

Indoor Air Quality and Microbial Indoor Air Quality in Tertiary Care Hospital

Napattamon Manorat, M.D., M.Sc.*

Nantaka Sinthununsakul, B.N.S., M.N.S.*

Abstract

This descriptive study was conducted to determine indoor air quality; temperature, relative humidity, carbon dioxide, total volatile organic compound and microorganisms as bacteria and fungi in Roi Et Hospital. We collected 38 air samples in November 2018. The results found that mean of temperature was $27.00 \pm 2.37^\circ\text{C}$. Mean of relative humidity was 55.43 ± 6.52 percent. Median of air velocity was 3 m/s. Median of CO_2 was 429 ppm. Mean of total VOCs was 0.63 ± 0.67 ppm. Bacterial counts were in range 30-1024 CFU/m³ and median bacterial count was 136 CFU/m³. Fungal counts were in range 30-640 CFU/m³ and median was 210 CFU/m³. These results compared with the recommendation and standard values for indoor air quality showed that 13.15 percent of the samples was in range for acceptable temperature; 76.32 percent for acceptable relative humidity; 39.47 percent for acceptable air movement; 97.37 percent for acceptable CO_2 ; total 100 percent for acceptable volatile organic compounds; 81.58 percent for acceptable total bacterial counts and 89.47 percent for acceptable total fungal counts. The area that not passed the recommendation level was an indication of poor ventilation or an unsanitary condition and needed remedial action.

Keywords: Indoor air quality in hospital, airborne microorganism, air quality

*Occupational and Environmental Health, Roi Et Hospital.

การศึกษาเชื้อจุลินทรีย์ปนเปื้อนและคุณภาพอากาศในอาคาร ในโรงพยาบาลระดับตติยภูมิ

นภัฐมณ มโนรัตน์, พ.บ., วท.ม.*

นันทกา สินธุนนท์สกุล, พย.บ., พย.ม.*

บทคัดย่อ

การศึกษานี้เป็นการศึกษาวิจัยเชิงสำรวจและพรรณนาภาคตัดขวาง มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณภาพอากาศ ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ สารอินทรีย์ระเหย และเชื้อจุลินทรีย์ (แบคทีเรียและเชื้อรา) ในโรงพยาบาลร้อยเอ็ด สำรวจช่วงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2561 ใน 38 จุดตัวอย่างตามพื้นที่เสี่ยง ผลการศึกษาพบว่า อุณหภูมิในบริเวณตัวอย่างมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 27.00 ± 2.37 องศาเซลเซียส

ความชื้นสัมพัทธ์มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 55.43 ± 6.52 ความเร็วลมมีค่ามัธยฐานที่ 3 เมตรต่อวินาที (≤ 0.25 เมตรต่อวินาที) คาร์บอนไดออกไซด์มีค่ามัธยฐานเท่ากับ 429 ppm (≤ 1000 ppm) สารอินทรีย์ระเหยมีค่าเฉลี่ย 0.63 ± 0.67 ppm (≤ 3 ppm) 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 มีพื้นที่ที่มีอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ สารอินทรีย์ระเหย อยู่ในค่ามาตรฐาน ร้อยละ 13.15, 76.32, 39.47, 97.37 และ 100 ตามลำดับ และมีพื้นที่ที่มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์แบคทีเรียและเชื้อราอยู่ในค่ามาตรฐาน ร้อยละ 81.58 และ 89.47 ตามลำดับ พบว่าพื้นที่ที่มีค่าเกินค่ามาตรฐาน บ่งบอกว่าระบบระบายอากาศและคุณภาพอากาศยังไม่เหมาะสม จึงควรได้รับการแก้ไขให้ถูกต้องตามหลักการระบายอากาศ

คำสำคัญ: คุณภาพอากาศในโรงพยาบาล, เชื้อจุลินทรีย์ในอากาศ, คุณภาพอากาศ

*กลุ่มงานอาชีวเวชกรรม โรงพยาบาลร้อยเอ็ด

บทนำ

โรงพยาบาลเป็นหน่วยงานสำหรับให้บริการทางด้านสุขภาพแก่ประชาชน ในแต่ละวันมีผู้มาใช้บริการเป็นจำนวนมากโดยเฉพาะอย่างยิ่งโรงพยาบาลขนาดใหญ่ระดับตติยภูมิ (Tertiary Care) มีผู้ป่วยมาใช้บริการและส่งต่อมาจากโรงพยาบาลขนาดรองปริมาณมาก ลักษณะผู้ป่วยส่วนใหญ่เป็นโรคที่รุนแรงต้องการการรักษาที่ซับซ้อน จึงต้องใช้บุคลากรที่เกี่ยวข้องกับผู้ป่วยทั้งทางตรงและทางอ้อมเป็นจำนวนมาก โรงพยาบาลจึงเปรียบเสมือนแหล่งชุมชนที่มีผู้คนอยู่เป็นจำนวนมาก ซึ่งมีโอกาสในการแพร่กระจายเชื้อไปสู่กันโดยอาศัยอากาศเป็นตัวกลางได้โดยง่าย

