวณฝ้าเพดานและมีเชื้อราขึ้นอยู่ มีฝุ่นเกาะอยู่บริเวณจุดที่มีการนำอากาศออก (Return Air) ส่วนห้องผ่าตัดของโรงพยาบาลที่ 2 ตั้งอยู่บริเวณชั้น 5 โดยห้องผ่าตัดที่ 1 ที่เคยมีน้ำรั่วไหลจากชั้นที่ 6 ได้รับการซ่อมแซมฝ้าเพดานเรียบร้อยจึงไม่พบจุดรั่วซึมของน้ำในวันที่ทำการสำรวจ

2. ผลการตรวจประเมินคุณภาพอากาศในห้องผ่าตัดของโรงพยาบาล แยกเป็นด้าน ๆ ตามพารามิเตอร์ ดังนี้

พารามิเตอร์ทางด้านสภาวะสบายเชิงความร้อน (Thermal comfort parameters) ส่วนใหญ่ไม่เกินค่ามาตรฐาน ยกเว้นอุณหภูมิซึ่งมีค่ากำหนดมาตรฐานหลากหลาย หากเทียบกับอุณหภูมิที่แนะนำเพื่อควบคุมการติดเชื้อในห้องผ่าตัดตาม Guidelines for Environmental Infection Control in Health-Care Facilities Ventilation of Health care facilities[12] และ Practical Guidelines for Infection Control in Health Care Facilities[13] พบว่ามี 1 จุดตรวจวัดของโรงพยาบาลที่ 1 ตรวจวัดอุณหภูมิได้ 18.4 ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำกว่าค่าแนะนำที่ 20-23 องศาเซลเซียส หากเทียบกับร่างมาตรฐานระบบปรับอากาศและระบายอากาศของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์[15] พบว่ามี 2 จุดตรวจวัดของโรงพยาบาลที่ 2 ที่มีค่าต่ำกว่าค่าแนะนำที่ 17 องศาเซลเซียส ผลการตรวจวัดความชื้นสัมผัสอากาศตาม Guidelines for Environmental Infection Control in Health-Care Facilities Ventilation of Health care facilities[12] และ Practical Guidelines for Infection Control in Health Care Facilities[13] พบว่าทุกจุดตรวจวัดของทั้ง 2 โรงพยาบาลผ่านเกณฑ์แนะนำ

พารามิเตอร์ทางด้านเคมี (Chemical parameters) ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในอาคารเทียบกับมาตรฐาน SS554 ของ SPRING SINGAPORE (The Standards, Productivity and Innovation Board) Ministry of Trade and Industry, Singapore ประเทศสิงคโปร์ และมาตรฐานค่าเฝ้าระวังคุณภาพอากาศภายในอาคารตามร่างประกาศกรมอนามัย 2557[14] (ยังไม่มีผลบังคับใช้ทางกฎหมาย) พบว่า การตรวจวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซโอโซนและปริมาณสารอินทรีย์ระเหยรวมภายในอาคารของห้องผ่าตัดโรงพยาบาลทั้ง 2 โรงพยาบาลทุกจุดมีค่าผ่านเกณฑ์ตามมาตรฐาน การตรวจวัดสารฟอร์มัลดีไฮด์ภายในอาคารของห้องผ่าตัดพบว่าโรงพยาบาลที่ 1 มี 3 จุดตรวจวัดที่มีค่าสูงกว่าเกณฑ์ และโรงพยาบาลที่ 2 พบ 1 จุดตรวจวัดที่มีค่าสูงกว่าเกณฑ์

ฝุ่นละออง (Respirable suspended particles) การตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM10 และ PM 2.5 ยังไม่มีค่าแนะนำสำหรับห้องผ่าตัด เมื่อเทียบกับมาตรฐาน SS554 ของ SPRING SINGAPORE (The Standards, Productivity and Innovation Board) Ministry of Trade and Industry, Singapore ประเทศสิงคโปร์ พบว่าภายในอาคารของห้องผ่าตัดโรงพยาบาลที่ 1 มี 4 จุดที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM10

