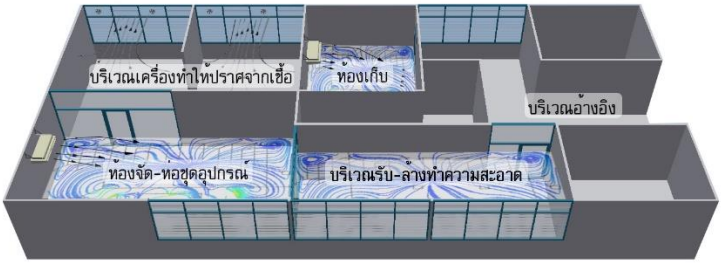
กองวิศวกรรมการแพทย์
Medical Engineering Division

การศึกษาระบบปรับอากาศและระบายอากาศ สำหรับหน่วยจ่ายกลาง

เพื่อความสะอาดป้องกันการติดเชื้อของผู้ป่วย และความปลอดภัยของเจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงาน



กองวิศวกรรมการแพทย์ กรมสนับสนุนบริการสุขภาพ

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้เป็นการศึกษาการปรับอากาศและระบายอากาศในหน่วยจ่ายกลางที่ส่งผลต่อความสะอาดป้องกันการติดเชื้อของผู้ป่วยและความปลอดภัยของเจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงาน ภายในหน่วยจ่ายกลางเป็นบริเวณทำงานมีเครื่องมือและอุปกรณ์การแพทย์ที่ผ่านการใช้งานมาแล้วและมีความเสี่ยงต่อการติดต่อแพร่กระจายเชื้อโรคได้ กระบวนการทำงานภายในหน่วยจ่ายกลางนั้นมีทั้ง เขตสกปรก เขตสะอาด เขตปราศจากเชื้อ ที่อยู่ในบริเวณเดียวกันหรือใกล้เคียงกัน กิจกรรมภายในหน่วยงานต้องทำงานเกี่ยวเนื่องและส่งต่อซึ่งกันและกัน จึงต้องควบคุมสภาวะอากาศต่างๆแต่ละเขตบริเวณเพื่อให้เกิดความสะอาดป้องกันและควบคุมไม่ให้เกิดการติดเชื้อของผู้ป่วยและปฏิบัติงาน แต่เนื่องด้วยบริบทของโรงพยาบาลชุมชน การดำเนินการหรืองบประมาณอาจไม่เพียงพอหรือมีระบบที่สมบูรณ์ตั้งแต่ในครั้งแรกอาจมีการติดตั้งเพิ่มเติมระบบในภายหลังด้วยความรู้ความเข้าใจและทรัพยากรที่แตกต่างกันทำให้ได้ระบบที่มีประสิทธิภาพแตกต่างกันออกไป

การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาและตรวจประเมิน ปริมาณอนุภาคในอากาศ อุณหภูมิ ความชื้น ความดัน การปรับอากาศและการระบายอากาศ หาแนวทางในการปรับอากาศและระบายอากาศให้มีประสิทธิภาพ ผลการศึกษาพบว่า บริเวณรับ-ล้างทำความสะอาดเครื่องมือ มีความเสี่ยงสูงสุด ควรติดตั้งพัดลมระบายอากาศ เพื่อสร้างความดันลบและลดระดับความเข้มข้นของปริมาณอนุภาคในอากาศ ป้องกันอากาศไหลย้อนผ่านเจ้าหน้าที่และไหลย้อนไปยังเขตสะอาด บริเวณห้องเก็บชุดอุปกรณ์ปราศจากเชื้อค่าเฉลี่ยสะอาดที่สุดแต่บางโรงพยาบาลให้ความสำคัญน้อยกว่าห้องที่มีผู้ปฏิบัติงาน ไม่มีการบำรุงรักษาหรือไม่มีเครื่องปรับอากาศเพื่อควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น ในส่วนทิศทางการไหลเวียนอากาศควรไหลเวียนจากห้องเก็บชุดอุปกรณ์ปราศจากเชื้อไปยังห้องบริเวณเครื่องทำให้ปราศจากเชื้อ (ห้องนึ่ง) ได้ และห้องจัด-ห่อชุดอุปกรณ์ (ห้องแพ็ค) ไหลไปยังห้องรับ-ล้างทำความสะอาดเครื่องมือได้ แต่ไม่ควรให้อากาศจากบริเวณเครื่องทำให้ปราศจากเชื้อไหลไปยังห้องจัด-ห่อชุดอุปกรณ์ (ห้องแพ็ค) ระบบปรับอากาศและระบายอากาศที่ติดตั้งอยู่ไม่มีการจัดและควบคุมความดันแตกต่างอย่างเป็นระบบอากาศสามารถไหลข้ามบริเวณได้เมื่อมีช่องเปิดประตูหน้าต่างอากาศจากเขตสกปรกสามารถไหลไปยังเขตสะอาดได้

ผลการศึกษานี้ จัดทำข้อมูลเป็นองค์ความรู้ด้านวิชาการ เพื่อนำไปส่งเสริมพัฒนาระบบปรับอากาศและระบายอากาศหน่วยจ่ายกลางให้มีประสิทธิภาพ สะอาด ป้องกันการติดเชื้อของผู้ป่วยและความปลอดภัยของเจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงานต่อไป

ผู้จัดทำ

สารบัญ

บทที่ ๑ บทนำ

ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการศึกษาวิจัย ๑
วัตถุประสงค์ของการศึกษาวิจัย ๑
ขอบเขตโครงการศึกษาวิจัย ๒
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ ๒

บทที่ ๒ ทฤษฎี มาตรฐาน และองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎี มาตรฐานและองค์ความรู้เกี่ยวกับหน่วยจ่ายกลาง ๓
ทฤษฎี มาตรฐานและองค์ความรู้เกี่ยวกับการติดเชื้อ ๙
ทฤษฎี มาตรฐานและองค์ความรู้เกี่ยวกับระบบปรับอากาศและระบายอากาศ ๒๑
ทฤษฎี แนวคิดและองค์ความรู้เกี่ยวกับความเสี่ยง ๒๕
ทฤษฎี มาตรฐานและองค์ความรู้เกี่ยวกับห้องสะอาด ๒๖

บทที่ ๓ วิธีการศึกษา

กลุ่มเป้าหมายที่ศึกษา ๓๓
วันที่ดำเนินการเก็บข้อมูล ๓๓
ช่วงเวลาที่เก็บข้อมูล ๓๓
ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา ๓๓
เครื่องมือที่ใช้เก็บข้อมูล ๓๔
การวัดวิเคราะห์ ๓๕
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ๓๕
การดำเนินการ ๓๕

บทที่ ๔ ผลการศึกษาและวิเคราะห์ผลการศึกษา

ผลการศึกษา ๓๗
วิเคราะห์ผลการศึกษา ๕๑

บทที่ ๕ สรุปผลการศึกษา ข้อเสนอแนะและปัญหาอุปสรรค

สรุปผลการศึกษา ๕๕
ข้อเสนอแนะ ๕๖
ปัญหาอุปสรรค ๕๖

เอกสารอ้างอิง

บทที่ ๑ บทนำ

ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการศึกษาวิจัย

หน่วยจ่ายกลางเป็นหน่วยงานที่สำคัญของโรงพยาบาล เป็นศูนย์กลางที่รวบรวมเครื่องมือหรืออุปกรณ์ทางการแพทย์ที่ใช้งานแล้วเพื่อเข้าสู่กระบวนการทำลายเชื้อ ทำให้ปราศจากเชื้อ สะอาด ปลอดภัย พร้อมต่อการนำไปใช้ในการตรวจรักษาผู้ป่วย หน่วยจ่ายกลางจึงเป็นสถานที่ในลำดับเริ่มต้นที่เกี่ยวข้องกับความสะอาดปราศจากเชื้อและความปลอดภัยของผู้ป่วยโดยตรง เครื่องมือหรืออุปกรณ์ทางการแพทย์ที่นำเข้ามาในหน่วยจ่ายกลางนั้นก็เป็นเครื่องมือหรืออุปกรณ์การแพทย์ที่ใช้งานมาแล้ว มีความเสี่ยงที่ผู้ใช้งานหรือเจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงานสามารถติดต่อแพร่กระจายเชื้อทางอากาศได้ ในสถานการณ์ปัจจุบันยังคงมีข้อมูลผู้ที่ติดเชื้อจากการใช้งานหรือการติดเชื้อของเจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงาน การศึกษาระบบปรับอากาศและระบายอากาศในหน่วยจ่ายกลางจึงเป็นสิ่งที่สำคัญและไม่ควรมองข้าม โดยเฉพาะอย่างยิ่งหน่วยจ่ายกลางเป็นสถานที่ในลำดับเริ่มต้นที่เกี่ยวข้องกับความสะอาดปราศจากเชื้อของเครื่องมือและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยโดยตรง อีกทั้งกระบวนการทำงานภายในหน่วยจ่ายกลางนั้นมีทั้ง เขตสกปรก เขตสะอาด เขตปราศจากเชื้อ ที่อยู่ในบริเวณเดียวกันหรือใกล้เคียงกัน มีความเกี่ยวเนื่องเชื่อมโยงกันในกิจกรรม แต่ต้องการการควบคุมและสภาวะอากาศที่แตกต่างกันเช่น อุณหภูมิ ความชื้น ความสะอาด การระบายอากาศ ทิศทางการไหล ความดัน เป็นต้น

ด้วยบริบทของโรงพยาบาลชุมชน การดำเนินการ หรืองบประมาณ อาจไม่เพียงพอหรือมีระบบที่สมบูรณ์ตั้งแต่ในครั้งแรก จึงมีการติดตั้งเพิ่มเติมระบบในภายหลัง ด้วยความรู้ความเข้าใจและทรัพยากรที่แตกต่างกัน จึงทำให้ผลการดำเนินการอาจต่างไปจากที่มีกำหนด

เพื่อศึกษาและตรวจประเมิน ปริมาณอนุภาคในอากาศ อุณหภูมิ ความชื้น ความดัน การปรับอากาศและการระบายอากาศภายในหน่วยจ่ายกลาง ของสถานบริการสุขภาพ เพื่อบริหารจัดการ ควบคุม กำกับ พัฒนา หาแนวทางในการยกระดับระบบปรับอากาศและระบายอากาศของหน่วยจ่ายกลาง ของสถานบริการสุขภาพที่ ให้มีความสะอาด ปลอดภัย ปราศจากเชื้อ ป้องกันการติดเชื้อของผู้ป่วยและลดความเสี่ยงในการติดต่อแพร่กระจายเชื้อไม่เกิดโรคในการปฏิบัติงาน จัดทำข้อมูลเป็นองค์ความรู้ด้านวิชาการ นำไปสู่การปรับปรุงพัฒนา กำหนดรูปแบบการปรับอากาศและระบายอากาศสำหรับหน่วยจ่ายกลาง นำเสนอกรมสนับสนุนบริการสุขภาพและสถานบริการสุขภาพ เพื่อพัฒนาหน่วยจ่ายกลางโรงพยาบาลต่อไป

วัตถุประสงค์ของการศึกษาวิจัย

๑. เพื่อศึกษาและตรวจประเมิน ปริมาณอนุภาคในอากาศ อุณหภูมิ ความชื้น ความดัน การปรับอากาศและการระบายอากาศภายในหน่วยจ่ายกลาง ของสถานบริการสุขภาพ

๒. กำหนดแนวทางในการปรับอากาศและระบายอากาศของหน่วยจ่ายกลาง ของสถานบริการสุขภาพ เพื่อความสะอาด ป้องกันการติดเชื้อของผู้ป่วยและความปลอดภัยของเจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงาน

ขอบเขตโครงการศึกษาวิจัย

ศึกษาระบบปรับอากาศและระบายอากาศของหน่วยจ่ายกลาง โรงพยาบาลชุมชน ของสถานบริการสุขภาพภาคีเครือข่าย ๑๕ แห่ง ๑๕ จังหวัด

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

๑. ทราบสภาพอากาศหน่วยจ่ายกลางโรงพยาบาลชุมชน ระบบปรับอากาศและระบายอากาศถูกควบคุม กำกับ พัฒนาให้ดีขึ้น

๒. อากาศภายในหน่วยจ่ายกลางสะอาดปราศจากเชื้อโรค เครื่องมือ ผู้ป่วยไม่ติดเชื้อ เจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงานภายในหน่วยจ่ายกลางปลอดภัย

บทที่ ๒ ทฤษฎี มาตรฐานและองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎี มาตรฐานและองค์ความรู้เกี่ยวกับหน่วยจ่ายกลาง

หน่วยจ่ายกลาง (Central Sterile Supply Department; CSSD)

หน่วยจ่ายกลาง เป็นหน่วยงานที่เป็นศูนย์กลางของสถานพยาบาลในการรวบรวมเครื่องมือและอุปกรณ์ทางการแพทย์ชนิดใช้ซ้ำ (Reused items) ที่ใช้แล้ว เข้าสู่กระบวนการทำลายเชื้อและทำให้ปราศจากเชื้อก่อโรคที่ปนเปื้อนก่อนนำไปใช้ในการตรวจรักษาและ/หรือช่วยชีวิตผู้ป่วย จึงเกี่ยวข้องกับความปลอดภัยของผู้ป่วยโดยตรง หน่วยจ่ายกลางที่มีระบบ (นโยบาย บุคลากร อาคารสถานที่ สิ่งแวดล้อม ครุภัณฑ์และเครื่องมือ) และการดำเนินการที่มีคุณภาพและประสิทธิภาพ สามารถป้องกัน/ลดความเสี่ยงต่อการติดเชื้อจากอุปกรณ์การแพทย์ ลดต้นทุนค่าใช้จ่ายด้านวัสดุอุปกรณ์ทางการแพทย์ อำนวยความสะดวกในการปฏิบัติงานของหน่วยงานต่างๆ รวมทั้งสนับสนุนการบริหารจัดการภายในโรงพยาบาลได้เป็นอย่างดี

หลักการทั่วไปของการทำลายเชื้อและทำให้ปราศจากเชื้อ สามารถทำได้โดยวิธีดังต่อไปนี้

๑. การล้าง (Cleaning) เป็นวิธีลดจ้านวนเชื้อโรคได้ดีที่สุด ทำง่ายและประหยัดทั้งเวลาและวัสดุ การล้างที่ถูกต้องสามารถกำจัดเชื้อโรคออกได้เกือบหมด ดังนั้น การล้างจึงเป็นวิธีพื้นฐานที่ต้องปฏิบัติและเป็นขั้นตอนแรกในกระบวนการลดจ้านวนเชื้อโรค

๒. การทำลายเชื้อ (Disinfection) หมายถึง การทำลายเชื้อทุกรูปแบบยกเว้นสปอร์ของแบคทีเรีย

๓. การทำให้ปราศจากเชื้อ (Sterilization) หมายถึง การทำลายเชื้อทั้งหมดรวมสปอร์ของแบคทีเรีย

หน่วยจ่ายกลางเป็นหน่วยงานกลางของสถานพยาบาลที่ดำเนินการทำลายเชื้อและทำให้ปราศจากเชื้อตามกระบวนการดังกล่าวข้างต้นได้ครบถ้วนทั้ง ๓ กระบวนการ นอกจากนั้นยังทำกระบวนการจัดชุดอุปกรณ์ การตรวจสอบประสิทธิภาพการทำให้ปราศจากเชื้อ การจัดเก็บและนำส่งเพื่อนำไปใช้งานต่อไป

พื้นที่ใช้สอยที่จำเป็นสำหรับการให้บริการและการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ภายในหน่วยจ่ายกลางในโรงพยาบาลระดับทุติยภูมิถึงระดับตติยภูมิ ควรมีการแบ่งเขตการใช้พื้นที่ใช้สอยภายในออกเป็น ๓ เขตให้เป็นสัดเป็นส่วนชัดเจน ได้แก่ ๑) เขตสกปรก (Dirty zone) ๒) เขตสะอาด (Clean zone) และ๓) เขตเก็บของปราศจากเชื้อ (Sterile storage zone) โดยมีประตูกันระหว่างเขตที่ปิดแนบสนิท เพื่อป้องกันการปนเปื้อนของเชื้อโรคตามหลักการป้องกันการแพร่กระจายเชื้อโรค และมีการใช้สอยพื้นที่ภายในแต่ละเขตอย่างถูกต้อง โดยระบบเส้นทางสัญจรภายในระหว่างเขตพื้นที่ต่างๆของหน่วยจ่ายกลางต้องเป็นแบบสัญจรทางเดียว (one way flow) ตามหลักการ ดังนี้