เชื้อก่อโรคทางระบบทางเดินหายใจแก่มนุษย์ส่วนใหญ่ เช่น วัณโรค เชื้อหัด สุกใส ไข้หวัดใหญ่ที่สามารถแพร่ได้ในโรงพยาบาล เชื้อรากลุ่ม *Aspergillus* spp. ที่ก่อให้เกิดโรคมะเร็งทางระบบทางเดินหายใจในคนทั่วไป และก่อโรคแอสเพอร์จิโลซิส (Aspergillosis) ในคนที่ภูมิคุ้มกันต่ำ โดยเฉพาะผู้ป่วยหลังให้เคมีบำบัดที่มีภาวะเม็ดเลือดขาวต่ำ เชื้อที่ก่อโรคเหล่านี้สามารถถ่ายทอดแพร่กระจายทางอากาศเป็นหลัก⁽¹⁾ โดยขึ้นอยู่กับ

ปัจจัยต่างๆ อันได้แก่ ความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิของอากาศที่เหมาะสมเป็นปัจจัยในการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ ความเร็วลมที่ทำให้เชื้อแพร่กระจายไปยังบริเวณต่าง ๆ หรือทำให้หยุดอยู่กับที่ ปริมาณผู้คนเข้ามาที่มีผลต่อชนิดและปริมาณเชื้อของเชื้อจุลินทรีย์เช่นกัน⁽²⁾ นอกจากนี้คุณภาพอากาศภายในอาคาร ได้แก่ ความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิ ก๊าซในอาคารยังมีผลต่อผู้ใช้อาคาร กล่าวคือ คุณภาพอากาศที่ดี จะทำให้เกิดความรู้สึกสบายแก่ผู้ใช้อาคาร หากคุณภาพอากาศไม่เหมาะสมจะทำให้เกิดผลกระทบทางลบ เช่น ความชื้นที่มากมีความสัมพันธ์กับอาการทางระบบทางเดินหายใจ เพิ่มอุบัติการณ์ของการไอ จาม และหอบหืดในผู้ที่มีความเปราะบาง เช่น เด็กเล็ก หรือผู้ที่เป็นโรคหอบมาก่อน⁽³⁾ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มากเกินไป 1000 ppm ทำให้มีอาการปวดศีรษะ เหนื่อยล้า ระคายเคืองตาและลำคอ⁽⁴⁾ ซึ่งหากมีการตื่นตัวด้านคุณภาพอากาศและเชื้อจุลินทรีย์ภายในอากาศไม่ได้เป็นเพียงเรื่องยืนยันความใส่ใจเท่านั้น แต่หมายถึงการลดความเสี่ยงให้กับผู้ป่วยที่มีความเปราะบางได้อย่างมากอีกด้วย อีกทั้งยังทำให้ผู้ที่อาศัยภายในโรงพยาบาลได้รับความปลอดภัยและอยู่ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม

ลดความตึงเครียด เพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานได้ทางหนึ่ง

ดังนั้นผู้วิจัยจึงเห็นความสำคัญและจัดทำการศึกษาขึ้นนี้มา เพื่อต้องการทราบถึงเชื้อจุลินทรีย์และคุณภาพอากาศในอาคารภายในโรงพยาบาลร้อยเอ็ด ซึ่งเป็นโรงพยาบาลระดับตติยภูมิ ขนาด 820 เตียง และมีบุคลากรจำนวน 2400 คน เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้น นำไปสู่การเฝ้าระวังด้านภาวะสุขภาพ หาแนวทางป้องกัน แก้อาการ และควบคุมคุณภาพอากาศในบริเวณที่ไม่เหมาะสมให้แก่ผู้รับบริการและบุคลากรภายในโรงพยาบาลต่อไป โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณภาพอากาศ ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ สารอินทรีย์ระเหย และเชื้อจุลินทรีย์ (แบคทีเรียและเชื้อรา) ในโรงพยาบาลร้อยเอ็ด

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาแบบพรรณนาตัดขวาง (Cross sectional descriptive study) เพื่อศึกษาเชื้อจุลินทรีย์และคุณภาพอากาศในอาคารในโรงพยาบาลร้อยเอ็ด กำหนดจุดเก็บตัวอย่าง 38 จุด และตรวจวัดในช่วงเวลาทำการที่มีผู้รับบริการใช้อยู่ ช่วงระยะเวลาที่เก็บตัวอย่าง คือ เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2561

เครื่องมือการวิจัย

1. แบบสำรวจข้อมูลด้านสิ่งแวดล้อมเบื้องต้น ประกอบด้วย บริเวณที่ทำการการศึกษา จำนวนผู้ที่อยู่ภายในห้องขณะตรวจวัด ระบบระบายอากาศภายในห้อง

2. เครื่องมือตรวจวัดสิ่งแวดล้อม

a. เครื่องมือตรวจวัดคุณภาพอากาศ (Indoor Air Quality Monitoring) รุ่น AQ Expert ของ E instruments by Sauermann ใช้ตรวจวัดความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิ ความเร็วลม ก๊าซ

คาร์บอนไดออกไซด์ สารอินทรีย์ไอระเหย (total VOCs)

b. เครื่องมือเก็บตัวอย่างจุลินทรีย์ในอากาศ รุ่น IUL Spin air 2 เครื่อง ใช้เก็บเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศ ผ่านลงจานเพาะเชื้อ ทำการบ่มเพาะเชื้อและนับปริมาณเชื้อแบคทีเรียและเชื้อรา โดยกลุ่มงานจุลชีววิทยาโรงพยาบาลร้อยเอ็ด

c. อาหารเลี้ยงเชื้อ สำหรับแบคทีเรีย ใช้ Blood Agar ใน Petri Dish ขนาด 9 มิลลิเมตร และเชื้อรา ใช้ Sabouraud Dextrose Agar (SDA) ใน Petri Dish ขนาด 9 มิลลิเมตร