พารามิเตอร์ทางด้านจุลชีพ (Biological parameters) ผลการตรวจวัดแบคทีเรียรวมและเชื้อราภายในห้องผ่าตัดยังไม่มีเกณฑ์มาตรฐานที่ใช้ในระดับสากล แต่มีบางประเทศที่กำหนดเกณฑ์มาตรฐานเอง[18] และค่าที่แนะนำของ Healthcare Infection Society[16] แนะนำที่ 180 CFU/m^3 ซึ่งกำหนดเพื่อควบคุมการติดเชื้อในห้องผ่าตัด และค่าแนะนำระดับความสะอาดของอากาศในโรงพยาบาลตามคู่มือการออกแบบห้องสะอาดของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย[17] ที่แนะนำสำหรับห้องผ่าตัดทั่วไปเป็นห้องสะอาดระดับ 2 ที่มีเชื้อโรคต่ำในระดับ 50-200 CFU/m^3 หากเทียบกับผลที่ตรวจวัดได้ของทั้ง 2 โรงพยาบาล พบว่าโรงพยาบาลที่ 1 พบว่าแบคทีเรียรวมมีค่าสูงกว่ามาตรฐานอยู่ 4 จุดและจุดที่มากที่สุดมีค่าสูงถึง 1418 CFU/m^3 รายละเอียดผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศดังตารางที่

3.ผลการประเมินอาการเจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงาน

ข้อมูลทั่วไป โรงพยาบาลที่ 1 ผู้ให้สัมภาษณ์แบบสอบถามทั้งหมด 19 คน เป็นผู้ปฏิบัติงาน แผนกห้องผ่าตัดจำนวน 14 คน และแผนกวิสัญญี 5 คน เป็นเพศหญิงมากที่สุด 10 คน มีอายุเฉลี่ย 33.74 ปี มี 3 คนที่มีประวัติสูบบุหรี่ มี 10 คนที่มีโรคประจำตัว ได้แก่ ภูมิแพ้ 7 คน ไซนัสอักเสบ 3 คน **โรงพยาบาลที่ 2** มีผู้ขึ้นปฏิบัติงานในวันนั้นจำนวน 27 คน ดำเนินการสัมภาษณ์ผู้ปฏิบัติงานจำนวน 20 คน โดยจำแนกเป็นผู้ปฏิบัติงานแผนกห้องผ่าตัดจำนวน 15 คนและแผนกวิสัญญี 5 คน พบว่า

ตารางที่ 1 ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศแยกตามโรงพยาบาล

จุดตรวจวัด	ผลการตรวจวัดและวิเคราะห์										
	Carbon dioxide (ppm)	Carbon monoxide (ppm)	Comfort Temp. (°C)	Relative Humidity (%RH)	Formaldehyde (ppm)	Ozone (ppm)	VOCs (ppm)	PM10 (µg/m³)	PM2.5 (µg/m³)	Total Bacteria (CFU/m³)	Total Mold (CFU/m³)
โรงพยาบาลที่ 1											
1.ห้องผ่าตัดที่ 3	403	0.30	20.3	31.6	0.00	0.01	0.00	5.8	0.8	115	8
2.ห้องผ่าตัดที่ 5	355	1.45	18.4*	45.5	0.00	0.00	0.00	21.8	1.8	120	No Growth
3.ห้องผ่าตัดที่ 6	443	1.50	20.6	40.1	0.06	0.00	0.50	19.8	2.8	98	5
4.ห้องผ่าตัดศัลยกรรมกระดูก	572	1.20	21.0	35.0	0.00	0.00	0.00	99.9*	18.8	385*	15
5.ห้องผ่าตัดที่ 11	460	2.25	23.0	44.5	0.19*	0.00	0.00	78.7*	16.5	1418*	78
6.ห้องผ่าตัด 12	711	3.05	21.9	41.7	0.58*	0.00	0.00	119.9*	15.5	453*	115
7.ห้องโถงกลางห้องผ่าตัด	489	2.30	21.8	48.3	0.23*	0.00	0.00	58.6*	11.3	1078*	123
8.ห้อง Bronchoscope	280	1.10	21.7	49.7	0.00	0.00	0.00	23.0	12.0	85	180
ผลตรวจภายนอกอาคาร	183	0.80	32.0	44.6	0.00	0.00	108.5	92.0	28.9	32.0	425
โรงพยาบาลที่ 2											
1.ห้องผ่าตัดหมายเลข 1	379	0.00	20.7	47.8	0.00	0.030	0.00	1.9	0.5	35	15
2.ห้องผ่าตัดหมายเลข 2	404	0.00	17.3*	55.3	0.00	0.00	0.00	1.8	0.4	15	5
3.ห้องผ่าตัดหมายเลข 3	452	0.00	16.8*	49.7	0.00	0.021	0.00	3.0	1.0	10	30
4.ห้องผ่าตัดหมายเลข 4	545	0.00	16.4*	51.7	0.00	0.001	0.00	4.4	1.1	40	15
5.ห้องผ่าตัดหมายเลข 5	416	0.00	17.0*	50.0	0.00	0.010	0.00	1.0	0.2	5	5
6.ห้องผ่าตัดหมายเลข 6	756	0.4	17.5*	50.3	0.238*	0.017	0.00	26.9	4.0	65	25
7.ห้องผ่าตัดหมายเลข 7	404	0.00	18.3*	49.9	0.00	0.017	0.00	1.8	0.5	5	15
8.ห้องผ่าตัดหมายเลข 8	399	0.00	20.0	45.2	0.00	0.027	0.00	4.3	1.2	15	45
9.ห้องเก็บเครื่องมือปราศจากเชื้อ	443	0.00	19.1*	65.0	0.00	0.005	0.00	6.0	3.6	50	70
ผลตรวจภายนอกอาคาร	306	0.00	31.8	52.7	0.00	0.00	0.017	67.0	17.3	310	155