๑. การไหลเวียนของอุปกรณ์เครื่องมือ จากเขตสกปรก ไป เขตสะอาด

๒. บุคลากรจากเขตสะอาด ไป เขตสกปรก ทั้งนี้หากเจ้าหน้าที่เข้าเขตสกปรกแล้วไม่ควรย้อนเส้นทางกลับมายังเขตสะอาดอีกยกเว้นมีการทำความสะอาดและเปลี่ยนชุดปฏิบัติงานใหม่แล้ว

๓. การไหลเวียนของอากาศจากเขตสะอาด ไป เขตสกปรก

การจัดแบ่งโซนพื้นที่หน่วยจ่ายกลาง

โดยแต่ละเขตประกอบด้วยพื้นที่หรือห้องในการทำงาน ซึ่งสามารถจำแนกเป็นพื้นที่การใช้งานได้ดังต่อไปนี้

๑. เขตสกปรก (Dirty Area) พื้นที่รับของจากหน่วยต่างๆ พื้นที่คัดแยก – ล้าง เครื่องมือที่ได้รับจากการใช้งานมาแล้ว ซึ่งพื้นที่บริเวณนี้จะมีความสกปรกมาก จึงต้องมีการล้างน้ำและทำความสะอาดด้วยน้ำยาทำความสะอาดเป็นประจำ ประกอบด้วย

๑.๑ บริเวณรับเครื่องมืออุปกรณ์ที่ใช้แล้วจากหน่วยงานต่าง ๆ ซึ่งประกอบด้วย

๑.๑.๑ ห้อง/บริเวณรับเครื่องมืออุปกรณ์ที่ปนเปื้อน (Contaminated Equipment Return Area)

๑.๑.๒ ห้อง/บริเวณเก็บรถเข็นสำหรับรับอุปกรณ์ที่ปนเปื้อน (Trolley Store-dirty)

๑.๑.๓ ห้อง/บริเวณล้างรถเข็น (Trolley Wash)

๑.๒ บริเวณล้างทำความสะอาดเครื่องมือ ซึ่งประกอบด้วย

๑.๒.๑ ห้อง/บริเวณล้างท้าความสะอาดเครื่องมือ

๑.๒.๒ ห้อง/บริเวณเก็บอุปกรณ์งานบ้าน เช่น วัสดุและเครื่องมือเครื่องใช้ในการล้างทำความสะอาด

๒. เขตสะอาด (Clean Area) พื้นที่จัดชุดอุปกรณ์ พื้นที่อบ - นึ่ง พื้นที่เก็บสำรองผ้าห่อชุดอุปกรณ์ พื้นที่สำนักงาน/อำนวยความสะดวกเจ้าหน้าที่ พื้นที่ส่วนนี้มีการใช้งานไม่หนักมากและทำความสะอาดด้วยน้ำยาทำความสะอาดเป็นประจำ จะแบ่งเป็น ๒ ส่วน ประกอบด้วย

๒.๑ ส่วนบริหารจัดการและอำนวยความสะดวกสำหรับเจ้าหน้าที่

๒.๑.๑ สำนักงาน

๒.๑.๒ ห้องประชุม

๒.๑.๓ ห้องพักเจ้าหน้าที่

๒.๑.๔ บริเวณเปลี่ยนรองเท้า

๒.๑.๕ ห้องเปลี่ยนเสื้อผ้าและ Locker

๒.๑.๖ ห้องอาบน้ำ/ห้องสุขา

๒.๒ ส่วนปฏิบัติงาน

๒.๒.๑ ห้องจัดเตรียมชุดและห่ออุปกรณ์ (Assembly & Packing)

๒.๒.๒ ห้องเก็บสำรองผ้าสำหรับจัดเตรียมในการจัดชุดห่ออุปกรณ์

๒.๒.๓ ห้องเก็บอุปกรณ์เครื่องมือทางการแพทย์และจัดเก็บวัสดุต่างๆ

๒.๒.๔ บริเวณที่พักชุดอุปกรณ์ก่อนเข้าเครื่องทำให้ปราศจากเชื้อ

๒.๒.๕ บริเวณที่ติดตั้งเครื่องทำให้ปราศจากเชื้อ ได้แก่

๒.๒.๕.๑ บริเวณที่ติดตั้งเครื่องทำให้ปราศจากเชื้อด้วยอุณหภูมิสูง เช่น Autoclave, Hot air Oven

๒.๒.๕.๒ บริเวณที่ติดตั้งเครื่องทำให้ปราศจากเชื้อด้วยอุณหภูมิต่ำ เช่น Ethylene oxide (ETO), Low temperature steam formaldehyde (LTSF), Hydrogen peroxide, gas plasma และอื่นๆ การจัดเตรียมชุดห่อเครื่องผ้า รวมทั้งการตรวจสอบผ้าที่ใช้ในการห่อ ควรจัดทำที่หน่วยซักฟอกหรือทำในบริเวณที่เฉพาะเท่านั้น เพื่อป้องกันไม่ให้เศษฝุ่นผ้าฟุ้งกระจายไปปนเปื้อนของที่สะอาด

๓. เขตเก็บของปราศจากเชื้อ (Sterile Storage Area)

เป็นบริเวณพักชุดอุปกรณ์ ห้องเก็บชุดอุปกรณ์ปราศจากเชื้อเพื่อรอจ่ายกลับหน่วยงานอื่นๆ พื้นที่เขตนี้ต้องได้รับการดูแลเป็นอย่างดีที่สุด เพราะต้องสะอาดปราศจากเชื้อและฝุ่นละอองต่างๆ ควรจัดพื้นที่ให้ต่อเนื่องจากบริเวณที่ทำให้ปราศจากเชื้อและมีการปรับ/ระบายอากาศแบบระบบปิดเพื่อป้องกันการปนเปื้อน

ซ้ำจากฝุ่นละอองและบุคลากรที่ไม่เกี่ยวข้อง มีการควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ระหว่าง ๑๘-๒๒ องศาเซลเซียส และมีความชื้นสัมพัทธ์ที่ ๓๕-๖๐ เปอร์เซ็นต์ และมีความดันอากาศเป็นบวกเมื่อเทียบกับเขตพื้นที่ข้างเคียง

เขตเก็บของปราศจากเชื้อประกอบด้วย

๓.๑ บริเวณพักห่ออุปกรณ์ปราศจากเชื้อ เพื่อทำให้เย็นก่อนจัดเก็บ (กรณีที่เครื่องทำให้ปราศจากเชื้อไม่ได้เป็นระบบ Double doors)

๓.๒ บริเวณ/ ห้องจัดเก็บชุดห่ออุปกรณ์ปราศจากเชื้อที่จัดเตรียมในโรงพยาบาล

๓.๓ บริเวณ/ ห้องจัดเก็บวัสดุปราศจากเชื้อชนิดใช้ครั้งเดียวแล้วทิ้ง

๓.๔ บริเวณแจกจ่ายชุดห่ออุปกรณ์ปราศจากเชื้อ

ซึ่งการสัญจรในเขตนี้จำกัดเฉพาะเจ้าหน้าที่ที่ปฏิบัติงานในหน่วยจ่ายกลางเท่านั้น บริเวณนี้จะต้องเช็ดถูน้ำยาทำความสะอาดและดูแลรักษาความสะอาดเป็นอย่างดี

การปฏิบัติการป้องกันการติดเชื้อของหน่วยจ่ายกลาง เมื่อพิจารณาในเรื่องของตำแหน่งสถานที่ตั้งเหมาะสมควรใกล้กับหน่วยงาน เช่น ห้องผ่าตัด ห้องคลอด หอผู้ป่วยหนัก ห้องฉุกเฉินและแผนกทันตกรรม แล้ว หน่วยจ่ายกลางก็ควรอยู่ห่างจากแหล่งที่ก่อให้เกิดมลภาวะ เช่น ที่พักขยะ ระบบบำบัดน้ำเสีย จัดแบ่งพื้นที่ใช้สอยต่างๆกับการป้องกันการติดเชื้อ ให้มีการจัดการเขตสะอาด-เขตสกปรกให้เหมาะสมชัดเจน

ทั้งนี้การออกแบบการจัดการสภาพแวดล้อมและจัดวางพื้นที่ใช้สอยเพื่อป้องกันการติดเชื้อสำหรับหน่วยจ่ายกลางควรคำนึงพื้นที่ที่ต้องมีการควบคุมอุณหภูมิ ความชื้นและการระบายอากาศที่เพียงพอ เน้นบริเวณที่มีความเสี่ยงสูง หรือต้องการการป้องกันสูง เช่น ห้องเก็บของ sterilize, พื้นที่การดูแลอย่างเข้มข้น-ห้องบรรจุ (packing) เป็นต้น ซึ่งจำเป็นต้องทำสภาพแวดล้อมในการป้องกัน การเติบโตของเชื้อและคัดแยกสารที่แยกได้จากอากาศและละอองลอยอย่างมีประสิทธิภาพเพียงพอ

ต้องมีการจัดการของเสียหรือของที่มีความความเสี่ยงต่อการติดต่อแพร่กระจายเชื้อภายในหน่วยจ่ายกลางด้วย เช่นการแยกของเสียประเภทต่างๆ สิ่งของชำรุด สิ่งของติดเชื้อ หรือสารเคมีในการทำความสะอาด การจัดพื้นที่รวบรวมของเสียภายในแผนก การจัดวาง การจัดตำแหน่ง รวมถึงมีเส้นทางและช่องทางการเคลื่อนย้ายของเสียจากภายในแผนก ไปสู่สถานที่รวมของโรงพยาบาลที่เหมาะสม

พื้นที่รักษาและควบคุมการแพร่กระจายของเชื้อโรค เช่น ห้องพักห่ออุปกรณ์ปราศจากเชื้อ, ห้องจัดเก็บชุดห่ออุปกรณ์ปราศจากเชื้อ, บริเวณจ่ายชุดห่ออุปกรณ์ปราศจากเชื้อระบบที่ดีเครื่องปรับอากาศที่สามารถติดตั้งเหนือฝ้าเพดานแบบที่ต่อท่อส่งลมเย็น จ่ายลมเย็นผ่านหัวจ่ายลมเย็นที่ฝ้าเพดานและลมกลับก็ติดตั้งที่ฝ้าเพดานพร้อมช่องสำหรับไว้ซ่อมบำรุงระบบปรับอากาศ มีแผงกรองอากาศอย่างน้อยระดับ PRE FILTER ที่สามารถกรองฝุ่นได้ไม่น้อยกว่า ๒๕-๓๐ เปอร์เซ็นต์ และระดับ MEDUIM FILTER ที่สามารถกรองฝุ่นได้ไม่น้อยกว่า ๘๕-๙๐ เปอร์เซ็นต์สามารถควบคุมอุณหภูมิอยู่ที่ประมาณ ๒๑ -๒๕ องศาเซลเซียส และสามารถควบคุมความชื้นสัมพัทธ์อยู่ที่ปริมาณ ๕๐-/+๑๐% มีการเติมอากาศบริสุทธิ์และมีการดูดอากาศภายในพื้นที่ปฏิบัติงานออกสู่ภายนอก โดยมีการควบคุมทิศทางการไหลของอากาศจากที่สะอาดมากไปยังที่สะอาดน้อย การควบคุมความดันสาหรับพื้นที่ห้องสะอาดต้องมีความดันเป็นบวกเมื่อเทียบกับพื้นที่ข้างเคียง ระบบไฟฟ้าที่จ่ายให้กับเครื่องปรับอากาศและระบายอากาศต้องต่อผ่านระบบจ่ายไฟฟ้าสำรอง

การไหลเวียนของอากาศ ไหลเวียนจากเขตสะอาดไปสู่เขตสกปรก/ปนเปื้อน อากาศจากเขตสกปรกหรือเขตปนเปื้อน ต้องดูดออกนอกอาคาร ไม่ติดพัดลมบนเพดาน การติดพัดลมดูดอากาศภายในห้องควรติดตั้งสูงจากพื้นไม่ต่ำกว่า ๒๐ ซม. การไหลเวียนทดแทนของอากาศตามมาตรฐานไม่ต่ำกว่า ๑๐ air-change per hour (ACH)

อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิบริเวณทั่วไป ๒๐ - ๒๔ องศาเซลเซียส อุณหภูมิห้องเก็บของปราศจากเชื้อ ๑๘ - ๒๔ องศาเซลเซียส ตลอดเวลา ความชื้นสัมพัทธ์ ๔๐ - ๖๐ % ต้องมีระบบการจดบันทึกอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์

พื้นที่ในหน่วยจ่ายกลางจัดได้ว่าเป็นพื้นที่ที่มีขนาดของพื้นที่ที่มีอยู่จำกัด และมีการติดตั้งระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนเป็นส่วนใหญ่ โดยเฉพาะในเขตสกปรก จึงควรมีการควบคุมคุณภาพทางด้านสิ่งแวดล้อมตามมาตรฐานของการระบายอากาศที่ถูกต้อง เพื่อลดความเสี่ยงของบุคลากรต่อการติดเชื้อโดยตรง เพราะหากอากาศภายในนั้นไม่มีการระบายอากาศอย่างถูกต้องเท่าที่ควรจะส่งผลให้เกิดการแพร่กระจายของเชื้อโรคภายในบริเวณ ทิศทางของการระบายอากาศควรมีรูปแบบที่ส่งเสริมต่อการไหลเวียนของกระแสลมเพื่อความปลอดภัยต่อพื้นที่ (Directional Airflow) และอัตราการระบายอากาศภายใน (ACH) เพื่อช่วยควบคุมการติดเชื้อทางอากาศในโรงพยาบาล คือการควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ของอากาศจากพื้นที่สะอาดมากไปหาพื้นที่สะอาดน้อย หลายพื้นที่มีปัญหาซึ่งเกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพของการควบคุมคุณภาพอากาศ การไหลเวียนของอากาศ การติดตั้งพัดลมระบายอากาศ การไหลเวียนของกระแสลม การฟุ้งกระจายของเชื้อโรคในพื้นที่ล้วนเป็นสิ่งจำเป็นต่อการหารูปแบบและแนวทางเพื่อลดความเสี่ยงต่อการติดต่อแพร่กระจายเชื้อ

การเก็บห่ออุปกรณ์ที่ผ่านกระบวนการทำให้ปราศจากเชื้อ

Shelf Life หมายถึง ระยะเวลาที่ห่ออุปกรณ์ยังคงสภาพปราศจากเชื้อ หลังจากผ่านกระบวนการทำให้ปราศจากเชื้อแล้ว ห่ออุปกรณ์จะคงสภาพปราศจากเชื้อหรือไม่ขึ้นอยู่กับสภาวะแวดล้อมที่ห่ออุปกรณ์ถูกจัดวางไว้และการหยิบจับหรือเคลื่อนย้ายห่ออุปกรณ์ วันหมดอายุที่ระบุไว้บนห่ออุปกรณ์เป็นระยะเวลาที่ห่ออุปกรณ์คงสภาพปราศจากเชื้อเมื่อเก็บไว้ในสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสม (ideal conditions) คือ อุณหภูมิ ๑๘ – ๒๒ องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ ๓๕ – ๗๐% แต่ในสภาพที่เป็นจริง สิ่งแวดล้อมอาจไม่เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด ดังนั้นระยะเวลาในการเก็บห่ออุปกรณ์ที่ผ่านกระบวนการทำให้ปราศจากเชื้อแล้ว จะพิจารณาจากสิ่งแวดล้อมหรือเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นกับห่ออุปกรณ์ (event-related) และวัสดุที่ใช้ในการห่อเป็นสำคัญ

ระยะเวลาที่ห่ออุปกรณ์จะยังคงสภาพปราศจากเชื้อขึ้นอยู่กับ

ชนิดและความหนาของวัสดุที่ใช้ห่ออุปกรณ์ ซองใส่อุปกรณ์ที่ทำด้วยพลาสติกและปิดผนึกโดยใช้ความร้อน และของที่ด้านหนึ่งเป็นกระดาษด้านหนึ่งเป็นพลาสติก เป็นวัสดุที่ป้องกันการปนเปื้อนได้ดี ในสภาวะที่เหมาะสม หากบรรจุอุปกรณ์ในซองทั้งสองชนิดนี้ จะสามารถเก็บอุปกรณ์ไว้ในสภาพปราศจากเชื้อได้นานถึง ๑ ปี วัสดุที่ใช้ห่ออุปกรณ์ที่มีความต้านทานต่อการปนเปื้อนน้อยที่สุด คือ วัสดุสังเคราะห์ (non-woven) ถึงแม้ว่าจะเก็บห่ออุปกรณ์ที่ห่อด้วยวัสดุสังเคราะห์ในสภาวะที่เหมาะสมจะสามารถคงสภาพปราศจากเชื้อได้นานเพียง ๓๐ วัน การปิดผนึกหรือปิดห่ออุปกรณ์เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อระยะเวลาในการเก็บอุปกรณ์ ห่ออุปกรณ์ที่ปิดผนึกโดยใช้ความร้อนจะสามารถเก็บไว้ได้นานกว่าห่อที่ปิดโดยใช้เทป การหยิบจับห่ออุปกรณ์ การหยิบจับเคลื่อนย้ายห่ออุปกรณ์บ่อยครั้ง จะทำให้ระยะเวลาที่ห่ออุปกรณ์คงสภาพปราศจากเชื้อสั้นลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งอุปกรณ์ที่มีคมหรือมีปลายแหลม หากบรรจุห่ออุปกรณ์เหล่านี้ลงในภาชนะที่ลึก บุคคลากรต้องค้นหาอุปกรณ์อาจส่งผลให้ห่ออุปกรณ์เกิดการฉีกขาด หรือเกิดเป็นรูง่ายยิ่งขึ้น สภาวะแวดล้อม ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น และการไหลเวียนอากาศ เป็นองค์ประกอบสำคัญที่เกี่ยวกับระยะเวลาในการคงสภาพปราศจากเชื้อของห่ออุปกรณ์ อุณหภูมิที่สูงและมีความชื้นสูง จะทำให้ไอน้ำเกิดการกลั่นตัวภายในห่ออุปกรณ์ ทำให้เชื้อจุลชีพเจริญภายในห่อ ความชื้นจากบริเวณอ่างล้างมือ อ่างล้างเครื่องมือ