กลุ่มตัวอย่าง

กำหนดจุดเก็บตัวอย่างทั้งหมด 38 จุด ซึ่งเป็นจุดที่เป็นพื้นที่เสี่ยงต่อการแพร่กระจายเชื้อทางอากาศ ตามการแบ่งพื้นที่ของสถาบันบำราศนราดูร⁽¹⁾ ได้แก่ กลุ่มบริการผู้ป่วยนอก ห้องทันตกรรม ห้องเอกซเรย์ หอผู้ป่วยอายุรกรรม หอผู้ป่วยศัลยกรรม หอผู้ป่วยหนัก ห้องจุลชีววิทยา ห้องย้อมเชื้อ ศูนย์แปลกายภาพบำบัด ห้องชันสูตร ทั้งหมดตั้งอยู่ในอาคารทั้งหมด 10 อาคาร

วิธีการเก็บตัวอย่างสิ่งแวดล้อม

การตรวจวัดคุณภาพอากาศ วางเครื่องตรวจวัดคุณภาพอากาศในช่วงระดับการหายใจ กำหนดที่ความสูงจากระดับพื้น 1 เมตร วางไว้บริเวณกลางห้อง โดยก่อนตรวจมีการทดสอบค่าความถูกต้องและความเที่ยงของเครื่องก่อน (calibration) ทำการเก็บตัวอย่างอากาศ และจดบันทึกค่าที่ได้

การเก็บตัวอย่างการปนเปื้อนจุลินทรีย์ในอากาศตามหลักการของ NIOSH Method 0800⁽⁵⁾ ทำโดยตั้งเครื่องเก็บตัวอย่างจุลินทรีย์ในอากาศทั้ง 2 เครื่องในช่วงระดับการหายใจ กำหนดที่ความสูงจากระดับพื้น 1 เมตร วางไว้บริเวณกลางห้อง ทำความสะอาดเครื่องมือด้วยแอลกอฮอล์ 70% จากนั้นนำจานที่มีอาหารเลี้ยงเชื้อเข้าไปในเครื่อง โดย

เครื่องแรกใส่จานสำหรับแบคทีเรีย ส่วนอีกเครื่องใส่จานสำหรับเชื้อรา ตั้งค่าการดูดอากาศของเครื่องที่ 100 ลิตรต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที ได้ปริมาตรอากาศทั้งหมด 0.5 ลูกบาศก์เมตร หลังจากนั้นนำจานเพาะเชื้อออกมาเพื่อนำไปเพาะเชื้อต่อไป โดยแบคทีเรียเพาะในอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48

ชั่วโมง และเชื้อรา เพาะในอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน

การนับเชื้อจุลินทรีย์ นับจำนวนจุลินทรีย์ที่ขึ้นบนอาหารเลี้ยงเชื้อ นำไปคำนวณและรายงานออกมาเป็นหน่วยจุลินทรีย์ต่อลูกบาศก์เมตร (CFU/m³) โดยคำนวณได้จาก

โคโลนีของแบคทีเรียหรือโมลของเชื้อราที่ขึ้นในจานเพาะเชื้อ (Colony forming units)

ปริมาตรอากาศทั้งหมดที่ดูดเข้ามา (ลูกบาศก์เมตร)

การวิเคราะห์ข้อมูล

งานวิจัยนี้ใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistics) วิเคราะห์ข้อมูล แสดงผลโดย จำนวนร้อยละ (n, %), ข้อมูลที่มีการกระจายแบบปกตินำเสนอเป็นค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน, ข้อมูลที่มีการกระจายแบบไม่ปกตินำเสนอเป็นมัธยฐานและพิสัยควอไทล์ และนำมาเทียบกับค่ามาตรฐานอ้างอิงตามแต่ละปัจจัย

ผลการศึกษา

ลักษณะทั่วไป

ลักษณะทางกายภาพทั่วไป โรงพยาบาลเป็นโรงพยาบาลขนาด 820 เตียง ตั้งอยู่บนพื้นที่

45 ไร่ เปิดให้บริการเมื่อ พ.ศ. 2483 ซึ่งมีการสร้างและปรับปรุงภายในโรงพยาบาลเรื่อยมา ปัจจุบันมีอาคารที่ใช้งานทั้งหมด 36 อาคาร โดยอาคารผู้วิจัยเข้าสำรวจ มีทั้งหมด 10 อาคาร มีอายุการใช้งานเฉลี่ย 16.2±13.9 ปี อายุใช้งานน้อยสุดคือ 1 ปี และมากที่สุดคือ 45 ปี ห้องที่ผู้วิจัยทำการเก็บตัวอย่างมีระบบระบายอากาศแบบธรรมชาติ ได้แก่ มีหน้าต่างประตูเปิดไม่น้อยกว่าร้อยละ 10 ของพื้นที่ และไม่มีระบบปรับอากาศด้วยเครื่องปรับอากาศร้อยละ 42.11 และแบบเชิงกล และมีเครื่องปรับอากาศ ร้อยละ 57.89 โดยมีการเปิดใช้พัดลมระบายอากาศ ร้อยละ 36.84 รายละเอียดดังตาราง 1

ตาราง 1 ลักษณะทั่วไปของห้องที่ทำการเก็บตัวอย่าง

ลักษณะทั่วไป	จำนวนห้อง (n=38)	ร้อยละ
ประเภทของพื้นที่		
ผู้ป่วยนอก	19	50.00
ผู้ป่วยใน	16	42.11
อื่น ๆ	3	7.89
มีระบบปรับอากาศด้วยเครื่องปรับอากาศ		
มี	22	57.89
ไม่มี	17	42.11