เป็นเพศหญิงมากที่สุด 19 คน มีอายุเฉลี่ย 46.70 ปี มีประวัติโรคประจำตัว 11 คน โดยมีโรคภูมิแพ้ 10 คน รายละเอียดดังตารางที่ 2

ลักษณะอาการทางสุขภาพที่เกิดขึ้นในขณะปฏิบัติงาน โรงพยาบาลที่ 1 พบว่า มีอาการทางจมูกและตามากที่สุด โดยมีอาการระคายเคืองตาเท่ากับ 4 คน อาการแสบจมูกและคัดจมูกอย่างละ 4 คน

โรงพยาบาลที่ 2 พบว่ามีอาการแสบจมูกมากที่สุด 4 คน มีอาการระบบทางเดินหายใจ 4 คน ได้แก่ ไอแห้ง รู้สึกหายใจอึดอัด แน่นหน้าอกและแสบคอ รายละเอียดดังตารางที่ 3

ตารางที่ 2 ข้อมูลทั่วไปของผู้ปฏิบัติงานแยกตามโรงพยาบาล

ข้อมูล	โรงพยาบาลที่ 1 N = 19 คน		โรงพยาบาลที่ 2 N = 20 คน	
เพศ (คน)				
- เพศชาย	9		1	
- เพศหญิง	10		19	
ระดับการศึกษา (คน)				
- ต่ำกว่าปริญญาตรี	8		6	
- ปริญญาตรี	9		14	
- สูงกว่าปริญญาตรี	2		–	
	ใช่	**ไม่ใช่**	**ใช่**	**ไม่ใช่**
การทำงานล่วงเวลา (คน)	18	1	19	1
การสูบบุหรี่ (คน)	3	16	0	20
ประวัติโรคประจำตัว (คน)	10	9	11	9
ความคิดเห็นเกี่ยวกับความพึงพอใจในงาน (คน)	18	1	20	0
งานที่ทำอยู่ทำให้รู้สึกเครียด (คน)	7	12	12	8

ตารางที่ 3 ผลการประเมินอาการเจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงานแยกตามโรงพยาบาล

อาการ	โรงพยาบาลที่ 1 (คน)	โรงพยาบาลที่ 2 (คน)	อาการ	โรงพยาบาลที่ 1 (คน)	โรงพยาบาลที่ 2 (คน)
อาการทางตา			**อาการทางจมูก**		
ระคายเคืองตา	4	–	แสบจมูก	4	4
ตาแห้ง	3	–	ระคายเคืองจมูก	2	3

ตารางที่ 3 ผลการประเมินอาการเจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงานแยกตามโรงพยาบาล

อาการ	โรงพยาบาลที่ 1 (คน)	โรงพยาบาลที่ 2 (คน)	อาการ	โรงพยาบาลที่ 1 (คน)	โรงพยาบาลที่ 2 (คน)
คันตา	2	2	น้ำมูกไหล	1	1
แสบตา	1	1	คัดจมูก	4	2
ระบบทางเดินหายใจ			**ระบบประสาท**		
ไอแห้ง	–	1	อ่อนล้า/ อ่อนเพลีย	3	–
รู้สึกหายใจอึดอัด	–	1	เวียนศีรษะ	1	1
แน่นหน้าอก	–	1	ปวดศีรษะ	–	–
แสบคอ	1	1	ง่วงเหงาหาวนอน	1	–
ระคายคอ	1	–	ขาดสมาธิในการทำงาน	1	–
เจ็บคอ	1	–	**ผิวหนังคัน/มีผื่น**	1	2

อภิปรายผล

จากผลการเดินสำรวจและการตรวจประเมินคุณภาพอากาศในห้องผ่าตัดของโรงพยาบาลที่ 1 พบว่าค่า PM10 และแบคทีเรียรวมสูงกว่าที่แนะนำ และผลการสัมภาษณ์ผู้ปฏิบัติงานของโรงพยาบาลที่ 1 รายงานอาการระคายเคืองทั้งทางจมูกและตา สอดคล้องกับผลการประเมินและการพบเห็นหลักฐานการมีเชื้อราหรือความชื้นในอาคาร จากผลการสอบถามอาการยังไม่พบว่ามีผู้ปฏิบัติงานรายใดที่มีอาการของการติดเชื้อในระบบทางเดินหายใจ ส่วนใหญ่เป็นอาการระคายเคือง ดังนั้นในผู้ปฏิบัติงานกลุ่มนี้ยังไม่มีอาการที่สงสัยการเจ็บป่วยที่เกี่ยวข้องกับอาคาร (Building-related illness) อาการที่พบทำให้สงสัยการเกิดกลุ่มอาการป่วยเหตุอาคารได้ แต่เนื่องจากกลุ่มอาการป่วยเหตุอาคารนั้นอาจพบได้แม้การตรวจประเมินคุณภาพอากาศภายในอาคารปกติและไม่มีการพบแหล่งปนเปื้อนคุณภาพอากาศ[19] และจากการศึกษาเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มอาการป่วยเหตุอาคารกับคุณภาพอากาศภายในโรงพยาบาลกลาง[20] พบว่าความชุกของกลุ่มอาการป่วยเหตุอาคารคิดเป็น ร้อยละ 24.62 แต่ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มอาการป่วยเหตุอาคารกับคุณภาพอากาศภายในโรงพยาบาล ซึ่งคล้ายคลึงกับการศึกษาเรื่องอัตราชุกและปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเกิดกลุ่มอาการป่วยเหตุอาคารของเจ้าหน้าที่ที่ปฏิบัติงานในอาคารโรงพยาบาลที่มีการระบายอากาศไม่เพียงพอ[8] พบว่าอัตราความชุกของกลุ่มอาการป่วยเหตุอาคารอยู่ในช่วงร้อยละ 25- 26 และไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มอาการป่วยเหตุอาคารกับสภาพการระบายอากาศที่ไม่เพียงพอ การดูแลสุขภาพผู้ปฏิบัติงานกลุ่มนี้จึงต้องมีการเฝ้าระวังอาการต่อเนื่อง โดยเฉพาะผู้ปฏิบัติงานที่มีโรคประจำตัวเป็น