อาจทำให้ห่ออุปกรณ์เกิดการปนเปื้อน บริเวณประตูทางเข้าออกจะมีอากาศพัดผ่าน ซึ่งสามารถพัดพาเชื้อจุลชีพไปอยู่บนห่ออุปกรณ์ ทำให้ระยะเวลาการเก็บห่ออุปกรณ์สั้นลง

บริเวณที่เหมาะสมในการเก็บห่ออุปกรณ์

บริเวณที่เหมาะสมในการเก็บห่ออุปกรณ์ที่ผ่านกระบวนการทำให้ปราศจากเชื้อแล้ว มีลักษณะดังนี้ เป็นบริเวณที่ไม่มีคนพลุกพล่าน ไม่มีลมพัดผ่าน ควรอยู่ใกล้กับบริเวณที่ทำให้ปราศจากเชื้อ และควรมีการควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ระหว่าง ๑๘ – ๒๒ องซาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ ๓๕ – ๗๐% อยู่ห่างจากอ่างล้างมือ อ่างล้างเครื่องมือ หรือท่อประปา สามารถทำความสะอาดได้ง่าย การทำความสะอาดควรใช้วิธีเช็ดถู

ระบบการเก็บอุปกรณ์ที่ผ่านการทำให้ปราศจากเชื้อ แบ่งออกได้เป็น ๒ ระบบคือ

๑. Open shelving เป็นวิธีที่นิยมใช้โดยทั่วไป เพราะประหยัด ทำความสะอาดง่าย สะดวกในการหยิบจับอุปกรณ์ และไม่เปลืองพื้นที่ ชั้นวางของควรออกแบบให้สูงจากพื้นอย่างน้อย ๘ นิ้วฟุต และวางให้ห่างจากผนังอย่างน้อย ๒ นิ้วฟุต ห่างจากเพดานอย่างน้อย ๑๘ นิ้วฟุต ชั้นวางของควรอยู่ห่างจากอ่างล้างมือ หน้าต่าง ประตู และช่องระบายอากาศ

๒. Closed shelving ระบบปิดหรือตู้เก็บอุปกรณ์จะช่วยป้องกันการปนเปื้อนได้ดีกว่าชั้นวางของ แต่มีราคาแพงกว่าชั้นวางของ ส่วนใหญ่จึงใช้สำหรับเก็บอุปกรณ์ที่ไม่ค่อยได้ใช้บ่อย

ระยะเวลาเก็บห่ออุปกรณ์ที่ผ่านการทำให้ปราศจากเชื้อตามวิธีการห่อ

(เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 18 – 22 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 35 – 70% และไม่มีลมพัดผ่าน)

วิธีการห่อ	ระยะเวลานานที่สุดที่สามารถเก็บได้
ห่อด้วยผ้าลินิน 2 ชั้น	7 สัปดาห์
ห่อด้วยผ้าหลังจากผ่านการทำให้ปราศจากเชื้อแล้ว จึงบรรจุในถุงพลาสติกปิดด้วยเทป	3 เดือน
ห่อด้วยกระดาษ	8 สัปดาห์
ห่อด้วย Plastic-paper ปิดด้วยความร้อน	1 ปี
Plastic films ปิดด้วยเทป	3 เดือน
Plastic films ปิดด้วยความร้อน	1 ปี

จาก Fuller,J.R (1994).Surgical Technology:Principles and Practice.(3rd ed.).Philadephia:W.B.Saunders. p.62

บริเวณที่เก็บห่ออุปกรณ์ที่ปราศจากเชื้อควรทำความสะอาดให้ดีที่สุดเพราะฝุ่นละออง แมลง และสัตว์กัดแทะอาจนำเชื้อจุลชีพสู่ห่ออุปกรณ์ได้ ควรทำความสะอาดพื้นทุกวัน บริเวณที่ปฏิบัติงานควรเช็ดด้วยน้ำยาทำลายเชื้อ ชั้นและภาชนะบรรจุห่ออุปกรณ์ที่ปราศจากเชื้อ ควรเช็ดให้สะอาดเป็นประจำ ขณะทำความสะอาดชั้นวางของควรหยิบจับห่ออุปกรณ์ให้น้อยที่สุด และเมื่อทำความสะอาดชั้นวางของควรรอให้พื้นแห้งก่อนที่จะนำห่ออุปกรณ์ไปวาง ควรตรวจดูและทำความสะอาดเพดาน ช่องระบายอากาศ หลอดไฟ พัดลมดูดอากาศ เป็นระยะๆ

แนวทางการจัดเก็บอุปกรณ์เมื่อความชื้นสูง

แนวทางข้อตกลงเกี่ยวกับการจัดการปัญหาเรื่องความชื้นสัมพัทธ์ในห้องเก็บรักษาอุปกรณ์ที่ผ่านการทำให้ปราศจากเชื้อ(เริ่มใช้ตั้งแต่ปี ๒๐๐๗ ในประเทศแคนาดา โดย CSA: Canadian Standards Association) แนวทางการจัดเก็บอุปกรณ์เมื่อความชื้นสูง ในการเก็บรักษาอุปกรณ์ที่ผ่านกระบวนการทำให้ปราศจากเชื้อปัจจุบัน สำหรับค่ามาตรฐานความชื้นสัมพัทธ์ทั่วๆไป ที่ยอมรับได้คือ ๓๐ – ๖๐% relative humidity

- ของ CSA: Canadian Standards Association อยู่ที ๓๐-๗๐%
- ของ American Standard; ANSI/AAMI ST๗๙ อยู่ที ๓๐-๖๐%

สิ่งที่ต้องทำคือ ต้องมีการติดตามตรวจสอบความชื้นสัมพัทธ์ในห้องเก็บรักษาอุปกรณ์ที่ผ่านการทำให้ปราศจากเชื้ออย่างสม่ำเสมอ (ทุกวัน ถ้ามีปัญหาพบว่าเกินกำหนดให้เพิ่มความถี่มากขึ้น)
[สาเหตุที่ต้องดูแลไม่ให้ความชื้นสัมพัทธ์เกิน ๗๐% ก็เพราะว่า เชื้อราในอากาศจะสามารถเจริญเติบโตได้ และอาจแทรกเข้าไปภายในห่อเครื่องมือได้, (e.g. “wicking” of microorganisms through the packaging) and moisture levels that will allow microbial growth (especially airborne fungi).]
สำหรับข้อมูลยืนยันว่าเมื่ออยู่ภายใต้เงื่อนไขที่ความชื้นสัมพัทธ์เกิน ๗๐% แล้วอยู่ได้นานเท่าไรนั้นยังไม่มีข้อมูลยืนยัน

ดังนั้นหากไม่สามารถควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ได้ ให้ถือหลักปฏิบัติดังนี้
แนวทางที่ ๑

๑. การแจ้งเตือนไปยังแผนกผู้รับผิดชอบให้ตรวจสอบและการดำเนินการแก้ไข

๒. ประชุมกับผู้มีส่วนเกี่ยวข้องและพิจารณาว่าจะสามารถถ่ายโอนย้ายแพ็คเกจไปยังสถานที่อื่นที่มีการควบคุมความชื้นได้หรือไม่ เก็บให้น้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ในพื้นที่จัดเก็บที่ได้รับผลกระทบ

แนวทางที่ ๒ (กรณีพบความชื้นที่กลายเป็นหยดน้ำมองเห็นด้วยตาเปล่า)

๑. เมื่อพบความชื้นที่กลายเป็นหยดน้ำ จะต้องหยุดใช้ห้ามแจกจ่าย และให้นำมาผ่านกระบวนการทำให้ปราศจากเชื้อใหม่

แนวทางที่ ๓ (ไม่พบหยดน้ำมองเห็นด้วยตาเปล่า) ถ้าพบว่า ความชื้นสัมพัทธ์เกิน ๗๐%

๑. ให้ตรวจสอบว่าเกิดหยดน้ำหรือไม่

๒. ถ้าไม่พบหยดน้ำและห่อไม่มีการชำรุดฉีกขาด ให้สามารถนำไปใช้ได้

๓. ถ้าความชื้นสัมพัทธ์เกิน ๗๐% อยู่นานกว่า ๒๔ ชั่วโมง ให้พิจารณาตามความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นดูว่าอันไหนใช้ได้ อันไหนต้องนำไปผ่านกระบวนการทำให้ปราศจากเชื้อใหม่ หรืออันไหนต้องทิ้งไป

โดยให้พิจารณาดังนี้

- **สภาพแวดล้อมในการเก็บรักษา:** ความเสี่ยงน้อยถ้าบริเวณจัดเก็บ เป็นบริเวณสะอาดมีมาตรฐานเรื่องชั้นวาง การจัดเรียง การหยิบเข้าออก
- **ห่อบรรจุ:** บางห่ออาจสามารถทนทานและป้องกันความชื้นได้ดีกว่า ซึ่งสามารถสอบถามได้จากผู้ผลิต
- **ระยะเวลาที่ต้องสัมผัสกับความชื้นสูง:** ยิ่งทิ้งระยะเวลานานยิ่งมีความเสี่ยงสูง การติดตามตรวจสอบความชื้นสัมพัทธ์ในห้องเก็บรักษาอุปกรณ์ที่ผ่านการทำให้ปราศจากเชื้อ อย่างสม่ำเสมอจะสามารถช่วยได้

อ้างอิง จาก:
1. CSA Z317.2 Special requirements for heating, ventilation, and air-conditioning (HVAC) systems in healthcare facilities.
2. CSA Z314.3 Effective sterilization in healthcare facilities by the steam process.
3. CSA Z314.2 Effective sterilization in healthcare facilities by the ethylene oxide process.

แนวปฏิบัติในการทำลายเชื้อและการทำให้ปราศจากเชื้อ Thailand Guideline for Disinfection and Sterilization สมาคมศูนย์กลางงานปราศจากเชื้อแห่งประเทศไทย

อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์และการถ่ายเทอากาศในแต่ละพื้นที่ของงานจ่ายกลาง

พื้นที่ในงานจ่ายกลาง (CSSD Zoning)	อุณหภูมิ (Temperature)	ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity)	การถ่ายเทอากาศ (Air Exchange)
เขตสกปรก	22-26 °C	30 – 60 %	10 รอบต่อ ชม.
เขตสะอาด	22-26 °C	30 – 60 %	10 รอบต่อ ชม.
เขตเก็บอุปกรณ์ปราศจากเชื้อ	22-26 °C	ไม่เกิน 60 %	4 รอบต่อ ชม.

ที่มา ANSI / AAMIST 79 : 2006 ; Comprehensive Guide to Stream Sterilization and Sterile in Healthcare Facilities

การออกแบบแต่ละพื้นที่ของงานจ่ายกลาง

พื้นที่	Min. Outdoor ACH	Min. Total ACH	อากาศในห้องออกสู่ภายนอกโดยตรง	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	อุณหภูมิ (°C)
เขตสกปรก	2	6	ใช่	ไม่กำหนด	22-26
เขตสะอาด	2	4	ไม่กำหนด	ไม่กำหนด	22-26
เขตเก็บอุปกรณ์ปราศจากเชื้อ	2	4	ไม่กำหนด		22-26
ห้องทำให้ปราศจากเชื้อด้วยแก๊ส EO	ไม่กำหนด	10	ใช่	ไม่กำหนด	ไม่กำหนด

ANSI/ASHRAE/ASHE standard 170-2008

ทฤษฎี มาตรฐาน และองค์ความรู้เกี่ยวกับการติดเชื้อ

การป้องกันการติดเชื้อ (Infection Control: IC)

๑. เนื่องจากมนุษย์ต้องอาศัยอยู่ภายในอาคาร เพื่อห่อหุ้มร่างกายให้พ้นจากแสงแดดและสภาวะอากาศภายนอกที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ระบบปรับสภาวะอากาศจึงมีความสำคัญ ระบบปรับสภาวะอากาศโดยทั่วไปจะมุ่งเน้นในเรื่องของความสบายในแง่ของการควบคุมอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อความต้องการของมนุษย์ แต่ยังขาดปัจจัยสำคัญอีกบางประการ ที่ต้องคำนึงถึงเพิ่มเติมคือ ความชื้น การหมุนเวียนอากาศ รวมทั้งการควบคุมการปนเปื้อนของอากาศเป็นต้น

๒. การปนเปื้อนทางอากาศเป็นสิ่งที่ต้องคำนึงถึง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการปนเปื้อนของเชื้อโรคในอากาศ ซึ่งเป็นสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก คือ รา ไวรัส แบคทีเรียและไรฝุ่น เนื่องจากจุลชีวะเหล่านี้สามารถดำรงชีวิตและขยายพันธุ์ได้ดีในพื้นที่ภายในอาคารที่แสงแดดซึ่งมีรังสีอุลตร้าไวโอเลตส่องไม่ถึง รวมทั้งพื้นที่ที่ปราศจากการดูแลคุณภาพอากาศที่ดี

๓. หลักการทางวิศวกรรมเบื้องต้นของการควบคุม การแพร่กระจายของเชื้อโรคทางอากาศ ผ่านทางระบบปรับสภาวะอากาศคือ การเจือจางเชื้อโดยการระบายอากาศในจุดที่มีการปนเปื้อนสูงและเติมอากาศสะอาดเข้าแทนที่ กำหนดทิศทางการไหลของอากาศให้เหมาะสม เพื่อให้อากาศสะอาดไล่อากาศที่ปนเปื้อนออกจากพื้นที่ การกรองอากาศอย่างมีประสิทธิภาพ การควบคุมอุณหภูมิและความชื้นอย่างเหมาะสม เพื่อกำจัดหรือลดการแพร่พันธุ์ของจุลชีวะ

๔. จุลชีวะทางอากาศจะเจริญเติบโตได้ดี ในบริเวณที่มีความชื้นสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเกินกว่า ๖๐ เปอร์เซ็นต์ ดั้งนั้น การควบคุมความชื้น จึงเป็นปัจจัยที่ค่อนข้างสำคัญต่อการควบคุมสิ่งแวดล้อมทางชีวภาพ โดยทั่วไปความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ และพบการแพร่กระจายของเชื้อโรคไม่มากนักจะมีค่าระหว่าง ๔๐ – ๖๐ เปอร์เซ็นต์

(สิ่งมีชีวิตตัวเล็ก ได้แก่ แบคทีเรีย,รา,สาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว, โปรโตซัวและไวรัส เป็นต้น สิ่งมีชีวิตเหล่านี้รวมเรียก จุลชีพหรือจุลินทรีย์ Microorganism หรือ Microbe จุลชีพหรือจุลินทรีย์เป็นสิ่งมีชีวิตตัวเล็กๆที่ไม่สามารถเห็นได้ด้วยตาเปล่า ดังนั้นจึงต้องอาศัยกล้องจุลทรรศน์ในการขยายขนาด)