ตาราง 1 ลักษณะทั่วไปของห้องที่ทำการเก็บตัวอย่าง (ต่อ)

ลักษณะทั่วไป	จำนวนห้อง (n=38)	ร้อยละ
ระบบระบายอากาศ		
ระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ เช่น หน้าต่าง	17	42.11
เชิงกล พัฒลระบายอากาศ		
ไม่มี/ ไม่พบการใช้งาน	8	21.05
มีการใช้งานพัฒลระบายอากาศ	14	36.84
จำนวนคนในห้องขณะวัด		
1-20 คน	20	52.63
21-50 คน	11	28.95
มากกว่า 50 คน	7	18.42
มีแสงแดดส่องถึง		
มีแสงแดดส่องถึง	18	47.37
ไม่มีแสงแดดส่องถึง	20	52.63

ผลการตรวจคุณภาพอากาศ

ผลการตรวจคุณภาพอากาศพบว่า อุณหภูมิในบริเวณตัวอย่างอยู่ในช่วงตั้งแต่ 20.9 ถึง 31.1 องศาเซลเซียส ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 27.00 ± 2.37 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์มีค่าตั้งแต่ร้อยละ 36.6 ถึง 67.4 มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 55.43 ± 6.52 ความเร็วลมมีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 6 เมตรต่อวินาที มีค่ามัธยฐานที่ 3 เมตรต่อวินาที คาร์บอนไดออกไซด์มีค่าตั้งแต่ 149 ถึง 1090 ppm ค่ามัธยฐานเท่ากับ 429 ppm สารอินทรีย์ระเหยมีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 2 ppm ค่าเฉลี่ยที่ 0.63 ± 0.67 ppm

ผลการเพาะเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศ พบเชื้อแบคทีเรียมีปริมาณโคลิฟอร์มตั้งแต่ 30 ถึง 1024 CFU/m³ ค่ามัธยฐานอยู่ที่ 136 CFU/m³ และปริมาณเชื้อราพบว่าปริมาณตั้งแต่ 30 ถึง 640 CFU/m³ ค่ามัธยฐานเชื้อราอยู่ที่ 210 CFU/m³ ดังตารางที่ 2 และรายละเอียดดังตารางที่ 3

ผลการตรวจคุณภาพอากาศเทียบกับค่าอ้างอิงด้านคุณภาพอากาศ

สภาวะอากาศที่เหมาะสมนั้น มีแนวทางจาก

หลายหน่วยงานได้กำหนดช่วงคุณภาพอากาศที่เหมาะสมไว้ดังเช่น ทาง American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers (ASHRAE) และสถาบันบำราศนราดูร^(1,6) ได้กำหนดค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสมกับบุคคลและกิจกรรมในแต่ละพื้นที่ภายในสถานพยาบาล เช่น ห้องตรวจโรคควรมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 21-24 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์อยู่ที่ร้อยละ 30-60 เป็นต้น หากไม่ได้กำหนดเป็นพื้นที่ใช้งานเฉพาะควรควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ระหว่าง 20-25.5 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในช่วงร้อยละ 30-60 เพื่อให้ผู้ที่อยู่ในอาคารอยู่ในสภาวะสบาย ซึ่งการศึกษาพบว่า มีพื้นที่ที่มีอุณหภูมิเหมาะสมทั้งหมด 5 จุด คิดเป็นร้อยละ 13.15 ของพื้นที่ และความชื้นสัมพัทธ์เหมาะสม 29 จุด ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 76.32

นอกจากอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์แล้ว ความเร็วลมเป็นปัจจัยสำคัญเช่นกัน โดยสถาบันระบาดสิ่งแวดล้อม กระทรวงสิ่งแวดล้อมประเทศ

สิงคโปร์และ ASHRAE^(6,7) ได้กำหนดความเร็วลมที่เหมาะสม คือ ≤ 0.25 m/s โดยการศึกษาที่มีพื้นที่ที่ความเร็วลมเหมาะสม 15 จุด คิดเป็นร้อยละ 39.47 ก๊าซภายในอาคาร อันได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นก๊าซที่บ่งบอกถึงคุณภาพอากาศ โดยคาร์บอนไดออกไซด์ในอาคารไม่ควรเกิน 1000 ppm^(4,6) ผลของการศึกษาพบว่าพื้นที่ที่ก๊าซนี้อยู่ในเกณฑ์ 37 จุด คิดเป็นร้อยละ 97.37 ส่วนสารอินทรีย์ระเหย (Total VOCs) ได้กำหนดให้ไม่เกิน 3 ppm⁽⁶⁾ โดยผลของการศึกษานี้พบว่าทุกพื้นที่ไม่มีสารอินทรีย์ระเหยเกินคำแนะนำ

เชื้อจุลินทรีย์ในอากาศที่เพาะได้ ค่าแนะนำควรมีค่าแบคทีเรียในอากาศในจานเพาะไม่เกิน 500 CFU/m³ และเชื้อราไม่เกิน 500 CFU/m³ หากมีค่าเกินแสดงถึงการระบายอากาศที่ไม่เพียงพอ เป็นสถานะที่ไม่เหมาะสม ควรได้รับการแก้ไข^(6,8,9) ซึ่งผลของการศึกษานี้พบว่าพื้นที่ผ่านเกณฑ์แบคทีเรียในอากาศ 31 จุด คิดเป็นร้อยละ 81.58 และพื้นที่ผ่านเกณฑ์เชื้อราในอากาศ 34 จุด คิดเป็นร้อยละ 89.47 ดังตารางที่ 2