ภูมิแพ้ที่อาจมีอาการมากกว่าตามผลการศึกษา[20] ที่พบว่าการมีประวัติภูมิแพ้มีความเกี่ยวข้องกับกลุ่มอาการป่วยเหตุอาคารอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) และเนื่องจากการสำรวจครั้งนี้เป็นสำรวจแบบภาพตัดขวาง การดำเนินการสำรวจเกิดขึ้นหลังการเกิดเหตุการณ์ไม่นานนัก ซึ่งผลกระทบต่อสุขภาพในกลุ่มที่เกิดจากสาเหตุความชื้นหรือเชื้อราในอาคารนั้นอาจเกิดตามมาได้ภายหลัง จึงควรทำการเฝ้าระวังสุขภาพกลุ่มนี้อย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้องค์การอนามัยโลกได้แนะนำให้ใช้การรับรู้ความชื้นในอาคารเป็นตัวบ่งชี้การปนเปื้อนคุณภาพอากาศ เพื่อให้เกิดการปกป้องสุขภาพแก่ผู้ใช้อาคาร[2] เนื่องจากความชื้นในอาคารทำให้เกิดการปนเปื้อนคุณภาพอากาศจากปัจจัยด้านจุลชีพได้ โดยความชื้นในอาคารไม่มีการวัดที่แน่นอน เป็นเรื่องของการรับรู้ เช่น การเห็นน้ำรั่วซึม การพบเห็นเชื้อรา การเปลี่ยนสีของฝาผนัง เป็นต้น[2] สอดคล้องกับผลการศึกษาความสัมพันธ์ของปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมจำแนกตามฤดูกาลต่ออัตราการป่วยด้วยกลุ่มอาการป่วยเหตุอาคารของผู้ปฏิบัติงานพยาบาลในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่ง[21] ที่รายงานว่าการพบเห็นเชื้อราที่ผนังห้อง พื้นห้องและอุปกรณ์สำนักงานมีความสัมพันธ์กับความชุกของกลุ่มอาการป่วยเหตุอาคาร ซึ่งจากการเดินสำรวจโรงพยาบาลที่ 1 พบจุดที่มีน้ำรั่วซึมอยู่บริเวณฝ้าเพดานและมีเชื้อรา แต่ผลการตรวจประเมินเชื้อรารวมไม่พบผลตรวจวัดที่เกินค่าแนะนำ อย่างไรก็ตามโรงพยาบาลที่ 1 ต้องมีการจัดการแก้ไขต้นเหตุที่ก่อให้เกิดการรั่วซึมของน้ำและซ่อมแซมฝ้าเพดาน เพื่อป้องกันการเกิดผลกระทบต่อสุขภาพที่จะเกิดขึ้น

สำหรับผลตรวจวัดสารฟอร์มัลดีไฮด์ที่มีค่าไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานนั้น ต้องดำเนินการสำรวจแหล่งที่มีการใช้สารฟอร์มัลดีไฮด์ รวมถึงปริมาณและวิธีการใช้ เพื่อทำการป้องกันการปนเปื้อนของสารในอาคาร โดยการศึกษาคุณภาพอากาศในห้องผ่าตัดโรงพยาบาลของประเทศกรีก[22] พบว่าค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ของห้องผ่าตัดเท่ากับ 0.23 ppm โดยค่าที่วัดได้อยู่ระหว่าง non-detectable และ 0.83 ppm ซึ่งการพบฟอร์มัลดีไฮด์นี้เกิดจากการใช้สารในการฆ่าเชื้อในห้องผ่าตัด แต่ในปัจจุบันประเทศไทยไม่มีการใช้ฟอร์มัลดีไฮด์ในการฆ่าเชื้อห้องผ่าตัดแล้ว การตรวจพบฟอร์มัลดีไฮด์ในการศึกษานี้อาจมีสาเหตุมาจากการใช้ฟอร์มัลดีไฮด์ในการทำงาน ซึ่งต้องมีการวิเคราะห์งานและหาสาเหตุที่ทำให้ตรวจพบสารดังกล่าวเพิ่มเติม นอกจากนี้ความชื้นในอาคารสามารถทำให้ผลการตรวจวัดฟอร์มัลดีไฮด์มีค่าสูงขึ้นได้ เนื่องจากความชื้นในอากาศสามารถจับกับสารฟอร์มัลดีไฮด์ได้ดี[2] และการตรวจวัดสารฟอร์มัลดีไฮด์ครั้งนี้ใช้หลัก real-time electrochemical sensor ที่อาจมีสารรบกวนการตรวจวัด (Interfering gas) ที่มีลักษณะขนาดโมเลกุลและสามารถปฏิกิริยาเคมีเช่นเดียวกัน ทำให้เกิดผลบวกลวงได้ ดังนั้นจึงควรยืนยันผลการตรวจโดยการเก็บตัวอย่างต่อเนื่องตามวิธีการมาตรฐานสากลต่อไป และควรค้นหาสาเหตุอื่นที่เป็นแหล่งก่อให้เกิดการปนเปื้อนดังกล่าวและดำเนินการกำจัดแหล่งก่อการปนเปื้อนนั้น ซึ่งโรงพยาบาลที่ 1 ได้ดำเนินการแก้ไขปัญหาและทำการตรวจประเมินซ้ำในเดือนตุลาคม และพบว่าสารฟอร์มัลดีไฮด์มีค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานทั้งหมด