คุณภาพอากาศกับการปนเปื้อนของอากาศ

๑. องค์ประกอบของอากาศ

อากาศโดยทั่วไป จะประกอบด้วยก๊าซหลากหลายประเภท องค์ประกอบพื้นฐานของอากาศสะอาดจะประกอบไปด้วย ก๊าซไนโตรเจน ประมาณ ๗๙% ก๊าซออกซิเจนประมาณ ๒๐% ก๊าซอาร์กอน ๑% ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ๐.๐๓% และก๊าซอื่นๆ ที่ตรวจพบได้ในปริมาณที่ไม่มากนัก เช่น ไฮโดรเจน ฮีเลี่ยม โอโซน โดยทั่วไป สิ่งปนเปื้อนทางอากาศที่เป็นผลมาจากธรรมชาติ เช่น การระเบิดของภูเขาไฟ หรือการระเหยของน้ำทะเล ซึ่งมีปริมาณไม่มากนักเมื่อเทียบกับสิ่งปนเปื้อนที่เกิดจากน้ำมือมนุษย์ กิจกรรมที่มนุษย์สร้างขึ้นจะเป็นตัวสำคัญในการปล่อยสิ่งปนเปื้อนทางอากาศ เช่น ควันพิษจากโรงงานอุตสาหกรรม โรงไฟฟ้า การขนส่ง และการก่อสร้าง เป็นต้น ซึ่งสิ่งปนเปื้อนในอากาศเหล่านี้จะเป็นตัวสร้างปัญหาทางอากาศทั้งภายนอกและภายในอาคาร

๒. สิ่งปนเปื้อนทางอากาศ

ถ้าแบ่งสิ่งปนเปื้อนทางอากาศตามสถานะ เช่น ของแข็ง ของเหลว หรือก๊าซ หรือรูปแบบการก่อตัวของสิ่งปนเปื้อนที่อยู่ในอากาศ สามารถจำแนกประเภทได้ ดังนี้

๒.๑ ฝุ่นและควันที่ประกอบ

ฝุ่น คืออนุภาคของแข็งขนาดเล็กที่ล่องลอยอยู่ในอากาศ ไม่ว่าจะมีต้นกำเนิดจากธรรมชาติ เช่น แรงลมพัดพา ภูเขาไฟ หรือแผ่นดินไหว หรือเกิดจากกระบวนการที่มนุษย์สร้างขึ้น เช่น กระบวนการในอุตสาหกรรม การบด การอัด การเจาะ การเจียรไน ซึ่งล้วนแล้วแต่เป็นการก่อให้เกิดฝุ่นโดยการย่อยสลายจากอนุภาคขนาดใหญ่ไปสู่อนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า โดยทั่วไปจะเรียกอนุภาคขนาดเล็กว่า “ฝุ่น” ก็ต่อเมื่ออนุภาคดังกล่าวมีขนาดเล็กกว่า ๑๐๐ ไมครอน ชนิดของฝุ่นมีทั้งจากที่มาที่หลากหลาย เช่น ฝุ่นหิน ฝุ่นโลหะ ฝุ่นดิน ฝุ่นไม้ ฝุ่นจากผม และขนสัตว์ เป็นต้น

ควัน คืออนุภาคขนาดเล็กที่เป็นได้ทั้งของเหลวและของแข็ง ที่เกิดจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของสารอินทรีย์ เช่น ไม้ ถ่านหิน ยาสูบ และน้ำมัน เป็นต้น ขนาดอนุภาคของควันมีขนาดเล็กมาก เล็กกว่า ๑ ไมครอน โดยทั่วไปมีขนาดระหว่าง ๐.๑ ถึง ๐.๓ ไมครอน ในบางครั้งอาจพบควันที่มีขนาดเล็กกว่า ๐.๑ ไมครอนมาก เช่น ควันบุหรี่ อาจมีขนาดเล็กมากถึง ๐.๐๑ ไมครอน

ไวรัส มีขนาดระหว่าง ๐.๐๐๓ ถึง ๐.๐๖ ไมครอน แต่โดยทั่วไปไวรัสมักอยู่รวมกันเป็นกลุ่มก้อนและเกาะตัวอยู่กับอนุภาคที่มีขนาดใหญ่กว่าในอากาศ แบคทีเรียมีขนาดระหว่าง ๐.๓ ถึง ๕ ไมครอนและรวมตัวอยู่กับอนุภาคที่มีขนาดใหญ่กว่าในอากาศเช่นเดียวกับไวรัส รามีขนาดระหว่าง ๑๐ ถึง ๓๐ ไมครอน ทั้งไวรัส แบคทีเรียและรา ที่ล่องลอยอยู่ในอากาศจะถูกเรียกชื่อรวมกันว่า จุลชีวะทางอากาศ (Bioaerosols) ซึ่งจะกล่าวถึงโดยระเอียดในหัวข้อถัดไป

๒.๒ ละอองและหมอกที่ประกอบจากอนุภาคของเหลวล่องลอยอยู่ในอากาศ

ละออง (mist) คือ อนุภาคของเหลวที่มีลักษณะคล้ายหยดน้ำขนาดเล็กล่องลอยอยู่ในอากาศ โดยอนุภาคดังกล่าวจะคงสถานะเป็นของเหลวที่อุณหภูมิและความดันอากาศปกติ ละอองสามารถเกิดได้จากกระบวนการอันหลากหลาย เช่น การพ่นหรือสเปรย์ ปฏิกิริยาเคมีหรือการเปลี่ยนสถานะจากของเหลวไปเป็นก๊าซ นอกจากนี้ การจามยังก่อให้เกิดละอองขนาดเล็กจำนวนมากที่มีจุลชีวะขนาดเล็กแฝงตัวอยู่และเนื่องจากละอองจากการจามมีขนาดเล็กและน้ำหนักเบามาก จึงสามารถล่องลอยอยู่ในอากาศได้เป็นเวลานาน จึงเป็นสาเหตุของการแพร่กระจายของเชื้อโรคในอากาศ

หมอก (fog) คือ ละอองของเหลวขนาดเล็กมากที่เกิดจากการควบแน่นของไอน้ำในอากาศ โดยอนุภาคของหมอกจะมีขนาดเล็กกว่าละอองมากหรือบางครั้งหมอกอาจเป็นสถานะกึ่งกลางที่เกิดจากการปรับเปลี่ยนสถานะจากละอองของเหลวไปสู่สถานะการกลายเป็นไอของเหลวในอากาศ

ในอนุภาคของละอองของเหลวที่ล่องลอยอยู่ในอากาศอาจปนเปื้อนด้วยอนุภาคของแข็งที่มีขนาดเล็กแฝงตัวในของเหลวดังกล่าว ซึ่งในอนุภาคดังกล่าวอาจเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของจุลชีวะขนาดเล็ก เช่น ไวรัส แบคทีเรีย สปอร์รา ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาการปนเปื้อนและการแพร่กระจายของเชื้อโรคในอากาศ

๒.๓ ก๊าซ และไอ

ก๊าซ ถูกนิยามว่าเป็นสถานะหนึ่งของสสาร โดยก๊าซจะมีองค์ประกอบที่เป็นสสารต่างๆ ที่ไม่ใช่อากาศ ซึ่งองค์ประกอบดังกล่าวจะคงสถานะก๊าซที่สภาวะอุณหภูมิและความดันอากาศปกติ เช่น ออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์ ไนโตรเจน เป็นต้น

ไอ ถูกใช้นิยามสสารที่เป็นองค์ประกอบก๊าซ ที่สามารถเป็นได้ทั้งของแข็งหรือของเหลวที่สภาวะอุณหภูมิ และความดันอากาศปกติ เช่น ไอน้ำมัน หรือไอน้ำ เป็นต้น

๓. การกรองสิ่งปนเปื้อนในอากาศตามธรรมชาติโดยกระบวนการหายใจ

นักสุขศาสตร์อุตสาหกรรมมักสนใจขนาดอนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า ๒ ไมครอนมากกว่าอนุภาคในช่วงขนาดอื่นๆ เนื่องจากเป็นขนาดในช่วงที่สามารถเข้าไปติดและกักเก็บโดยปอดของมนุษย์ได้โดยสะดวก โดยทั่วไปอนุภาคที่มีขนาดใหญ่กว่า ๘ ไมครอนจะถูกกรองโดยกลไกเบื้องต้นตามธรรมชาติของมนุษย์ เช่น ที่โพรงจมูกและขนจมูก หลังจากนั้นอนุภาคที่มีขนาดเล็กรองลงมาจะถูกกรองในระหว่างทางของช่องทางเดินอากาศที่เชื่อมต่อระหว่างโพรงจมูกกับปอด ซึ่งกลไกของร่างกายก็จะทำการกำจัดสิ่งแปลกปลอมดังกล่าวโดยการขับออกทางการกลืน หรือจาม อนุภาคที่ไม่ถูกกรอง ตามกระบวนการกรองตามธรรมชาติของร่างกายมนุษย์ทั้ง ๒ ขั้นตอนดังกล่าวก็จะหลุดลอดสู่กระบวนการหายใจของมนุษย์

กระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมก่อให้เกิดการปนเปื้อนทางอากาศในรูปของฝุ่นควัน ละอองและก๊าซตามที่ได้กล่าวมาแล้ว สิ่งปนเปื้อนดังกล่าวควรถูกกำจัด ณ แหล่งกำเนิดอย่างเหมาะสมและต่อเนื่องเพื่อป้องกันการแพร่กระจาย หรือลดระดับความเข้มข้นให้อยู่ในระดับที่ไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์

การควบคุมจุลชีวะทางอากาศ

ความสนใจในเรื่องจุลชีวะทางอากาศ เริ่มมีมากขึ้นในปัจจุบัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในวงการแพทย์และโรงพยาบาล เพื่อศึกษาและป้องกันการแพร่กระจายของเชื้อจุลชีวะทางอากาศในโรงพยาบาล กระบวนการป้องกันการแพร่กระจายของเชื้อโรคดังกล่าวมาจากรากฐานอันเดียวกันกับเทคโนโลยีที่ใช้ในอุตสาหกรรมห้องสะอาด ที่มุ่งเน้นในเรื่องการป้องกันกระบวนการผลิตอันละเอียดอ่อนจากฝุ่นที่ปนเปื้อนอยู่ในอากาศ

การศึกษายังมุ่งเน้นไปยังจุลชีวะขนาดเล็กที่อยู่ในอากาศ เช่น แบคทีเรีย ไวรัส ราและยีสต์ นอกจากจะสนใจในเรื่องของเชื้อโรคและการติดเชื้อแล้ว ในทางอุตสาหกรรมยังสนใจในเรื่องผลกระทบของจุลชีวะในอากาศ ที่มีต่อผลิตภัณฑ์ในแง่ของการปนเปื้อนและความสูญเสียอีกด้วย เช่น ในอุตสาหกรรมอาหาร มีการศึกษาถึงผลกระทบของรา และยีสต์ที่มีต่ออายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ เช่น เบียร์ และเนย

สำหรับวงการแพทย์ในระยะเวลาไม่กี่ปีที่ผ่านมา เราพบการระบาดของเชื้อโรคติดต่อใหม่เกิดขึ้นหลายชนิด ไม่ว่าจะเป็นโรคซาร์หรือโรคไข้หวัดนก ขณะเดียวกันโรคติดต่อบางชนิด เช่น วัณโรค โรคลีเจียนแนร์และไวรัสไข้หวัดใหญ่ ที่มีแนวโน้มการแพร่กระจายที่ลดลงในอดีตก็เกิดการกลับมาระบาดใหม่อีกครั้ง

แสงอาทิตย์ที่ประกอบด้วยรังสีอุลตร้าไวโอเลต สามารถฆ่าเชื้อโรคส่วนใหญ่ที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ แต่เนื่องจากมนุษย์จำเป็นต้องอาศัยอยู่ในอาคาร หรือที่พักอาศัยที่ไม่สามารถมีแสงแดดส่องถึงได้ตลอดเวลา จึงทำให้พวกเชื้อโรคต่างๆ มีการพัฒนาตัวเองเพื่อหลบหนีจากแสงแดด โดยอาศัยอยู่ร่วมกับมนุษย์ภายในอาคาร และสามารถดำรงชีวิตและขยายพันธุ์ได้ในสภาวะแวดล้อมเดียวกับที่มนุษย์อาศัยอยู่

ปัจจุบันระบบปรับอากาศ มีอิทธิพลต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ไม่ว่าจะเป็นช่วงเวลาทำกิจกรรมในเวลากลางวันหรือแม้กระทั่งเวลานอน มนุษย์ใช้เวลาส่วนใหญ่ของชีวิตในห้องปรับอากาศ ซึ่งเป็นห้องปิดและไม่มีการถ่ายเทอากาศที่ดี แสงแดดซึ่งมีรังสีอุลตร้าไวโอเลตไม่สามารถส่องถึงได้ สภาวะแวดล้อมเหล่านี้ล้วนส่งผลต่อการแพร่กระจายของเชื้อโรคในอากาศได้อย่างรวดเร็ว

ระบบปรับอากาศและระบายอากาศในอาคารถูกกำหนดให้มีวัตถุประสงค์เพื่อก่อให้เกิดสภาพแวดล้อมที่สร้างความสบายให้กับมนุษย์ โดยการควบคุมอย่างเหมาะสมของอุณหภูมิ ความชื้น การไหลเวียนของอากาศและคุณภาพอากาศ เป็นต้น การควบคุมปัจจัยเหล่านี้ไม่ได้สำคัญเพียงแต่ให้เกิดความสบายต่อมนุษย์เพียงอย่างเดียวเท่านั้น ยังมีความสำคัญต่อมนุษย์ในแง่ควบคุมการแพร่กระจายของเชื้อโรคเพื่อสุขภาพและความปลอดภัยต่อมนุษย์อีกทางหนึ่งด้วย

๑. หลักการควบคุมการแพร่กระจายของเชื้อโรคในอากาศ

ระบบปรับอากาศและระบายอากาศสามารถควบคุมการแพร่กระจายของเชื้อโรคผ่านทางหลักการทางวิศวกรรมเบื้องต้น ดังนี้

๑.๑ การเจือจางเชื้อ โดยการระบายอากาศ

วัตถุประสงค์เพื่อลดความเข้มข้นของการปนเปื้อนของเชื้อโรคทางอากาศภายในอาคาร โดยการดูดอากาศในบริเวณที่มีความเข้มข้นของการปนเปื้อนสูงเพื่อไปเข้าสู่ระบบบำบัดหรือทิ้งสู่ภายนอก และเติมอากาศที่มีความสะอาดกว่าเข้าไปแทนที่ การเจือจางเชื้อดังกล่าวจะได้ผลมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอัตราการหมุนเวียนของอากาศที่ดูดและเติมเข้าสู่พื้นที่ และประสิทธิภาพของการผสมตัวกันของอากาศสะอาดที่เติมเข้าสู่พื้นที่กับอากาศภายในพื้นที่เดิม

๑.๒ กำหนดทิศทางการไหลของอากาศให้เหมาะสม

เป็นการกำหนดทิศทางการไหลของอากาศเข้าและออกจากห้อง หรือกำหนดทิศทางการไหลของอากาศให้มีทิศทางใดทิศทางหนึ่งผ่านพื้นที่ที่ต้องการควบคุมความสะอาด โดยมีแนวคิดเพื่อนำอากาศที่สะอาดกว่าเคลื่อนที่ไล่อากาศที่ปนเปื้อนออกจากพื้นที่ การควบคุมทิศทางการไหลของอากาศมี ๓ รูปแบบคือ

๑.๒.๑ การควบคุมการไหลของอากาศระหว่างพื้นที่สองพื้นที่ติดกัน โดยการกำหนดค่าความดันอากาศให้มีความแตกต่างกันระหว่างพื้นที่สะอาดกับพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนสูง เพื่อให้มีการไหลของอากาศจากพื้นที่สะอาดไปสู่พื้นที่ที่มีการปนเปื้อนสูง เพื่อป้องกันสิ่งปนเปื้อนทางอากาศไหลเข้าสู่พื้นที่สะอาด

๑.๒.๒ การควบคุมทิศทางการไหลของอากาศภายในห้อง โดยการกำหนดทิศทางการไหลของอากาศในลักษณะที่ก่อให้เกิดกระแสของอากาศเคลื่อนที่ผ่านพื้นที่ที่ต้องการควบคุมความสะอาด เพื่อไล่สิ่งปนเปื้อนทางอากาศที่ไม่ต้องการออกจากพื้นที่ดังกล่าวไปสู่พื้นที่ที่มีความสะอาดน้อยกว่า จากนั้นกระแสของอากาศดังกล่าวจะถูกดูดเข้าสู่ระบบกรองอากาศของระบบปรับอากาศ หรือถูกดูดไปทิ้งสู่ภายนอก

๑.๒.๓ การควบคุมทิศทางการไหลของอากาศโดยใช้อุปกรณ์เฉพาะ อุปกรณ์เฉพาะบางชนิดที่ใช้ในห้องปฏิบัติการจะถูกออกแบบมาบนพื้นฐานของการใช้งานเพื่อกำหนดทิศทางการไหลของอากาศให้สอดคล้องกับการใช้งานอยู่แล้ว เช่น ฝาชีดูดควัน (fume hood) ซึ่งภายในจะประกอบไปด้วยพัดลมดูดอากาศ เพื่อดูดอากาศที่มีการปนเปื้อนสูงภายในพื้นที่ทำงานในฝาชีดูดควันไปบำบัดหรือทิ้งสู่ภายนอก ขณะเดียวก็จะสร้างกระแสของอากาศที่มีความเร็วสูงไหลเข้าสู่ตัวฝาชีดูดควันเพื่อแทนที่ลมที่ถูกดูดไปทิ้งดังกล่าว กระแสของอากาศที่มีความเร็วสูงนี้จะเป็นตัวป้องกันสิ่งปนเปื้อนภายในฝาชีดูดควันไม่ให้ไหลออกสู่ภายนอก