ตาราง 2 คุณภาพอากาศเทียบกับค่าอ้างอิง

คุณภาพอากาศ	ค่าเฉลี่ย/ค่ามาตรฐาน	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน/พิสัยควอไทล์	ค่าอ้างอิง	พื้นที่ผ่านเกณฑ์ (ร้อยละ)
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	27.00	2.37	ตามลักษณะพื้นที่	13.15
ความชื้นสัมพัทธ์ (ร้อยละ)	55.43	6.52	ตามลักษณะพื้นที่	76.32
ความเร็วลม (m/s) [#]	3.00	0.4	≤ 0.25	39.47
คาร์บอนไดออกไซด์ (ppm) [#]	429.00	262, 820	≤ 1000	97.37
สารอินทรีย์ระเหย (ppm)	0.63	0.67	≤ 3	100.00
แบคทีเรีย (CFU/m ³) [#]	136.00	90,306	≤ 500	81.58
เชื้อรา (CFU/m ³) [#]	210.00	144,270	≤ 500	89.47

หมายเหตุ : #มีการกระจายตัวแบบไม่ปกติ ใช้ค่ามัธยฐาน และพิสัยควอไทล์ แทนค่าเฉลี่ย

ตาราง 3 คุณภาพอากาศตัวอย่างภายในโรงพยาบาล

ห้อง	จำนวนคน ขณะวัด (คน)	CO ₂ (PPM)	อุณหภูมิ (°C)	ความชื้น สัมพัทธ์ (ร้อยละ)	ความเร็ว ลม (m/s)	สารอินทรีย์ ไอระเหย (ppm)	แบคทีเรีย ในอากาศ (CFU/m ³)	เชื้อราใน อากาศ (CFU/m ³)
ห้องรอตรวจอายุรกรรม	100	733	28.6*	58.2	4*	2	950*	530*
ห้องตรวจอายุรกรรม	5	880	28.7*	59.6	0	2	350	112
ห้องรอตรวจกุมารเวชกรรม	63	385	30.0*	53.4	0	1	940*	184
ห้องตรวจกุมารเวชกรรม	4	997	29.2*	45.0	3*	0	740*	220
ห้องรอตรวจจักษุโรค	30	421	31.1*	54.1	0	1	106	270
ห้องตรวจจักษุโรค	4	237	30.3*	36.3	1*	1	94	220

ตาราง 3 คุณภาพอากาศตัวอย่างภายในโรงพยาบาล (ต่อ)

ห้อง	จำนวนคน ขณะวัด (คน)	CO ₂ (PPM)	อุณหภูมิ (°C)	ความชื้น สัมพัทธ์ (ร้อยละ)	ความเร็ว ลม (m/s)	สารอินทรีย์ ไอระเหย (ppm)	แบคทีเรีย ในอากาศ (CFU/m ³)	เชื้อราใน อากาศ (CFU/m ³)
ห้องรอตรวจคลินิกหอบหืด	80	905	28.9*	58.2	0	0	974*	540*
จุดคัดกรองผู้ป่วย	15	720	28.3*	57.9	0	1	1024*	254
ห้อง X-Ray ชั้น 1	7	1090*	27.9*	67.4*	0	1	532*	334
ห้อง X-Ray ชั้น 2	3	820	23.8	56.5	3*	0	178	158
ห้องรอจ่ายยาผู้ป่วยนอก	90	919	27.1*	62.0*	0	0	460	150
ห้องตรวจทันตกรรม	4	536	24.2*	51.4	5*	0	140	96
ห้องตรวจศัลยกรรมช่องปาก	8	788	20.9	49.3	6*	0	34	30
ห้องไต่เตียม	23	580	28.0*	53.6	3*	0	220	54
ห้องชันสูตร	4	303	27.5*	59.9	4*	1	300	44
ห้องฉุกเฉิน	21	290	23.3	55.7	5*	1	178	290
ห้อง Resuscitate	12	852	25.0*	57.7	4*	1	52	206
ห้องแยกโรคทางเดินหายใจ	2	188	27.9*	49.1	3*	0	114	240
ศูนย์เปล	22	650	29.9*	61.4*	0	1	710*	640*
ห้องเพาะเชื้อ	6	361	23.3	58.0	5*	1	46	134
ห้องย้อมสีเชื้อวัณโรค	4	660	23.6	49.1	4*	1	48	168
ห้องทำงานพยาบาล								
ในหอผู้ป่วย	12	834	26.2*	48.1	4*	0	240	60
หอผู้ป่วยหนักอายุรกรรม 1	12	886	25.6*	46.7	3*	0	306	142
หอผู้ป่วยหนักอายุรกรรม 2	12	834	25.1*	47.6	5*	0	182	94
หอผู้ป่วยหนักโรคหัวใจ	11	430	25.1*	48.8	4*	0	30	216
และหลอดเลือด								
หอผู้ป่วยอายุรกรรมชาย 2	48	428	28.8*	50.6	0	0	46	214
หอผู้ป่วยอายุรกรรมชาย 3	58	256	29.8*	47.5	0	0	112	198
หอผู้ป่วยอายุรกรรมชาย 4	52	485	30.0*	47.9	0	0	98	220
หอผู้ป่วยอายุรกรรมหญิง 2	54	342	27.2*	59.7	0	0	86	566*
หอผู้ป่วยอายุรกรรมหญิง 3	50	194	26.8*	60.3*	3*	1	120	312
หอผู้ป่วยศัลยกรรม 1	40	262	25.1*	64.8*	0	1	88	190
หอผู้ป่วยศัลยกรรม 2	48	212	27.9*	55.5	4*	1	92	170
หอผู้ป่วยศัลยกรรม 3	39	300	268.0*	59.4	4*	1	168	224
หอผู้ป่วยศัลยกรรม 4	44	273	26.2*	60.2*	0	0	132	144
หอผู้ป่วยศัลยกรรม 6	38	252	26.4*	62.6*	4*	2	132	332
หอผู้ป่วยกุมารเวชกรรม 2	20	230	25.6*	64.0*	4*	1	90	270
หอผู้ป่วยพิเศษ	3	149	26.2*	60.2*	3*	0	164	308
ห้องเคาะปอด	2	255	29.8*	58.8	0	2	72	174