การสัมภาษณ์กลุ่มเสี่ยงผู้ปฏิบัติงานเพื่อค้นหาผลกระทบต่อสุขภาพ พบว่าผู้ปฏิบัติงานมีอาการผิดปกติทางจมูกและตามากที่สุดในทั้ง 2 โรงพยาบาล แต่เนื่องจากกลุ่มนี้มีประวัติโรคประจำตัวเป็นภูมิแพ้เป็นส่วนใหญ่ซึ่งจะมีอาการคล้ายคลึงกับกลุ่มอาการป่วยเหตุอาคาร จึงไม่สามารถวิเคราะห์แยกสาเหตุได้ชัดเจน

การศึกษานี้มีข้อจำกัดคือ ไม่มีผลการตรวจประเมินอัตราการระบายอากาศภายในอาคาร และในปัจจุบันยังไม่มีค่ามาตรฐานในห้องผ่าตัดที่แนะนำเป็นสากล ค่าที่ใช้อ้างอิงในการศึกษานี้เป็นค่าแนะนำในการออกแบบระบบปรับและระบายอากาศในห้องผ่าตัดเพื่อการควบคุมการติดเชื้อทั้งจาก ASRAE และองค์การอนามัยโลก ซึ่งกำหนดในบางพารามิเตอร์เท่านั้น เช่น อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ อุณหภูมิ ความชื้นในอากาศ และกำหนดเพื่อประโยชน์ในการป้องกันการติดเชื้อของห้องผ่าตัด ส่วนค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในการเฝ้าระวังสุขภาพผู้ปฏิบัติงานห้องผ่าตัดนั้นแต่ยังไม่มีการกำหนด โดยเฉพาะอย่างยิ่งปริมาณแบคทีเรียและเชื้อรารวมในอากาศ ดังนั้นการอ้างอิงในการบริหารจัดการความเสี่ยงการปนเปื้อนคุณภาพอากาศภายในห้องผ่าตัด ควรคำนึงถึงค่าแนะนำในการป้องกันการติดเชื้อจากการผ่าตัดเป็นค่าขั้นต่ำในการจัดระบบปรับและระบายอากาศเพื่อการดูแลสุขภาพผู้รับบริการและผู้ปฏิบัติงาน ซึ่งปัจจุบันมีหลายการศึกษาที่รายงานว่าปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมในห้องผ่าตัดมีผลต่อการติดเชื้อหลังการผ่าตัด เช่น การศึกษาของ Spagnolo AM และคณะ[24] ที่สรุปว่าอัตราการเกิดการติดเชื้อหลังผ่าตัดเกี่ยวข้องกับคุณภาพของบริเวณเตียงผ่าตัด การปนเปื้อนจุลชีพต่าง ๆ ต้องได้รับการควบคุมที่ดี และในระยะหลังจึงเริ่มมีการศึกษาที่จะตรวจวัดอนุภาคในอากาศเพื่อเป็นตัวแทนของปริมาณแบคทีเรียและเชื้อรารวมในอากาศที่จะส่งผลต่อการติดเชื้อหลังการผ่าตัด แต่ผลการศึกษาก็ยังไม่สามารถใช้พารามิเตอร์นี้แทนได้ดังการศึกษาของ Cristina ML และคณะ[25] และของ Landrin A และคณะ[26] ปัจจุบันจึงเริ่มมีการเปรียบเทียบความสะอาดของอากาศในห้องผ่าตัดกับมาตรฐาน ISO Clean room[27] ห้องผ่าตัดทั่วไปกำหนดที่ ISO class 8 หรือ 7 โดยเป็นการวัดอนุภาคที่ปนเปื้อนอยู่ในอากาศและกำหนดเกณฑ์ความสะอาดแต่ละระดับ แต่การใช้มาตรฐาน ISO clean room นั้นก็ไม่ได้มีการกำหนดเกณฑ์มาตรฐานพารามิเตอร์อื่นที่จำเป็นต้องเฝ้าระวังสำหรับห้องผ่าตัด จะเห็นได้ว่าเกณฑ์มาตรฐานในการเฝ้าระวังคุณภาพอากาศในห้องผ่าตัดยังไม่มีใช้เป็นสากล ในการศึกษานี้บางค่าพารามิเตอร์ที่ตรวจวัดจึงนำไปเทียบกับค่ามาตรฐานของ SS554: 2009 (สิงคโปร์) ซึ่งเป็นค่าที่กำหนดคุณภาพอากาศภายในอาคารทั่วไปเท่านั้น