๑.๓ การกรองอากาศอย่างมีประสิทธิภาพ

ระบบกรองอากาศที่มีประสิทธิภาพจะช่วยกรองสิ่งสกปรกและจุลชีวะทางอากาศ ออกจากอากาศได้เป็นส่วนใหญ่ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับความละเอียด ประสิทธิภาพและจำนวนชั้นของแผงกรองอากาศที่ใช้ กระบวนการกรองส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นภายในกระบวนการของระบบปรับอากาศ โดยภายในเครื่องปรับอากาศจะมีการติดตั้งแผงกรองอากาศเพื่อกรองอนุภาคสิ่งสกปรกออกจากอากาศตามระดับชั้นความสะอาดที่ต้องการ เช่น ในกรณีการปรับอากาศธรรมดาสำหรับที่พักอาศัยหรืออาคารสำนักงานทั่วไป จะติดตั้งแผงกรองอากาศ ที่มีประสิทธิภาพการกรองฝุ่นไม่มากนัก แต่สำหรับพื้นที่ที่มีความต้องการอากาศสะอาดในระดับที่สูงขึ้น เช่น โรงพยาบาล หรือห้องสะอาดในโรงงานอุตสาหกรรม ก็มีความจำเป็นต้องติดตั้งแผงกรองอากาศที่มีความละเอียดมากขึ้นและอาจจะต้องมีแผงกรองอากาศซ้อนกันจำนวนหลายชั้นมากขึ้น เช่น ห้องสะอาดสำหรับโรงงานผลิตยาบางชนิด อาจต้องติดตั้งแผงกรองอากาศประสิทธิภาพสูงจำนวน ๒ - ๓ ชั้นเพื่อกรองฝุ่นและเชื้อโรคออกจากอากาศในระดับที่ไม่เป็นอันตรายต่อผลิตภัณฑ์

แผงกรองอากาศที่มีประสิทธิภาพ ๙๐-๙๕% (ASHRAE Dust Spot Test Method) สามารถกรองแบคทีเรีย และอนุภาคในอากาศที่มีขนาดใกล้เคียงกันออกจากอากาศได้มากกว่า ๙๙.๙% นอกจากนี้ ในเทคโนโลยีสำหรับห้องสะอาดซึ่งต้องการอากาศที่มีความสะอาดเป็นพิเศษ ไม่ว่าจะเป็นห้องสะอาดในอุตสาหกรรม หรือห้องสะอาดทางชีวะวิทยา ก็มีการพัฒนาแผงกรองอากาศชนิดความละเอียดสูง (HEPA Filter: High Efficient Particulates Air Filter) ซึ่งมีประสิทธิภาพในการกรองอนุภาคที่มีขนาดตั้งแต่ ๐.๓ ไมครอนขึ้นไปได้ถึง ๙๙.๙๗% (DOP Test Method) ความละเอียดของการกรองดังกล่าวสามารถกรองจุลชีวะเกือบทุกชนิดออกจากอากาศได้ ไม่ว่าจะเป็นแบคทีเรีย รา และไวรัส ซึ่งโดยปกติแล้วจุลชีวะเหล่านี้จะเกาะตัวเป็นกลุ่มอยู่กับอนุภาคฝุ่นในที่มีขนาดใหญ่กว่า ๐.๓ ไมครอน

๑.๔ การควบคุมอุณหภูมิและความชื้นอย่างเหมาะสม

วัตถุประสงค์หลักของการควบคุมอุณหภูมิภายในอาคารก็เพื่อให้เกิดความสบายแก่ผู้ที่อยู่อาศัย แต่สำหรับในกระบวนการอุตสาหกรรมมักมีการควบคุมอุณหภูมิที่แตกต่างกันออกไปตามความจำเป็นในแง่ของการผลิตผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด

สำหรับจุลชีวะขนาดเล็กในอากาศแล้ว อุณหภูมิไม่ได้เป็นปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อการดำรงชีวิตและการแพร่พันธุ์ของสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กเหล่านี้มากนัก แต่ในบางครั้งอุณหภูมิที่สูงเกินไปอาจส่งผลในทางอ้อม เช่น ทำให้เกิดการขับเหงื่อจากร่างกายของมนุษย์ ซึ่งก่อให้เกิดความอับชื้นและนำไปสู่การแพร่กระจายของเชื้อโรคที่สูงขึ้น จากการศึกษาพบว่าสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กพวกจุลชีวะสามารถดำรงชีวิตได้อย่างดีในสภาวะแวดล้อมที่มีความชื้นสูงและความชื้นต่ำมากๆทั้งนี้ ขึ้นกับชนิดและสายพันธุ์

๒. ความชื้นกับการแพร่กระจายของเชื้อโรค

เนื่องจากประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตภูมิอากาศร้อนชื้น เราจึงไม่พบสภาวะอากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในระดับต่ำกว่า ๔๐ เปอร์เซ็นต์มากนัก ยกเว้นในบางวันของช่วงฤดูหนาว ดั้งนั้น ช่วงความชื้นสัมพัทธ์ที่มีผลต่อการแพร่กระจายของเชื้อโรคในอากาศที่จะกล่าวถึงเป็นหลักคือ ในระดับความชื้นสัมพัทธ์ที่เกินกว่า ๖๐ เปอร์เซ็นต์

จุลชีวะบางชนิดและปัจจัยที่มีผลต่อการแพร่พันธุ์ สามารถจำแนกได้ ดังนี้

๒.๑ ไรฝุ่น เป็นสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก พบมากในพื้นที่เขตร้อนชื้น ตัวโตเต็มวัยมีขนาดความยาวประมาณ ๐.๓ มม. ผลกระทบของไรฝุ่นต่อร่างกายมนุษย์คือ ก่อให้เกิดอาการแพ้ โดยสิ่งที่ก่อให้เกิดโรคภูมิแพ้ไม่ใช่ตัวไรฝุ่นเอง แต่จะเป็นชิ้นส่วนที่แห้งและหลุดล่อนออกจากตัวไรฝุ่น ซึ่งมีขนาดเล็กมาก (ประมาณ ๕ ไมครอน) และสามารถล่องลอยอยู่ในอากาศได้เป็นเวลานาน

ไรฝุ่นหนึ่งตัวจะประกอบด้วยปริมาณน้ำในตัวประมาณ ๗๐-๗๕% โดยน้ำหนัก ซึ่งในการดำรงชีวิตของมันจะต้องรักษาปริมาณน้ำระดับนี้ไว้ เพื่อการดำรงชีวิตและขยายพันธุ์ การดูดซึมน้ำจากไอน้ำที่ล่องลอยอยู่ในอากาศเป็นกระบวนการที่จะรักษาสมดุลน้ำในตัวไว้ได้ โดยทั่วไปสภาวะที่พอเหมาะต่อการดำรงชีวิตและการขยายพันธุ์คือ ความชื้นสัมพัทธ์ ๗๐ ถึง ๘๐% ที่อุณหภูมิประมาณ ๒๕ องศาเซลเซียส

แนวทางการแก้ปัญหาไรฝุ่น การแก้ปัญหาไรฝุ่นที่ดีที่สุดคือ การควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ไม่ให้เกิน ๖๐ เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะทำให้ไรฝุ่นไม่สามารถขยายพันธุ์ได้ในระดับที่เป็นอันตราย

เครื่องดูดฝุ่นทั่วไปไม่สามารถกำจัดชิ้นส่วนของไรฝุ่นได้ เนื่องจากขนาดของชิ้นส่วนของไรฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า ๒ ไมครอน สามารถหลุดล่อนผ่านถุงกรองภายในเครื่องได้อย่างง่ายดาย และอาจจะทำให้เกิดการฟุ้งกระจายในอากาศได้มากขึ้น ดั้งนั้น การกรองไรฝุ่นออกจากอากาศจึงจำเป็นต้องใช้ระบบดูดอากาศ ที่มีแผงกรองอากาศชนิดละเอียดพิเศษ (HEPA filter) เพื่อกรองชิ้นส่วนของไรฝุ่นขนาดเล็กดังกล่าว

สำหรับการทำความสะอาดผ้าปูที่นอน ปอกหมอน และพรม ควรใช้น้ำร้อนที่มีอุณหภูมิสูงกว่า ๕๕ องศาเซลเซียส เพื่อกำจัดไรฝุ่น นอกจากนี้ ควรหมั่นทำความสะอาดหรือกำจัดแหล่งที่อาจเป็นอยู่อาศัยของไรฝุ่น เช่น พรม เฟอร์นิเจอร์เก็บฝุ่น เป็นต้น

๒.๒ รา เป็นสิ่งมีชีวิตหลายเซล มีขนาดเล็ก ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า มีโครงสร้างเป็นลักษณะรูปตาข่าย เชื้อราที่ล่องลอยอยู่ในอากาศนั้นมีมากมายกว่า ๑๐๐,๐๐๐ สปีชีส สามารถพบได้หลากหลายสี มีทั้งสีขาว สีเขียว สีแดงและสีดำ ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ การดำรงชีวิตของราต้อง อาศัย น้ำ คาร์บอน ไนโตรเจนและสารอาหารบางชนิดในการดำรงชีวิตและเจริญเติบโต ซึ่งเราพบมันได้ทุกแห่งไม่ว่าจะในหรือนอก

อาคาร เสื้อผ้า อากาศที่เราหายใจ เราไม่สามารถที่จะหลีกหนีมันได้ แต่เรามีวิธีการที่จะป้องกันไม่ให้มันเจริญเติบโตได้ดีในอาคาร เชื้อราเหล่านี้เป็นสาเหตุให้เกิดโรคภูมิแพ้และโรคเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจอื่นๆ ตามมา เชื้อราจะเจริญเติบโตได้ดีต้องประกอบด้วย ๓ สิ่ง (๑) อาหาร (๒) อุณหภูมิที่เหมาะสม คือ ประมาณ ๔ ^{o}C (๔๐^{o}F) ถึง ๓๘^{o}C (๑๐๐^{o}F) และ (๓) ความชื้น สารอินทรีย์ที่เน่าเปื่อย ย่อยสลายได้ หรือแม้กระทั่งฝุ่นและอุณหภูมิในบริเวณท่อลม และท่อน้ำเย็นที่เกิดหยดน้ำ ล้วนแล้ว แต่เป็นสภาพที่ทำให้เชื้อราเจริญเติบโตได้ทั้งสิ้น ดังนั้นในการควบคุมการเจริญเติบโตของเชื้อรา เราจึงต้องใส่ใจในการควบคุมความชื้น

เชื้อราไม่ต้องการน้ำนิ่งๆในการเจริญเติบโต แต่มันต้องการความชื้นที่มากพอที่จะทำให้สปอร์ ซึ่งเป็นตัวสืบพันธุ์ เติบโตได้ ความชื้นสัมพัทธ์ในอาคารทั่วไปอยู่ที่ประมาณ ๖๐% หรือต่ำกว่านั้น

ราขยายพันธุ์โดยอาศัยสปอร์ที่ล่องลอยไปตามอากาศและไปตกในที่ที่สภาวะเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและขยายพันธุ์ รวมทั้งมีแหล่งอาหารที่ดี อุณหภูมิประมาณ ๒๐ - ๓๐ องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า ๖๐ เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ ยังพบว่าในที่ที่แสงแดดส่องไม่ถึงและมีการระบายอากาศไม่ดีจะเป็นปัจจัยที่ทำให้เชื้อราเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็ว

การแก้ปัญหาเชื้อราที่ดีที่สุด คือ การควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ดังกล่าวข้างต้น ไม่ให้เกิน ๖๐ เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะทำให้เชื้อราไม่สามารถเติบโตและขยายพันธุ์ได้ในระดับที่เป็นอันตราย นอกจากนี้ควรลดวัสดุที่เป็นแหล่งอาหารของรา เช่น ฝุ่น ผ้าเปียก กระดาษ พรมและวอลล์เปเปอร์ ฯลฯ

ในกรณีที่พบแหล่งความชื้น เช่น น้ำรั่วหรือน้ำขัง ให้รีบแก้ไขและทำให้พื้นที่ดังกล่าวแห้งสนิท ซึ่งถ้าปัญหาดังกล่าวถูกแก้ไขภายใน ๒๔-๔๘ ชั่วโมง เชื้อราจะยังไม่เจริญเติบโต

ลดปัญหาพื้นที่เปียกชื้น โดยการเพิ่มอุณหภูมิพื้นผิวของวัสดุ หรือติดตั้งฉนวนเพิ่มเติมสำหรับวัสดุที่มีพื้นผิวเย็น และพบน้ำเกาะ เช่น ฝ้า ผนัง หน้าต่างและท่อน้ำ

ตรวจสอบและปรับปรุงระบบหมุนเวียนอากาศและระบายอากาศให้ได้ตามมาตรฐานและพยายามลดพื้นที่ที่มีอากาศนิ่งและไม่หมุนเวียน นอกจากนี้ การติดตั้งแผงกรองอากาศที่มีประสิทธิภาพในระบบหมุนเวียนอากาศจะช่วยกรองฝุ่นและสปอร์ของราออกจากอากาศ ช่วยลดการแพร่กระจายของราได้อีกทางหนึ่ง

แก้ปัญหาการใช้งานห้องปรับอากาศให้ถูกต้อง เช่น อย่าเปิดประตูห้องเพื่อรับอากาศจากภายนอกภายหลังจากเพิ่งปิดเครื่องปรับอากาศใหม่ๆ เนื่องจากจะทำให้เกิดละอองน้ำขนาดเล็กเกาะที่พื้นผิวที่ยังมีความเย็นอยู่, อย่าเป่าลมเย็นจากเครื่องปรับอากาศเข้าสู่ผนังโดยตรง เนื่องจากจะทำให้ผนังด้านนั้นเย็นจัดและมีละอองน้ำเกาะ เป็นต้น

การกำจัดราจากพื้นผิวที่มีราเกิดขึ้นแล้วสามารถจำแนกการกำจัดได้ตามพื้นผิว ๒ ประเภทคือ ๑) ในกรณีที่เป็นวัสดุพื้นผิวเรียบแข็งให้ทำความสะอาดเชื้อราโดยใช้น้ำและน้ำยาฆ่าเชื้อทำความสะอาด จากนั้นให้ทำให้พื้นผิวดังกล่าวนั้นแห้งสนิท ๒) สำหรับพื้นผิวที่เป็นวัสดุที่ลักษณะเป็นโพรงอากาศขนาดเล็ก หรือดูดซับน้ำ เช่น ฝ้าเพดาน พรมที่เกิดรา ไม่สามรถกำจัดเชื้อราโดยวิธีแรกได้ควรจะต้องรื้อพื้นผิวเดิมทิ้งทั้งหมดและเปลี่ยนใหม่อย่าทาสีทับบริเวณที่เกิดเชื้อรา ควรกำจัดเชื้อราให้หมดสิ้นเสียก่อน

๒.๓ แบคทีเรีย เป็นสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก โดยทั่วไปจะมีขนาดประมาณ ๐.๕ ถึง ๕.๐ ไมครอน ส่วนใหญ่มีเซลล์เดียวและโครงสร้างเซลล์ไม่ซับซ้อนมากนัก รูปร่างของแบคทีเรียมีหลากหลายแบบ ทั้งชนิดแบบกลม แบบท่อน และแบบเกลียว ซึ่งจะมีการจัดเรียงเซลล์ที่แตกต่างกันไปในแต่ละแบบ แบคทีเรียดำรงชีวิตอยู่ได้ทุกหนทุกแห่งในโลก ไม่ว่าจะเป็นในพื้นดิน ในน้ำ ในอากาศ ลึกลงไปใต้ผิวโลกหรือแม้กระทั่งอาศัยอยู่ในร่าง