*ไม่อยู่ในค่ามาตรฐานอ้างอิง

วิจารณ์

ผลการศึกษาคณภาพอากาศของโรงพยาบาลระดับตติยภูมิในครั้งนี้ พบว่า พื้นที่ส่วนใหญ่ของการศึกษานี้มีอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลมสูงกว่าค่ามาตรฐาน ซึ่งเกิดจากประเทศไทยมีภูมิอากาศร้อนชื้น อีกทั้งทางโรงพยาบาลไม่ได้ใช้ระบบปรับอากาศในทุกพื้นที่ ทำให้อากาศในพื้นที่โดยทั่วไปมีสภาพค่อนข้างสูงกว่าค่ามาตรฐานอ้างอิง ปัจจัยที่ไม่เหมาะสมเหล่านี้อาจทำให้ผู้ที่ใช้อาคารรู้สึกไม่สบายเชิงความร้อน (Thermal comfort) ซึ่งหากต้องปรับสภาวะอากาศที่เหมาะสมที่ทำให้คนรู้สึกสบายและเหมาะสมกับบริบทควรคำนึงถึงทั้ง 3 ปัจจัย รวมถึงการคำนวณเรื่องอุณหภูมิการแผ่รังสีความร้อน ความหนาของเสื้อผ้าที่สวมใส่ และกิจกรรมของคนไปควบคู่กัน เช่น การปรับตำแหน่งพัดลมให้หมุนเวียนอากาศจากร้อนไปเย็น บริเวณที่ทำกิจกรรมหนักหรือมีคนหนาแน่นควรปรับอุณหภูมิหรือความชื้นลงโดยใช้ระบบปรับอากาศ หรือปรับลดคนใช้โดยเพิ่มระบบการนัด ให้หมุนเวียนคนไม่แออัด ซึ่งควรให้ผู้เชี่ยวชาญช่วยในด้านการออกแบบตามมาตรฐาน เพื่อให้ผู้ที่ใช้อาคารส่วนใหญ่รู้สึกสบาย⁽¹⁰⁾

ผลการตรวจก๊าซภายในอาคารของโรงพยาบาล เมื่อเทียบกับคำแนะนำ พบว่ามีพื้นที่ที่มีค่าคาร์บอนไดออกไซด์เกินมาตรฐาน 1 จุด ได้แก่ ห้องเอกซเรย์ชั้น 1 ซึ่งก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นก๊าซที่ไม่มีสี ไม่มีกลิ่นที่มีอยู่ในธรรมชาติประมาณ 340 ppm ก๊าซนี้บ่งบอกถึงคุณภาพอากาศ กล่าวคือ ถ้าความเข้มข้นของก๊าซนี้เพิ่มสูงกว่าปกติ แสดงถึงการมีแหล่งกำเนิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ปริมาณมาก ได้แก่ การมีผู้ใช้ห้องปริมาณมาก มีความแออัดของผู้มารับบริการและบุคลากร การระบายอากาศออกสู่ภายนอกไม่เพียงพอ เช่น ห้องระบบปิด ไม่มีหน้าต่าง ไม่มีพัดลมระบายอากาศ และการนำอากาศจากภายนอกเข้ามาในอาคารไม่เพียงพอ ได้แก่ ไม่มี

จุดเติมอากาศบริสุทธิ์ เป็นต้น^(4,6) จากการเดินสำรวจพบว่า ห้องเอกซเรย์เป็นห้องปิด มีผู้รับบริการเป็นจำนวนมากหมุนเวียนเข้ามาโดยตลอด ขณะเอกซเรย์จำเป็นต้องปิดประตูเพื่อป้องกันการกระจายของรังสีเอกซ์ อีกทั้งระบบระบายอากาศไม่สามารถใช้งานได้ จึงไม่สามารถระบายก๊าซออกสู่ภายนอกได้อย่างเหมาะสม ทำให้มีค่าเกินมาตรฐาน (มากกว่า 1000 ppm) ซึ่งอาจมีผลทำให้ผู้ที่มารับบริการหรือผู้ที่อยู่ภายในมีอาการปวดศีรษะ เหนื่อยล้า และมีปัญหาทางเดินหายใจส่วนบนได้⁽⁴⁾ สารอินทรีย์ระเหยในการศึกษานี้ พบว่า ไม่มีพื้นที่ใดที่เกินค่ามาตรฐาน เนื่องจากบริเวณที่เข้าไปทำการตรวจสอบส่วนใหญ่เป็นอาคารที่ใช้งานมานาน อาคารก่อสร้างด้วยปูน ไม่มีผนังหรือพื้นไม้อัด หรือใช้เฟอร์นิเจอร์ใหม่ จึงมีแหล่งกำเนิดการระเหยของสารอินทรีย์ระเหยน้อย และบริเวณที่มีการใช้สารเคมีที่ระเหยง่าย เช่น ห้องปฏิบัติการที่มีการใช้สารโซลีน แอลกอฮอล์ ในห้องมีที่ระบายอากาศเฉพาะที่ (Local Exhaust Ventilation) ทำงานขณะใช้สารเคมี จึงทำให้ปริมาณสารอินทรีย์ระเหยง่ายในบรรยากาศอยู่ในค่ามาตรฐาน⁽¹¹⁾