ข้อเสนอแนะ

การปนเปื้อนคุณภาพอากาศเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดผลกระทบต่อสุขภาพ ดังนั้นโรงพยาบาลที่มีผลการตรวจวัดสูงกว่าค่าแนะนำควรดำเนินเพื่อแก้ไขปัญหา โดยการเดินสำรวจสภาพแวดล้อมทางกายภาพเพิ่มเติม การวิเคราะห์งานเพื่อประเมินสาเหตุที่อาจก่อให้เกิดการปนเปื้อนคุณภาพอากาศ โดยเฉพาะงานที่มีการใช้สารฟอร์มัลดีไฮด์ การตรวจวัดอัตราการระบายอากาศ และทำการปรับปรุงซ่อมแซมฝ้าเพดานที่มีรอยรั่วซึมของน้ำ หลังการประเมินและแก้ไขปัญหาแล้วควรทำการตรวจประเมินคุณภาพอากาศซ้ำ และจัดให้มีการตรวจประเมินคุณภาพอากาศและการเฝ้าระวังภาวะสุขภาพผู้ปฏิบัติงานและผู้รับบริการอย่างต่อเนื่อง เป็นประจำอย่างน้อยทุกปี

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะผู้บริหารและเจ้าหน้าที่จากโรงพยาบาลทั้ง 2 แห่งที่อนุเคราะห์ข้อมูลและสถานที่ในการศึกษานี้

เอกสารอ้างอิง

1.World Health Organization. Household air pollution and health [Internet]. [Cited 2020 May 1]. Available from: https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/household-air-pollution-and-health

2.WHO Regional Office for Europe. WHO guidelines for indoor air quality: dampness and mould [Internet]. [Cited 2019 Sep 1]. Available from: http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0017/43325/E92645.pdf

3.Colome S, McCunney RJ, Samet JM, Swankin D. Indoor air pollution: An Introduction for health professionals. [Internet]. [Cited 2019 Sep 1]. Available from: https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-01/documents/indoor_air_pollution.pdf

4.Lee-Kuo L, Yan-Sin C, Yao-Chien T. Analysis of hospital interior air quality audits. [Internet]. [Cited 2020 May 1]. Available from:https://www.researchgate.net/publication/318903428_Analysis_of_hospital_interior_air_quality_audits

4.Nastase I, Croitorua C, Vartiresa A, Tataranu L. Indoor environmental quality in Operating Rooms: An European standards review with Regard to Romanian Guidelines. Energy Procedia. 2016;85: 375-82.

5.ปานทิพย์ ธิโนชัย,มนทิรา เตี้ยเล็ก,จิรา คงปราณ.คุณภาพอากาศภายในอาคารโรงพยาบาล: กรณีศึกษาโรงพยาบาลชุมชนแห่งหนึ่งในจังหวัดนครศรีธรรมราช.Journal of Health ScienceVol. 28 No. 2, March - April 2019

6.ณัฐพงศ์ แหละหมัน.อัตราชุกและปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเกิดกลุ่มอาการป่วยเหตุอาคารของเจ้าหน้าที่ที่ปฏิบัติงานในอาคารโรงพยาบาลที่มีการระบายอากาศไม่เพียงพอ [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต].กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ; 2548

7.Dong HC, Seock HC, Dong HK. Influence of Surgical Smoke on Indoor Air Quality in Hospital Operating Rooms Aerosol and Air Quality Research, 17: 821-830, 2017

8.Singapore standard council. Code of practice for indoor air quality for air-conditioned buildings [Internet]. [Cited 2019 Sep 1]. Available from:https://www.singaporestandardseshop.sg/Product/GetPdf?fileName=180331105407SS%205542016_Preview%28vA1382715%29.pdf&pdtid=8ee-48ab1-38f5-4dae-a469-b8612a05876f

9.National Institute for Occupational Safety and Health. NIOSH Method: 0800 Bioaerosal sampling (Indoor air) [Internet]. [Cited 2019 Sep 1]. Available from: https://www.cdc.gov/niosh/docs/2003-154/pdfs/0800.pdf