ของสิ่งมีชีวิตไม่ว่าพืชหรือสัตว์ แบคทีเรียบางชนิดสามารถอยู่รอดได้ในสภาวะที่เลวร้ายและไม่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตได้โดยการสร้างเอ็นโดสปอร์ (endospore) ซึ่งเป็นโครงสร้างที่มีความแข็งแรงและทนทานต่อสภาวะแวดล้อมทั้งทางกายภาพและเคมี เช่น ทนต่อความร้อนและความดันสูง ผงซักฟอก น้ำยาฆ่าเชื้อและรังสีอุลตร้าโอเลตเป็นต้น เมื่อสภาวะแวดล้อมเหมาะสมเอ็นโดสปอร์จะดูดซับน้ำและเจริญเป็นแบคทีเรียใหม่ได้อีกครั้ง แบคทีเรียบางชนิดสามารถดำรงชีวิตภายใต้สภาวะเอ็นโดสปอร์ได้มากกว่าหนึ่งร้อยปี แบคทีเรียบางชนิดมีประโยชน์ต่อกระบวนการย่อยสลาย ในวงจรห่วงโซ่อาหาร ในอุตสาหกรรมมีการใช้ประโยชน์จากแบคทีเรียในการย่อยสลายสิ่งปฏิกูลและกระบวนการบำบัดน้ำเสีย นอกจากนี้ ในอุตสากรรมอาหารก็นำแบคทีเรีย มาใช้ในกระบวนการหมักชีสส์และโยเกิร์ต ถึงแม้ว่าแบคทีเรียส่วนใหญ่จะไม่ทำอันตรายต่อมนุษย์ เนื่องจากมนุษย์มีระบบภูมิคุ้มกันที่ดี และแบคทีเรียบางประเภทก็มีประโยชน์ตามที่ได้กล่าวไปแล้ว แต่มีแบคทีเรียบางประเภทที่เป็นอันตรายและก่อให้เกิดโรคติดเชื้อ เช่น โรคซิฟิลิส, โรคแอนแทรกซ์และที่สำคัญคือ โรคติดเชื้อทางการหายใจโดยเฉพาะอย่างยิ่ง วัณโรค ที่คร่าชีวิตคนกว่าสองล้านคนต่อปี

แบคทีเรียทุกชนิดต้องการน้ำ อาหาร แร่ธาตุ สำหรับการเจริญเติบโต บางชนิดต้องการกรดอะมิโน วิตามิน และสารบางอย่างที่มันไม่สามารถสร้างขึ้นเองได้

ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย คือ

๑. อุณหภูมิ สามารถแบ่งแบคทีเรียได้ ๓ ประเภท ตามความแตกต่างของอุณหภูมิ

Psychrophiles สามารถเจริญได้ดีในอุณหภูมิ ๐ °C หรือต่ำกว่า

Mesophiles เจริญได้ดีในอุณหภูมิ ๒๕ °C - ๔๐ °C

Thermophiles เจริญได้ในอุณหภูมิ ๔๕ °C - ๖๐ °C

๒. ความต้องการออกซิเจน สามารถแบ่งแบคทีเรียตามความต้องการออกซิเจนในการเจริญเติบโตออกเป็น

แอโรบิคแบคทีเรีย (aerobic bacteria) คือพวกที่เจริญได้ในบรรยากาศที่มีออกซิเจน

แอนแอโรบิคแบคทีเรีย (anaerobic bacteria) คือ พวกที่เจริญได้ในบรรยากาศที่ไม่มีออกซิเจน

แฟคัลเททีฟ แอนแอโรบิคแบคทีเรีย (Facultative anaerobic bacteria) คือพวกที่เจริญได้ทั้งในบรรยากาศที่มีออกซิเจน และไม่มีออกซิเจน

ไมโครแอโรฟิลิค แบคทีเรีย (microaerophilic bacteria) เจริญในบรรยากาศที่มีออกซิเจนเพียงเล็กน้อย

๓. สภาพความเป็นกรด-ด่าง แบคทีเรียส่วนมากเจริญได้ดีในช่วงของ pH ๖.๕-๗.๕ พวกราหรือยีสต์ทนต่อกรดได้ดีกว่า คือประมาณ pH ๕

๔. ความชื้น แบคทีเรียส่วนใหญ่ต้องการความชื้น การใช้อาหารในรูปของสารละลาย (Solution) แบคทีเรียบางอย่างทนต่อความแห้งแล้งได้ดี เช่น Tubercle bacilli และ Staphylococcus aureus. พวกที่มีสปอร์ก็ทนต่อความแห้งแล้งได้ดี

๕. แสงสว่าง แบคทีเรียทั่วไปไม่ต้องการแสงในการเจริญเติบโต ยกเว้นแบคทีเรียพวกที่สังเคราะห์แสงได้เท่านั้นที่ต้องการแสงในการเจริญเติบโต

๖. เสียง ความถี่ของเสียงสูง ๆ ทำให้เซลล์ของแบคทีเรียแตกได้

แบคทีเรียเป็นสิ่งมีชีวิตขนาดเซลล์เดียว มีผนังเซลล์ (Cell wall) ที่แข็งแรง ทำให้คงรูปอยู่ได้ ได้อาหารด้วยวิธีดูดซึม สืบพันธุ์ด้วยการแบ่งตัว โทษของแบคทีเรีย ทำให้อาหารบูดเน่า ทำให้ คน สัตว์และพืช เป็นโรค

๒.๔ ไวรัส เป็นคำในภาษาลาติน แปลว่า พิษ ปัจจุบัน ไวรัส หมายถึง จุลชีวะขนาดเล็กมีขนาดระหว่าง ๒๐ ถึง ๓๐๐ นาโนเมตร มีโครงสร้างไม่ซับซ้อน ดำรงชีวิตเป็นปรสิตและแพร่พันธุ์โดยอาศัยอยู่ในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น ไวรัสถูกพบครั้งแรกใน ค.ศ. ๑๘๙๙ เรียกว่า ไวรัสใบยาสูบด่าง (tobacco mosaic virus) ปัจจุบันไวรัสถูกค้นพบและได้รับการบันทึกไว้มากกว่า ๕,๐๐๐ ชนิด ไวรัสสามารถก่อให้เกิดการติดเชื้อได้ทั้งในมนุษย์ สัตว์ พืชและสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ที่เป็นสิ่งมีชีวิตมีเซลล์ (cellular life) ธรรมชาติของไวรัสจำเป็นต้องไปเจริญและแพร่พันธุ์ในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต โดยยีนของไวรัสและยีนของสิ่งมีชีวิตดังกล่าวต้องมีกลไกที่สอดคล้องตรงกัน ดั้งนั้น ไวรัสแต่ละชนิดจึงก่อให้เกิดโรคกับมนุษย์ สัตว์ พืชที่แตกต่างกันออกไป

การแพร่กระจายของไวรัสมีความหลากหลาย เช่น ไวรัสในพืชส่วนใหญ่แพร่กระจายจากพืชสู่พืชโดยแมลง ไวรัสในสัตว์แพร่สู่กันโดยอาศัยพาหะดูดเลือด ไวรัสโรคเอดส์แพร่กระจายทางการมีเพศสัมพันธ์ หรือไวรัสไข้หวัดใหญ่ในมนุษย์แพร่กระจายสู่กันทางอากาศจากการจามหรือไอ เป็นต้น

ไวรัสแพร่กระจายในอากาศโดยอาศัยอยู่ในละอองหรืออนุภาคขนาดเล็กขนาด ๐.๕ ถึง ๕ ไมครอน ที่ล่องลอยอยู่ในอากาศได้เป็นเวลานาน ขนาดของละอองในช่วงดังกล่าวจึงมีผลอย่างยิ่งต่อการติดเชื้อทางอากาศ ถ้ามีเชื้อในปริมาณที่เพียงพอ เมื่อผู้ป่วยจามหรือไอจะเกิดละอองจำนวนมากมายมหาศาลล่องลอยสู่อากาศ ละอองที่มีขนาดใหญ่ (ขนาดประมาณ ๑๐ ถึง ๑๐๐ ไมครอน) จะตกสู่พื้นอย่างรวดเร็วโดยมีระยะไม่ไกลจากตัวผู้ป่วย ส่วนละอองที่มีขนาดเล็กจะเกิดการระเหยตัวและมีขนาดเล็กลงอย่างรวดเร็วจนปรับตัวเป็น “Droplet Nuclei” ที่มีขนาดเล็กประมาณ ๐.๕ ถึง ๕ ไมครอน ซึ่งละอองขนาดดังกล่าวจะสามารถลอยตัวอยู่ในอากาศได้เป็นเวลานานโดยไม่ตกสู่พื้นและเป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างยิ่งสำหรับการติดเชื้อทางอากาศ

สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการดำรงชีวิตของไวรัสและแบคทีเรียมีความหลากหลายในแง่อุณหภูมิและความชื้นขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ บางสายพันธุ์สามารถเจริญเติบโตได้ดีในช่วงความชื้นต่ำ ในขณะที่บางสายพันธุ์ดำรงชีวิตในช่วงความชื้นสูง โดยทั่วไปสภาวะที่เหมาะสม เพื่อลดการเจริญเติบโตของไวรัสและแบคทีเรียคือในช่วงความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ ๔๐ ถึง ๖๐ เปอร์เซ็นต์

แนวทางแก้ปัญหาเชื้อแบคทีเรียและไวรัส เบื้องต้น คือ การควบคุมความชื้นไม่ให้เกิน ๗๐ เปอร์เซนต์ สำหรับไวรัสและไม่ให้เกิน ๖๐ เปอร์เซนต์ สำหรับแบคทีเรีย ซึ่งจะทำให้เชื้อโรคทั้ง ๒ ชนิดไม่สามารถเจริญเติบโตได้ดี

สำหรับในบริเวณที่มีเชื้อดังกล่าว การติดตั้งระบบกรองอากาศที่มีแผงกรองอากาศชนิดละเอียดพิเศษ (HEPA filter) น่าจะเป็นมาตราการที่ช่วยลดปริมาณแบคทีเรียและไวรัสออกจากอากาศที่ได้ผลดีที่สุด โดยที่ความสามารถในการกรองฝุ่นได้ละเอียดถึง ๐.๓ ไมครอน จะสามารถกรอง “Droplet Nuclei” ที่มีขนาดเล็กประมาณ ๐.๕ ถึง ๕ ไมครอน ซึ่งเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของแบคทีเรียและไวรัส ออกจากอากาศได้มากกว่า ๙๙.๙๗ %

นอกจากนี้ การควบคุมทิศทางการไหลของอากาศให้ไหลจากบริเวณที่สะอาดไปยังบริเวณที่มีเชื้อแล้วควบคุมให้อากาศดังกล่าวไหลไปผ่านแผงกรองอากาศชนิดละเอียดพิเศษเพื่อกรองเชื้อออกจากอากาศก่อนนำอากาศที่ผ่านการกรองแล้วกลับมาใช้ใหม่หรือปล่อยทิ้งสู่ภายนอกอาคารก็เป็นการลดการแพร่กระจายของเชื้อได้อย่างดี

การควบคุมความชื้นเพื่อแก้ปัญหาที่มีผลกระทบต่อสุขภาพ จากที่กล่าวมาแล้วข้างต้น จะเห็นว่าความชื้นล้วนเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ ไม่ว่าจะเป็นในด้านทางตรง เช่น ในเรื่องของความอึดอัด ความสบายหรือทางอ้อม เช่น ในเรื่องของการแพร่กระจายของสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กและเชื้อโรค

ต่างๆที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ การควบคุมความชื้นให้อยู่ในระดับที่พอเหมาะจึงมีส่วนสำคัญต่อการช่วยดูแลรักษาสุขภาพให้มีความแข็งแรงและปลอดภัยจากโรคติดต่อต่างๆ ได้ในระดับหนึ่ง

หลักการควบคุมการติดเชื้อในโรงพยาบาล

ข้อกำหนดพื้นฐานของระบบปรับอากาศและระบายอากาศในสถานพยาบาล จากกรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข แบ่งออกเป็น 2 วิธี คือ

1) การควบคุมสิ่งแวดล้อมแบบปฐมภูมิ (Primary Environmental Control) คือการควบคุมสิ่งแวดล้อมด้วยวิธีธรรมชาติ โดยเอื้อต่อการไหลของลม ไม่เกิดการขัดขวางการไหลของลม จากวิธีการเปิดประตูและหน้าต่างทุกบานในห้องโดยให้ลมพัดจากที่สะอาดมากไปสู่สะอาดน้อย จะสามารถช่วยลดความเข้มข้นของเชื้อในห้องได้ ซึ่งในปัจจุบันมีการเพิ่มการติดตั้งพัดลมและเครื่องปรับอากาศมากขึ้น จึงควรมีความรู้เรื่องชนิดของพัดลมและเครื่องปรับอากาศให้เอื้อต่อการลดความเข้มข้นของเชื้อโรคในห้องมากขึ้นโดยเฉพาะการเลือกตำแหน่งการวางหรือติดตั้งของพัดลม เพื่อเพิ่มการไหลเวียนของอากาศและทำให้เชื้อโรคเจือจาง โดยให้เกิดความเสี่ยงต่อการฟุ้งกระจายน้อยที่สุด ซึ่งเป็นการควบคุมจากแหล่งของเชื้อโรคแบบเฉพาะที่

2) การควบคุมสิ่งแวดล้อมแบบทุติยภูมิ (Secondary Environment Control) เป็นวิธีการควบคุมไม่ให้อากาศโดยรอบของบริเวณแหล่งเชื้อโรคกระจายออกไปวงกว้าง โดยการควบคุมการไหลของอากาศ (Directional Air flow) การกรองด้วยแผงกรองอากาศ หรือการใช้ (Ultraviolet germicidal irradiation; UVGI)

วัตถุประสงค์หลักของวิธีควบคุมสิ่งแวดล้อม

1) ป้องกันการแพร่กระจายเชื้อโรคไปสู่บริเวณโดยรอบ
2) กำจัดเชื้อที่อยู่ในห้องในรูปของ Droplet nuclei เพื่อให้เกิดความปลอดภัยต่อบุคลากรและผู้ป่วย
3) กำหนดทิศทางการไหลของอากาศภายในห้อง ก่อนการปล่อยออกจากห้อง
4) รักษาระดับอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ให้บุคลากรและผู้ป่วยสุขสบาย

หลักการพื้นฐานของวิธีควบคุมสิ่งแวดล้อม เพื่อการควบคุมการติดเชื้อโรคทางอากาศ

1. การออกแบบเพื่อป้องกันเชื้อโรคเข้า (ความดันบวก) หรือป้องกันเชื้อโรคออกจากห้อง (ความดันลบ) จากรอยรั่วตามที่ต่างๆ เช่น กรอบประตู กรอบหน้าต่าง ผนังและฝ้าเพดาน และสร้างความดันแตกต่างระหว่างภายในห้องและภายนอกห้อง

2. การกรองอากาศ การกำจัดเชื้อโรคออกจากอากาศโดยหลักมาตรฐานการกรองเชื้อโรค ในอากาศมีแหล่งกำเนิดทั้งจากภายนอกและภายในห้อง การกำจัดเชื้อจากภายนอกทำได้โดยให้อากาศที่เติมเข้ามาในระบบผ่านการกรองก่อนที่จะจ่ายเข้าสู่ห้อง สำหรับการกำจัดเชื้อที่เกิดภายในห้องออกจากอากาศ สามารถทำได้โดยการหมุนเวียนลมปริมาณมากๆ ภายในห้องไปผ่านแผงกรองอากาศประสิทธิภาพสูง (HEPA Filter) ซึ่งควรเป็นแผงกรองอากาศที่มีประสิทธิภาพการกรองอากาศที่มีประสิทธิภาพสูง อย่างน้อยกรองเชื้อโรคที่มีขนาดเล็ก 0.3 ไมครอน โดยแผงกรองอากาศทั้งหมด 3 ชุด มีอัตราการกรองอากาศไม่น้อยกว่า 300 CFM เป็นไปตามมาตรฐาน ASHARE 52.2 ประกอบด้วย HEPA Filter EFF. 99.97% 0.3 um มีอัตราการกรองอากาศไม่น้อยกว่า 300 CFM ซึ่งประกอบด้วย

1) แผงกรองชุดที่ 1 แผงกรองหยาบ (Pre filter) ประสิทธิภาพไม่น้อยกว่า 25% (ASHARE 52.2-1999)
2) แผงกรองชุดที่ 2 แผงกรองละเอียด (HEPA filter) ประสิทธิภาพไม่น้อยกว่า 99.97%
3) แผงกรองชุดที่ 3 แผงกรองกลิ่นและสารเคมี (Carbon filter)

3. การเจือจางเชื้อในอากาศโดยการเติมอากาศจากภายนอก การนำอากาศภายนอกเข้ามาผสมกับอากาศภายในห้อง จะทำให้ความเข้มข้นของเชื้อลดลง และอากาศจากภายนอกควรผ่านการกรองด้วยแผงกรองอากาศเช่นเดียวกับลมหมุนเวียนภายในห้อง

4. ควบคุมทิศทางการไหลของอากาศจากที่สะอาดไปหาจุดที่สะอาดน้อย โดยจุดสะอาดคือ จุดที่ไม่ได้มีเชื้อโรคปะปนอยู่หรือปะปนในปริมาณที่น้อยที่สุดในพื้นที่ ไหลผ่านไปยังจุดที่มีเชื้อโรคอยู่ เพื่อการไหลของอากาศโดยลดการแพร่กระจายเชื้อโรคที่อากาศได้อย่างมีคุณภาพ