ผลการศึกษาปริมาณแบคทีเรียในอากาศเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานที่ยอมรับได้ พบว่า พื้นที่ที่มีปริมาณแบคทีเรียเกินมาตรฐานมีทั้งหมด 7 จุด ได้แก่ ห้องรอตรวจอายุรกรรม ห้องรอตรวจกุมารเวชกรรม ห้องตรวจกุมารเวชกรรม ห้องรอตรวจคลินิกหอบหืด จุดคัดกรองผู้ป่วย ห้องเอกซเรย์ชั้น 1 และศูนย์เปป โดยปริมาณแบคทีเรียสูงสุดอยู่ที่จุดคัดกรองผู้ป่วย ซึ่งปริมาณแบคทีเรียที่มากอาจเกิดจากอุณหภูมิที่เหมาะสมซึ่งส่งผลต่อการเจริญเติบโตของเชื้อ และจำนวนผู้ใช้บริการ โดยพื้นที่ทั้งหมดที่มีปริมาณแบคทีเรียเกินมาตรฐานเป็นบริเวณที่ให้บริการผู้ป่วยนอก ซึ่งมีผู้คนจำนวนมากเข้าออกตลอดเวลา สอดคล้องกับงานวิจัยของประเทศโปแลนด์ที่พบว่า จำนวนคนที่ใช้บริการห้องมีผลต่อจำนวนปริมาณแบคทีเรีย⁽¹²⁾

เมื่อนำปริมาณเชื้อราที่ตรวจวัดได้มาเทียบกับค่ามาตรฐาน พบว่า มีพื้นที่ที่เชื้อราเกินค่ามาตรฐาน 4 จุด ได้แก่ ค่าสูงสุดอยู่ที่ศูนย์เปเล รองลงมาคือ หอผู้ป่วยอายุรกรรมหญิง 2 ห้องรอตรวจคลินิกหอบหืด และห้องรอตรวจอายุรกรรม ตามลำดับ โดยทั้ง 4 จุดนี้เป็นบริเวณที่รองรับผู้ป่วยกลุ่มเสี่ยง เช่น ผู้ที่เป็นโรคภูมิแพ้ ผู้ที่มีภูมิคุ้มกันต่ำ ซึ่งปริมาณเชื้อราที่มากนี้สามารถก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพ โดยสปอร์ของราสามารถไปกระตุ้นทำให้เกิดอาการของโรคหอบหืด โรคจมูกอักเสบ หรือโรคหลอดลมอักเสบ⁽¹¹⁾ แต่อย่างไรก็ดี ปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดและเชื้อราทั้งหมดเป็นการตรวจสอบสภาพการเจริญเติบโตของเชื้อ ไม่ได้มีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณของเชื้อก่อโรคซึ่งเมื่อพบว่ามีปริมาณที่สูงบ่งบอกถึงการระบายอากาศไม่เพียงพอ^(8,9) ควรมีการตรวจสอบเพื่อหาปริมาณและแหล่งกำเนิดเชื้อรา เช่น ผนังห้องน้ำ ฝ้า ขอบหน้าต่าง บริเวณรอยรั่วของหลังคา ท่อระบายน้ำต่างๆ และแก้ไขระบบระบายอากาศและโครงสร้างต่อไป

สรุป

การตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในโรงพยาบาล เป็นการประเมินความเสี่ยงทางสิ่งแวดล้อม เพื่อจัดการให้พื้นที่ภายในอาคารมีระบบระบายอากาศที่เหมาะสม การศึกษานี้พบว่าคุณภาพอากาศมีค่าสูงกว่าค่าแนะนำในหลายจุด ซึ่งแม้ว่าจะไม่ได้เป็นค่าที่บ่งบอกถึงความอันตราย แต่อาจจะส่งผลกระทบต่อผู้ป่วยและผู้ใช้อาคารทั้งด้านความเสี่ยงต่อการเกิดโรค แพร่กระจายเชื้อ และภาวะความสบายในการใช้อาคาร จึงควรหาวิธีแก้ไขตรวจสอบและปรับปรุงระบบระบายอากาศ โดยพิจารณาความคุ้มค่า การออกแบบโดยผู้เชี่ยวชาญ คำนวณทิศทางลม ความดันภายในห้อง การระบายอากาศให้เหมาะสมตามมาตรฐาน ลดพื้นที่ที่มีอากาศนิ่งและไม่หมุนเวียน และนอกจากเรื่องโครงสร้าง

ซึ่งต้องใช้งบประมาณแล้ว ควรบริหารจัดการผู้ที่อยู่ภายในอาคารร่วมด้วย เช่น จัดช่วงเวลา แจกบัตรกำหนดเวลาของผู้มารับบริการ หรือกระจายผู้ป่วยที่สามารถดูแลตนเองได้ออกสู่ศูนย์ต่างๆ นอกโรงพยาบาล เพื่อลดความแออัด เพิ่มความสบายและลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรค อันเป็นเป้าหมายสำคัญเรื่องความปลอดภัยของทั้งผู้ป่วยและบุคลากรทางสาธารณสุข (2P Safety Goals)