10.American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. ASHRAE Table 7-1 Design Parameters [Internet]. [Cited 2019 Sep 1]. Available from: https://www.health.ny.gov/facilities/cons/docs/ashrae_table_7-1.pdf

11.U.S. Department of Health and Human Services Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Guidelines for Environmental Infection Control in Health-Care Facilities. Ventilation of Health care facilities. 2003 Updated: July 2019[Internet]. [Cited 2019 Sep 1]. Available from: https://www.cdc.gov/infectioncontrol/pdf/guidelines/environmental-guidelines-P.pdf

12.World Health Organization. Practical Guidelines for Infection Control in Health Care Facilities [Internet]. [Cited 2019 Sep 1]. Available from: http://www.wpro.who.int/publications/docs/practical_guidelines_infection_control.pdf

13.สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย. (ร่าง) ประกาศกรมอนามัย เรื่อง เกณฑ์ค่าเฝ้าระวังคุณภาพอากาศภายในอาคาร. ใน: คู่มือการปฏิบัติงานเพื่อการตรวจประเมินคุณภาพ

อากาศภายในอาคาร สำหรับเจ้าหน้าที่.พิมพ์ครั้งที่ 1; 2559. หน้า ค-1 - ค-7

14.วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์. ร่างมาตรฐานระบบปรับอากาศและระบายอากาศ[Internet]. [Cited 2019 Sep 1]. Available from: http://www.tfh.go.th/tfh/wp-content/uploads/2017/06/ร่างมาตรฐานระบบปรับอากาศและระบายอากาศ_2.pdf

15.Hoffman PN, Williamsy J, Staceyz A, Bennettx AM, Ridgway GL, Dobsony C, et al. Microbiological commissioning and monitoring of operating theatre suites: A report of a working party of the Hospital Infection Society. Journal of Hospital Infection (2002) 52:1-28

16.วริทธิ์ อึ้งภากรณ์.คู่มือการออกแบบห้องสะอาดของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย.พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์. 2555.หน้า 231 - 240

17.Charkowska A. Ensuring Cleanliness in Operating Theatres. JOSE. 2008;14(4): 447-53

18.Michael LF. environmental health. In Joshep L, Robert JH. current occupational & environmental medicine. 4th ed. United state of America: McGraw-Hill education.2007.p. 790-801

19.จิตรลดา ต้นพรหม.ความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มอาการป่วยเหตุอาคารกับคุณภาพอากาศภายในโรงพยาบาลกลาง [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต].กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ; 2553

20.ดำรงศักดิ์ ร่มเย็น.ความสัมพันธ์ของปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมจำแนกตามฤดูกาลต่ออัตราการป่วยด้วยกลุ่มอาการป่วยเหตุอาคารของผู้ปฏิบัติงานพยาบาลในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่ง [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต].สงขลา: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ; 2557

21.Elena GD, Argyro L, Constantinos AB, Athina G. Air quality in hospital operating rooms. Building and Environment 43 (2008) 1945-1952

22.American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. ASHRAE Table 7-1 Design Parameters [Internet]. [Cited 2019 Sep 1]. Available from: https://www.health.ny.gov/facilities/cons/docs/ashrae_table_7-1.pdf

23.Spagnolo AM, Ottria G, Amicizia D, Perdelli F, Cristina ML. Operating theatre quality and prevention of surgical site infections. J Prev Med Hyg. 2013 Sep;54 (3):131-7

24.Cristina ML, Spagnolo AM, Sartini M, Panatto D, Gasparini R, et al. Can Particulate Air Sampling Predict Microbial Load in Operating Theatres for Arthroplasty. PLoS ONE 7 (12): e52809. doi:10.1371/journal.pone.0052809

25.Landrin A, Bissery A, Kac G. Monitoring air sampling in operating theatres: can particle counting replace microbiological sampling?. J Hosp Infect. 2005 sep;61 (1):27-9

26.Nortek Air Solutions. White Paper. Advancing Aerobiological Quality Standards for Hospital Operating Rooms (ORs) [Internet]. [Cited 2019 Sep 1]. Available from: https://www.nortekair.com/wp-content/uploads/2016/12/HUNT-CS-WP-1D.pdf