5. การปรับความดันของอากาศภายในห้อง การควบคุมและป้องกันการติดเชื้อโรคทางอากาศ แรงดันลมภายในห้องน้อยกว่าภายนอกห้อง จะทำให้เชื้อโรคภายในห้องไม่สามารถแพร่กระจายออกไปในภายนอกห้องได้ โดยมีความดันบรรยากาศในห้องต่ำกว่าพื้นที่ใกล้เคียงไม่น้อยกว่า 2.5 Pascal เพื่อการควบคุมทิศทางการไหลของอากาศจากสะอาดมากไปสะอาดน้อย

6. อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์เพื่อป้องกันการเจริญเติบโตของเชื้อโรคภายในห้อง ป้องกันจุดอับชื้นภายในห้อง ซึ่งควรมีค่าความชื้นที่เหมาะสม คือ ไม่เกิน 50-60 %RH และอุณหภูมิประมาณ 25 องศาเซลเซียส และควรจัดการห้องให้มีความสะอาด และเป็นที่สะสมฝุ่น ไม่ว่าจะเป็นอุปกรณ์สานักงาน เครื่องมือ พื้น เพดาน ผนัง ท่อลม และพัดลม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระบบปรับอากาศไม่ควรมีพื้นที่ผิวที่มีน้ำขังและเปียกชื้น

7. การฆ่าเชื้อโรคในอากาศ การใช้แสงอัลตราไวโอเลตฆ่าเชื้อ (UVGI–Ultraviolet Germicidal Irradiation) เป็นวิธีการที่ได้รับการศึกษาและใช้กันมานาน รังสี UV เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีช่วงคลื่น 100-400 nm, สาหรับหลอดรังสี UV ที่มีผลิตขายเพื่อใช้ในการฆ่าเชื้อ จะมีความยาวคลื่น 254 nm ซึ่งเป็น UV-C UVGI สามารถนำมาใช้ได้ 2 ลักษณะคือ การติดตั้งในเครื่องควบคุมอากาศปลอดเชื้อ และการติดตั้งอยู่ส่วนบนของห้อง (Upper Room) การติดตั้งหลอดรังสี UV การติดตั้งในเครื่องควบคุมอากาศปลอดเชื้อ จะฆ่าเชื้อในอากาศที่ผ่านฟิลเตอร์ก่อนที่จะผ่านหลอดรังสี UV จ่ายเข้ามาในห้อง หากติดตั้งอย่างถูกต้องแล้ว อันตรายจากแสง UV ในเครื่องควบคุมอากาศปลอดเชื้อ จะมีเฉพาะในช่วงการเปิดเข้าไปบำรุงรักษา ดังนั้นจึงต้องมีคำเตือนติดประกาศไว้บริเวณใกล้เคียง ให้ปิดหลอด UV ก่อนที่จะเข้าไปบำรุงรักษาการติดตั้งหลอด

การเคลื่อนที่ของอากาศ

ระดับของสิ่งปนเปื้อนที่แพร่กระจายอยู่ในโรงพยาบาลซึ่งเกิดจากหนึ่งในกิจกรรมปกติที่ต้องปฏิบัติทุกวันในโรงพยาบาล จำนวนของแบคทีเรียในทางเดินแสดงให้เห็นว่าสิ่งปนเปื้อนสามารถแพร่กระจายจากจุดหนึ่งไปยังจุดหนึ่งได้เนื่องจากการแพร่กระจายของแบคทีเรียเกิดจากกิจกรรมที่จำเป็นต้องทำทุกๆวันในโรงพยาบาล ระบบปรับอากาศจึงมีหน้าที่ทำให้การเคลื่อนที่ของอากาศช่วยจำกัดการแพร่ของสิ่งปนเปื้อน กระแสอากาศในทิศทางที่ไม่พึงประสงค์เป็นสิ่งที่ควบคุมได้ยากเนื่องจากมีช่องเปิดบริการ, มีการเปิดประตู, มีการเคลื่อนที่ของเจ้าหน้าที่และคนไข้, มีอุณหภูมิแตกต่างซึ่งก่อให้เกิดการเคลื่อนที่ของอากาศตามธรรมชาติ และยังมีช่องเปิดบริการในแนวตั้งเช่น ปล่องลิฟต์, ช่องส่งของระหว่างชั้น, ช่องท่อ (Mechanical Shaft) ซึ่งเสริมให้มีการเคลื่อนที่ของอากาศระหว่างชั้นอีกด้วย ถึงแม้ว่าบางปัจจัยจะไม่สามารถควบคุมได้ แต่ก็มีบางปัจจัยที่ช่วยจำกัดการเคลื่อนที่ของอากาศได้ โดยการออกแบบและปรับสมดุลระบบจ่ายลมเพื่อให้เกิดความดันเป็นบวกและลบตามความต้องการของแต่ละพื้นที่ ระบบสำหรับห้องที่มีความเข้มข้นของสิ่งปนเปื้อนสูง ควรได้รับการออกแบบให้มีความดันเป็นลบเมื่อเทียบกับพื้นที่รอบ ๆ (มีความดันต่ำกว่าพื้นที่รอบ ๆ) ความดันเป็นลบทำได้โดยจ่ายลมเข้าไปในห้องน้อยกว่าการระบายลมออก (CDC 1994) เมื่อมีความดันเป็นลบจะมีกระแสอากาศถูกดูดผ่านกรอบประตูหรือช่องเปิดบริการอื่นๆเข้าไปในห้องซึ่งจะป้องกันไม่ให้มีสิ่งปนเปื้อนภายในห้องไหลสวนทางออกไปได้ สำหรับห้องปลอดเชื้อ ห้องสะอาดจะต้องมีความดันเป็นบวกเมื่อเทียบกับบริเวณรอบๆ (ความดันมากกว่าบริเวณรอบๆ) เพื่อป้องกันไม่ให้

กระแสอากาศที่มีสิ่งปนเปื้อนไหลเข้าไปในห้องได้ อย่างไรก็ตาม กรอบประตูจะต้องไม่มีรอยรั่วมากเกินไป และต้องไม่มีช่องเปิดบริการอื่นๆ การเปิดประตูห้องหรือช่องเปิดบริการใดๆจะทำให้สูญเสียความดันทั้งหมดไปได้ และเมื่อมีการเปิดประตูอาจจะมีอากาศส่วนหนึ่งไหลเข้าและ ออกจากห้องตามธรรมชาติเนื่องมาจากอุณหภูมิที่แตกต่างกันระหว่างห้อง สำหรับห้องที่ต้องการรักษาความดันในขณะที่มีคนเข้าออกจากห้อง ควรจะต้องมีประตูสองชั้นเพื่อปิดกันอากาศ (Air lock)

คุณภาพอากาศภายในโรงพยาบาล

สถานพยาบาลเป็นแหล่งของการแพร่กระจายเชื้อโรคที่ปนเปื้อนในอากาศมากที่สุด จึงต้องมีระบบการจัดการที่ถูกต้องตามหลักการการจัดการของคุณภาพอากาศภายใน เพื่อให้คุณภาพอากาศภายในมีระบบการระบายอากาศอากาศที่ดี สามารถดำเนินการโดยอาศัยหลักการและวิธีการต่างๆ (จักรกฤษณ์ ศิวะเดชาเทพ, 2554 : ออนไลน์) ดังนี้

1. ปริมาณอากาศบริสุทธิ์ที่นำเข้ามาในอาคารนั้น ต้องไม่น้อยกว่าที่กำหนดใน ASHRAE Standard 62-1989 หรือมาตรฐานตามค่าแนะนำของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย หรือมาตรฐานของหน่วยงานของภาครัฐต่างๆ เพื่อให้อากาศบริสุทธิ์สามารถกระจายไปสู่ส่วนต่างๆ ของอาคารอย่างทั่วถึงและรวดเร็ว

2. ช่องนำอากาศบริสุทธิ์ (Fresh air grille) ควรอยู่ห่างจากบริเวณอากาศสกปรกภายนอกอาคาร เช่น ถนนที่มีการจราจรหนาแน่นที่จอดรถหรือบริเวณขนถ่ายสินค้า, ท่อไอเสียของหม้อไอน้ำ (Boiler) เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

3. ช่องระบายอากาศออกจากอาคาร (Exhaust air grille) ควรอยู่ห่างจากช่องอากาศบริสุทธิ์ไม่น้อยกว่า 9 เมตร หรืออยู่ที่กำแพงคนละด้านโดยคำนึงถึงทิศทางลมในแต่ละฤดูกาลหรือผลจากลมที่ปะทะกับอาคาร ข้างเคียงประกอบด้วยเพื่อป้องกันมิให้อากาศสกปรกไหลย้อนกลับเข้าสู่ตัวอาคารอีก

4. การควบคุมการทำงานของระบบปรับอากาศ โดยมีการนำอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกเข้ามาอย่างเพียงพอในขณะที่ยังมีคนทางานอยู่ในอาคาร และเพื่อระบายอากาศสกปรกที่ยังตกค้างอยู่ให้หมด ควรติดตั้งพัดลมดูดอากาศเสียออกจากบริเวณของอาคารที่มีอากาศสกปรกมาก โดยรักษาความดันอากาศในห้องที่สกปรกให้ต่ำกว่าห้องข้างเคียง (Negative Pressure) เพื่อป้องกันมิให้สิ่งสกปรกกระจายไปสู่ส่วนอื่นๆของอาคาร และระบบปรับอากาศที่ดีนั้นต้องสามารถใช้งานและบำรุงรักษาได้ง่ายและสะดวกโดยเฉพาะส่วนที่ชื้นและมีน้ำขังอยู่เป็นประจำ และเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพแนะนำให้ ติดตั้งระบบกรองอากาศที่เหมาะสมสำหรับอากาศบริสุทธิ์และอากาศหมุนเวียนในอาคารแผ่นกรอง (HEPA Filter) พร้อมการติดตั้งเครื่องฟอกอากาศ หรือหลอดฆ่าเชื้อ

การระบายอากาศในพื้นที่นั้น เป็นสิ่งสำคัญที่จะชี้วัดคุณภาพอากาศภายในได้เป็นอย่างดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสถานพยาบาลอัตราของการระบายอากาศนั้นต้องมีอัตราตามที่กำหนดไว้ในเกณฑ์มาตรฐาน เพราะการระบายอากาศจะเป็นวิธีการควบคุมมลพิษทางอากาศโดยอาศัยหลักการเคลื่อนย้ายของอากาศโดยให้ไหลไปในทางทิศทางและความเร็วที่ต้องการ เพื่อให้มีลักษณะการไหลของกระแสลมที่มีรูปแบบที่ดี เพื่อการขจัดอากาศเสียออกไปจากพื้นที่ปฏิบัติงานและให้อากาศบริสุทธิ์ไหลเข้ามาแทนที่ ซึ่งมีความปลอดภัยต่อสุขอนามัยต่อผู้ปฏิบัติงาน

คุณภาพอากาศภายในโรงพยาบาลควรมีการจัดการเรื่องการระบายอากาศโดยรวม เพื่อการนำเอาอากาศที่ดีเข้ามาแทนที่อากาศที่มีการแพร่กระจายของเชื้อโรคเกิดขึ้น ซึ่งหลักการจัดการที่สำคัญได้แก่ การควบคุมการไหลของอากาศในพื้นที่ (Directional Airflow) โดยให้มีอัตราการถ่ายเทอากาศตามหลักเกณฑ์การระบายอากาศเพื่อการควบคุมเชื้อโรคและการระบายอากาศให้ครอบคลุมทั้งพื้นที่ ลดการเกิดพื้นที่อับลม หลักการระบายอากาศ

เพื่อการควบคุมการระบายเชื้อโรคนั้น ควรมีลักษณะของการระบายอากาศแบบเฉพาะที่จากแหล่งเชื้อโรคโดยตรงหรือบริเวณของการฟุ้งกระจายของเชื้อโรค ทิศทางการไหลของอากาศนั้น จะต้องเป็นไปตามหลักการระบายอากาศเพื่อป้องกันอันตรายจากเชื้อโรค ต้องทราบถึงอัตราของการเกิดของเชื้อโรคหรืออัตราการแพร่กระจายของเชื้อโรค ซึ่งสิ่งสำคัญต่อการไหลของอากาศเพื่อป้องกันการฟุ้งกระจายของเชื้อโรค การลดกระแสไหลวนเป็นลมหมุน (Eddy Air Flow) ในพื้นที่ เพราะจะส่งผลให้เพิ่มความเสี่ยงต่อการกระจายเชื้อในอากาศมากขึ้นตามจำนวนรอบหมุนของกระแสลม และควรมีอัตราการระบายอากาศในพื้นที่ตามหลักเกณฑ์มาตรฐานของการออกแบบการระบายอากาศสำหรับโรงพยาบาล เพื่อการควบคุมการแพร่กระจายเชื้อโรคในโรงพยาบาล การควบคุมทิศทางการไหลของอากาศจากจุดที่สะอาดมากไปยังจุดที่สะอาดน้อย และรูปแบบที่ช่วยส่งเสริมต่อการไหลของอากาศที่ดีเพื่อลดการเกิดกระแสการไหลวนของอากาศภายในพื้นที่ เพื่อลดความเสี่ยงต่อการฟุ้งกระจายของเชื้อโรค

ทฤษฎี มาตรฐาน และองค์ความรู้ ระบบปรับอากาศและระบายอากาศ

ระบบปรับอากาศและระบายอากาศ เป็นบริเวณที่มีการควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น คุณภาพของอากาศ ความดันอากาศ ทิศทางการไหล การหมุนเวียนของอากาศ และควบคุมการแพร่เชื้อโรคในพื้นที่ปฏิบัติงานให้มีคุณภาพดี ตลอดเวลาขณะทำงานของบุคลากร

การปรับอากาศเพื่อการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นของอากาศในบริเวณหนึ่งให้เป็นไปตามความต้องการ โดยทั่วไปแล้วการปรับอากาศสามารถแบ่งตามวัตถุประสงค์การใช้งานได้เป็น ๒ ประเภท

๑. การปรับอากาศเพื่อความเย็นสบาย เป็นการปรับอากาศที่มุ่งส่งเสริมความเย็นสบาย และเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของผู้คนที่อาศัยหรือทำงานอยู่ในที่บริเวณนั้นๆ

๒. การปรับอากาศเพื่อการอุตสาหกรรม เป็นการปรับอากาศเพื่อควบคุมสภาวะอากาศในการควบคุมกระบวน การการผลิต การเก็บรักษาผลผลิตต่างๆ

การปรับอากาศช่วยให้มนุษย์สามารถระบายความร้อนออกจากร่างกายในปริมาณที่พอเหมาะกับกระบวนการภายในร่างกาย ทำให้ร่างกายสามารถควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ ทำให้สภาวะอากาศสามารถควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น ความสะอาดได้ตามที่กำหนด ในส่วนการติดตั้งก็มีความสำคัญ การติดตั้งที่ไมถูกต้อง อาจจะไมสามารถประสบผลตามที่ต้องการได ดังนั้นในการติดตั้งวางตำแหน่งเครื่องปรับอากาศจึงเป็นสิ่งสำคัญพอๆกับการออกแบบระบบปรับอากาศ

โดยทั่วไปเครื่องปรับอากาศที่สามารถติดตั้งแบบแขวนใต้ฝ้าเพดานหรือแบบติดผนัง ที่สามารถซ่อมบำรุงเครื่องปรับอากาศได้สะดวก มีแผงกรองอากาศอย่างน้อยระดับPRE FILTER ที่สามารถกรองฝุ่นได้ไม่น้อยกว่า ๒๕-๓๐ เปอร์เซ็นต์ สามารถควบคุมอุณหภูมิอยู่ที่ประมาณ ๒๕ องศาเซลเซียสมีการเติมอากาศบริสุทธิ์และมีการระบายอากาศภายในพื้นที่ปฏิบัติงานออกสู่ภายนอกเพื่อให้มีการหมุนเวียนอากาศตลอดเวลาขณะทำงานของบุคลากรได้

การแพร่กระจายของเชื้อโรคที่สามารถติดต่อทางการหายใจ ช่องทางการแพร่กระจายเชื้อเข้าสู่ร่างกายจะแพร่กระจายได้หลายทาง อาทิ ทางการหายใจ ทางเดินอาหาร การแพร่กระจายทางอากาศ ละอองของเชื้อขนาดใหญ่จะตกลงบนพื้น ส่วนละอองขนาดเล็ก ๑-๕ ไมครอน จะสามารถแขวนลอยในอากาศเป็นเวลานานถึง ๒๔ ชั่วโมง ดังนั้นการดูแลเรื่องความปลอดภัยและสุขอนามัยของร่างกายตามมาตรฐานการควบคุมการแพร่กระจายของเชื้อโรคของสถานพยาบาล จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการจัดการเพื่อลดผลกระทบต่อทั้งตัวผู้ป่วยญาติและบุคลากรผู้ปฏิบัติงานในโรงพยาบาล