ข้อเสนอแนะเชิงปฏิบัติการ

1. ผู้บริหารสามารถนำผลที่ได้จากการศึกษาไปกำหนดนโยบายเพื่อพัฒนา ปรับปรุง รวมทั้งสนับสนุนให้มีการแก้ไขปัญหาคุณภาพอากาศเพื่อป้องกันผลเสียต่อสุขภาพที่จะเกิดขึ้น รวมทั้งเพื่อเป็นต้นแบบในการปรับปรุงอาคารที่เป็นแหล่งอาศัยของผู้คนจำนวนมาก เพื่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานและผู้อยู่อาศัยในอาคารทุกคน

2. ควรพิจารณาการเลือกใช้งานระบบระบายอากาศหรือระบบปรับอากาศให้เหมาะสม โดยคำนึงถึงความคุ้มค่า ข้อดีข้อเสียดังเช่น การติดตั้งระบบระบายอากาศเพียงอย่างเดียวจะมีค่าลงทุนติดตั้งระบบต่ำกว่าติดตั้งระบบปรับอากาศ แต่การใช้งานระบบระบายอากาศเพียงอย่างเดียวจะไม่ช่วยส่งผลในด้านความสบายของผู้ป่วยหรือบุคลากรทางการแพทย์ที่อยู่ในพื้นที่จึงควรพิจารณาให้เหมาะสมกับสถานที่ งบประมาณและมาตรฐานของสถานพยาบาล

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. เนื่องจากการศึกษานี้ศึกษาเพียงสิ่งแวดล้อมในการศึกษาต่อไปควรเก็บข้อมูลเพิ่มเติมในทางอาการทางด้านสุขภาพ และประเมินสภาวะสุขภาพของเจ้าหน้าที่ที่ปฏิบัติงาน เพื่อใช้ในเฝ้าระวังและป้องกันโรคที่อาจเกิดจากคุณภาพอากาศที่ไม่เหมาะสม

2. ควรมีการแยกเชื้อจุลินทรีย์แต่ละชนิดว่าส่วนใหญ่เป็นสายพันธุ์ใด เพื่อศึกษาหาแหล่งที่มาของเชื้อต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณกลุ่มงานภายในโรงพยาบาลและผู้อำนวยการโรงพยาบาลที่เล็งเห็นความสำคัญและอนุญาตให้เข้าไปทำการเก็บตัวอย่างเพื่อมาวิเคราะห์ อีกทั้งขอบคุณกลุ่มงานจุลชีววิทยา โรงพยาบาล

ร้อยเอ็ดที่ช่วยเพาะเชื้อจุลินทรีย์ และขอขอบคุณสำนักควบคุมโรคที่ 7 เป็นอย่างสูงที่อนุเคราะห์เครื่องมือตรวจคุณภาพอากาศให้ทางโรงพยาบาลในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

1. สถาบันบำราศนราดูรกรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข. คู่มือการปรับปรุงคุณภาพอากาศภายในสถานพยาบาล. กรุงเทพฯ: อักษรกราฟฟิคแอนดี้ดีไซน์; 2560.
2. วีรานุช หลาง. จุลชีววิทยาสิ่งแวดล้อม. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2554.
3. Institute of Medicine. Damp Indoor Spaces and Health. Washington DC: The National Academy Press; 2004.
4. National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). Guidance for Indoor Air Quality Investigations. Cincinnati: NIOSH; 1987.
5. Lonon MK. Bioaerosol sampling (Indoor Air) 0800. NIOSH Manual of Analytical Methods [Internet]. 2003 [cited 2018 Dec 15]. Available from: <https://www.cdc.gov/niosh/docs/2003-154/pdfs/0800.pdf>
6. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE). ASHRAE Standard 62. Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality. Atlanta; 2010.
7. Institute of Environmental Epidemiology Ministry of the Environment. Guidelines for Good Indoor Air Quality in Office Premises [Internet]. 1996 [cited 2018 Dec 15]. Available from: https://www.bca.gov.sg/greenmark/others/NEA_Office_IAQ_Guidelines.pdf
8. Seitz TA. NIOSH indoor air quality investigations 1971-1988. In: Weekes DM, Gammage RB, editors. Proceedings of the Indoor air quality, International Symposium; May 23, 1989; Cincinnati, OH. National Institute for Occupational Safety and Health; 1989. p.163-71.
9. Luksamijarulkul P, Pipitsangjan S. Microbial air quality and bacterial surface contamination in ambulances during patient services. Oman Med J 2015;30:104-10.
10. สุรัตน์ อรรถจริยกุล. ความรู้สึกลบสบายเชิงความร้อนสำหรับการปรับอากาศในประเทศไทย. วิศวกรรมสารมหาวิทยาลัยขอนแก่น 2550;34:141-50.
11. Sola XG. Indoor air quality. In: Stellman JM, editor. Encyclopaedia of occupational health and safety. 4th ed. Geneva: International Labour Office; 1998. p.4402-26.
12. Strykowska-Sekulska M, Piotraszewska-Pajak A, Szyszka A, Nowicki M, Filipiak M. Microbiological quality of indoor air in University Rooms. Pol. J. Environ. Stud 2007;16: 623-32.