การควบคุมด้านสิ่งแวดล้อม เป็นมาตรการเพื่อลดการแพร่กระจายของเชื้อโรคโดยการลดความเข้มข้นของอนุภาคของเชื้อในอากาศ ใช้หลักการระบายอากาศ มีมาตรการ ๒ ระดับ

๑. การควบคุมขั้นแรก คือ การระบายอากาศแบบเฉพาะที่ หมายถึง การนำสารปนเปื้อนที่กำลังเคลื่อนที่จากแหล่ง สู่สิ่งแวดล้อมการทำงานไปจำกัดก่อนปล่อยอากาศสะอาดออกสู่บรรยากาศภายนอกโดยระบบระบายอากาศ ซึ่งถูกออกแบบมาเพื่อรวบรวมสารปนเปื้อนที่แหล่งหรือใกล้กับแหล่งของสารนั้น ก่อนที่สารจะฟุ้งกระจายหรือระเหยขึ้นสู่อากาศในระดับหายใจของผู้ปฏิบัติงาน ดังนั้น การระบายอากาศแบบเฉพาะที่จึงเป็นมาตรการควบคุมสารปนเปื้อนที่แหล่งที่มีประสิทธิภาพสูง และประหยัดพลังงาน เนื่องจากมีอัตราการไหลของอากาศออกสู่ภายนอกต่ำ จึงใช้พลังงานในการเคลื่อนอากาศต่ำ และทำให้สูญเสียความเย็นไปกับอากาศที่ระบายออกไปน้อย (ในกรณีที่ห้องทำงานมีเครื่องปรับอากาศ) เมื่อเปรียบเทียบกับการระบายอากาศแบบทั่วไป เช่น ในโรงพยาบาลจะเป็นการควบคุมที่แหล่งเชื้อ คือ จากบริเวณที่มีความเสี่ยงหรือความเข้มข้นสูงต่อการแพร่กระจายเชื้อ

๒. การควบคุมขั้นสอง คือ การควบคุมทิศทางการไหลของอากาศและการกรองอากาศ เพื่อให้อากาศมีอัตราการระบายอากาศเป็นไปตามมาตรฐานอัตราการระบายอากาศภายในและมีทิศทางของการระบายอากาศที่มีรูปแบบที่ดี และเอื้อต่อการลดการแพร่กระจายของเชื้อโรค

ระบบระบายอากาศ (Ventilation) คือ การจัดระบบการถ่ายเทอากาศจากภายนอกอาคารเข้ามาภายในอาคาร ส่วนการระบายอากาศ (Ventilation Air) หมายถึง ระบบการระบายอากาศที่ทำให้อากาศในระดับที่เป็นที่ยอมรับตามคุณภาพอากาศภายใน (Indoor Air Quality; IAQ) การระบายอากาศเป็นสิ่งที่จำเป็นที่จะต้องออกแบบเพื่อลดการเกิดกลิ่น ลดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ และลดมลสารพิษที่มากับอากาศ เช่น ฝุ่น ควัน และสารอินทรีย์ไอระเหย (Volatile Organic Compound; VOC) ระบบการกรองอากาศ (Filtration) ก็เป็นอีกวิธีหนึ่งที่ใช้ในการระบายอากาศโดยการกรองฝุ่น ละออง และควันให้อากาศมีความสะอาดแล้วจึงนาไปหมุนเวียนภายในอาคารนอกจากนี้การไหลของอากาศเข้ามาในอาคาร อาจจะเกิดการรั่วซึมเข้ามา (Infiltration) จากอากาศภายนอกที่ไม่อยู่ในการควบคุม หรือการใช้ระบบการระบายอากาศตามธรรมชาติที่ควบคุมไม่ได้ ต้องควบคุมความดันของอากาศในห้องให้เป็นไปตามจุดประสงค์ของการใช้สอยของกิจกรรมในพื้นที่ปรับอากาศ

การระบายอากาศแบ่งออกเป็น 2 ประเภท

1. การระบายอากาศแบบทั่วไป (General Exhaust Ventilation) หรือเรียกว่า เป็นการระบายอากาศเพื่อเจือจาง (Dilution Ventilation) การระบายอากาศประเภทนี้แบ่งได้เป็นอีก 2 ชนิด คือ

1) การระบายอากาศแบบธรรมชาติ (Natural ventilation) อาศัยธรรมชาติทำให้เกิดความดันบรรยากาศที่แตกต่างกันในสองพื้นที่ อากาศจึงเคลื่อนที่จากที่ซึ่งมีความดันบรรยากาศสูงไปยังที่ที่มีความดันบรรยากาศต่ำ ห้องหรือบริเวณมีผนังด้านนอกอย่างน้อยหนึ่งด้านโดยมีช่องเปิดสู่ภายนอกได้ ซึ่งจะต้องเปิดให้อากาศผ่านในขณะใช้สอยพื้นที่นั้นๆ ต้องมีพื้นที่ลมผ่านสุทธิไม่น้อยกว่าร้อยละ ๑๐ เมื่อเทียบกับพื้นที่ห้อง

2) การระบายอากาศโดยวิธีกล (Mechanism ventilation) การระบายอากาศโดยวิธีกล เป็นวิธีการระบายอากาศที่ต้องอาศัยอุปกรณ์หรือเครื่องกล เช่น พัดลมช่วยให้อากาศเคลื่อนไหวหมุนเวียน ใช้กับพื้นที่ใดก็ได้โดยให้มีพัดลมระบายอากาศคอยขับเคลื่อนอากาศเพื่อให้เกิดการนำอากาศออกสู่ภายนอกโดยมีอัตราไม่น้อยกว่าที่ระบุไว้ในกฎกระทรวงฯที่ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร

2. การระบายอากาศเฉพาะที่ (Local Exhaust Ventilation) เป็นการออกแบบมาเพื่อรวบรวมสารปนเปื้อนที่แหล่งกำเนิด หรือในกระบวนการผลิต ก่อนที่สารจะฟุ้งกระจายหรือระเหย ขึ้นสู่อากาศในระดับหายใจของผู้ปฏิบัติงาน ดังนั้น ระบบระบายอากาศเฉพาะที่จึงมีมาตรการควบคุมสารปนเปื้อนที่มีประสิทธิภาพสูง และ

ประหยัดพลังงานเนื่องจากมีอัตราการไหลออกสู่ภายนอกต่ำ จึงใช้พลังงานในการเคลื่อนที่อากาศต่ำ ซึ่งองค์ประกอบสำคัญในการระบายอากาศ มีดังนี้ 1.ฮูด (Hood) 2.ท่อนำอากาศ (Duct) 3. อุปกรณ์ทำความสะอาด (Air Cleaner) 4. พัดลม (Fan)

การระบายอากาศ เป็นวิธีการควบคุมมลพิษทางอากาศ ที่ได้ผลดียิ่งวิธีหนึ่ง โดยอาศัยหลักการเคลื่อนย้ายอากาศ ที่ปนเปื้อนด้วยมลพิษออกไปจากบริเวณ โดยให้ไหลไปในทิศทางและด้วยความเร็วที่ต้องการ ทำให้สามารถกำจัดมลพิษ ความชื้น กลิ่นรบกวน ให้ออกไปจากที่ปฏิบัติงานและให้ อากาศที่บริสุทธิ์หรืออากาศที่มีสมบัติที่ต้องการไหลเข้ามาแทนที่

การระบายอากาศเป็นวิธีการด้านวิศวกรรม เพื่อที่จะปรับปรุงหรือธำรงไว้ ซึ่งคุณภาพของอากาศในสิ่งแวดล้อมการทำงาน สิ่งปนเปื้อนในอากาศได้แก่ ฝุ่น ละออง ไอ สาร ก๊าซ

การระบายอากาศ หมายถึง การจัดการเคลื่อนย้ายอากาศด้วยปริมาณที่กำหนด ให้ไหลไปในทิศทางและด้วยความเร็วที่ต้องการ สามารถกำจัดมลพิษ ความชื้น กลิ่น รบกวน อื่นๆให้ออกไปจากที่ปฏิบัติงานและให้อากาศ บริสุทธิ์เข้ามาแทนที่

การระบายอากาศเป็นวิธีการด้านวิศวกรรม ที่มีความสำคัญมากต่องานด้านสุขศาสตร์จะปรับปรุงหรือธำรงไว้ ซึ่งคุณภาพของอากาศ ในสิ่งแวดล้อมการทำงาน การควบคุมสิ่งแวดล้อมการทำงาน โดยอาศัยหลักการไหลของอากาศ การไหลของอากาศอาจจะนำมาใช้เพื่อ การปรับอุณหภูมิของอากาศ ให้ร้อนหรือเย็น การขจัดสิ่งปนเปื้อนหรือสิ่งเจือปนในอากาศ การทำให้สิ่งปนเปื้อนในอากาศเจือจางลง การเพิ่มเติมอากาศสู่บริเวณงาน การระบายอากาศเป็นวิธีการที่จะช่วยลดระดับการได้รับหรือการคลุกคลี สิ่งปนเปื้อนในอากาศได้น้อยลงและการระบายอากาศยังสามารถช่วยป้องกันการสะสม

การระบายอากาศเป็นวิธีการที่มีความสำคัญอย่างยิ่ง ในบรรดามาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย จากสภาพแวดล้อมการทำงานทั้งนี้ เพื่อผลในด้านการป้องกัน อันตราย ที่อาจจะเกิดต่อสุขภาพอนามัยของ คนงานหรือบุคคลที่คลุกคลีหรือเกี่ยวข้องกับสิ่งปนเปื้อนในอากาศของห้องหรือบริเวณที่ทำงานแต่อย่างไรก็ตามประโยชน์และความสำคัญของการระบายอากาศนั้น มิได้มีเพียงเพื่อคุ้มครองสุขภาพของคนงานเท่านั้น แต่ยังรวมถึง

การระบายอากาศจะสามารถควบคุมระดับสิ่งปนเปื้อนในอากาศห้องทำงาน ให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่อสุขภาพของคนงานได้ เพราะโดยทั่วไปแล้ว ในหลายสถานที่มีสารแขวนลอยอยู่ในอากาศ ซึ่งหากมีการติดตั้งหรือจัดระบบการระบายอากาศที่เหมาะสมก็จะสามารถลดระดับความเข้มข้นของแขวนลอยในอากาศลงได้จนถึงระดับที่ปลอดภัย วิธีการระบายอากาศที่เหมาะสมจะสามารถดักเก็บฝุ่นหรือสิ่งปนเปื้อนในอากาศ

การระบายอากาศด้วยอัตราที่ต้องการจากตัวอาคารนั้น สามารถทำได้โดยวิธีการตามธรรมชาติ ซึ่งจำเป็นจะต้องจัดให้มีพื้นที่ทางเข้า-ออกของอากาศให้เพียงพอและเหมาะสมหรือโดยการใช้พัดลมระบายอากาศ ให้ประสิทธิภาพในการควบคุมดีกว่า เนื่องจากสามารถกำหนดอัตราการระบายอากาศและทิศทางการไหลของอากาศให้เป็นไปตามความประสงค์ได้ง่าย การจัดการ เพื่อให้อากาศ ซึ่งปนเปื้อนถูกถ่ายเทจากสถานประกอบการแล้วให้อากาศบริสุทธิ์จากภายนอกไหลเข้ามาทดแทน เพื่อทำให้สิ่งปนเปื้อนเจือจางลงตามความประสงค์นั้น สามารถทำได้ใน ๓ ลักษณะด้วยกัน คือ

๑. โดยการติดตั้งพัดลมให้ทำงานดูดอากาศออกแต่เพียงชนิดเดียว เมื่อพัดลมทำงานอากาศที่ปนเปื้อน จะถูกดูดออกไปจากสถานที่ด้วยอัตราที่กำหนด ผลที่ตามมาก็คือความดันอากาศภายในห้องนั้น จะ

ลดลง ดังนั้น อากาศบริสุทธิ์จากภายนอก ซึ่งมีความดันสูงกว่าจะไหลเข้ามาแทนที่ด้วยปริมาณที่เท่ากันผ่านทางช่อง เปิด (ประตู หน้าต่างและอื่นๆ) ของห้อง

๒. โดยการติดตั้งพัดลมให้ทำงานเป่าอากาศเข้าแต่เพียงชนิดเดียว เมื่อพัดลมทำงานอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกจะถูกเป่าเข้าไปในสถานประกอบการ ซึ่งจะทำให้ความดันอากาศภายในห้องเพิ่มมากขึ้น ดังนั้น อากาศซึ่งปน เปื้อนด้วยมลพิษจะถูกไล่ที่ออกไปตามช่องเปิดต่างๆของห้อง

๓. โดยการติดตั้งพัดลมให้พัดลมทำงานดูดอากาศออกและเป่าอากาศเข้าร่วมด้วยกัน ด้วยการจัดการแบบนี้ อากาศที่ปนเปื้อนและอากาศที่บริสุทธิ์ จะถูกเคลื่อนย้ายออกและเข้า โดยการทำงานของพัดลมด้วย อัตราที่ใกล้เคียงกัน

เนื่องจากมนุษย์ต้องอาศัยอยู่ภายในอาคาร เพื่อห่อหุ้มร่างกายจากแสงแดด ฝนและสภาวะอากาศที่แปรปรวนตามฤดูกาล มนุษย์มีความต้องการที่จะควบคุมสภาวะอากาศที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตโดยปราศจากผลกระทบ จากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศภายนอก ระบบปรับอากาศจึงถูกคิดค้นขึ้น เพื่อเป็นเครื่องอำนวยความสะดวกและสร้างสภาวะอากาศที่ก่อให้เกิดความสบายแก่มนุษย์ในแง่การ ควบคุมอุณหภูมิที่เหมาะสม

ความสบายของมนุษย์จะถูกกำหนดโดยปัจจัยต่างๆ ดังนี้

๑.๑ อุณหภูมิ อุณหภูมิของอากาศเป็นปัจจัยที่สำคัญที่มีผลต่อสุขภาพของมนุษย์ เนื่องจากอุณหภูมิของอากาศบริเวณโดยรอบร่างกายจะสร้างผลกระทบต่ออุณหภูมิร่างกายมนุษย์ ทั้งภายใน (core body temperature) และภายนอกร่างกายหรือที่เรียกว่า อุณหภูมิที่ผิวกาย (skin temperature) โดยปกติอุณหภูมิภายในร่างกายจะมีค่าค่อนข้างคงที่และแตกต่างกันไม่มากนักในแต่ละบุคคล โดยทั่วไปอุณหภูมิค่าเฉลี่ยภายในร่างกายมนุษย์จะมีค่าประมาณ ๓๗ องศาเซลเซียสและมีการแกว่งตัวขึ้นลงไม่เกิน ๐.๕ องศาเซลเซียส แต่สำหรับอุณหภูมิที่ผิวกายจะมีการแกว่งตัวในช่วงที่กว้างกว่า โดยทั่วไปจะมีค่าระหว่าง ๓๑ ถึง ๓๕ องศาเซลเซียส ขึ้นกับสภาวะแวดล้อมและกิจกรรมที่กำลังกระทำ

อุณหภูมิอากาศที่พอเหมาะสำหรับมนุษย์จะมีค่าประมาณ ๒๔ องศาเซลเซียส โดยมีช่วงความสบาย (comfort zone) ในช่วงบวก และลบ ๑.๕ องศาเซลเซียส จากค่าดังกล่าว โดยทั่วไปกระบวนการภายในร่างกายมนุษย์ จะมีการปรับสมดุลของอุณหภูมิภายในร่างกายตัวเอง เพื่อตอบรับกับสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิแตกต่างกัน เช่น ในกรณีอากาศร้อน ร่างกายจะเพิ่มอัตราการหมุนเวียนของโลหิตไปยังที่ผิวหนัง เพื่อให้เกิดการขับเหงื่อ เพื่อถ่ายเทความร้อนออกจากร่างกายและรักษาอุณหภูมิภายในร่างกาย ไม่ให้สูงขึ้นมากนักหรือในบางครั้ง ร่างกายต้องลดอัตราการหมุนเวียนของโลหิต เพื่อลดการสูญเสียความร้อนในร่างกายและเพิ่มกระบวนการเผาผลาญพลังงาน (metabolism) เพื่อรักษาอุณหภูมิในร่างกายในกรณีที่ต้องต่อสู้กับอากาศที่หนาวเย็น

กระบวนการเผาผลาญพลังงานภายในร่างกายจะเปลี่ยนแปลงไปตามวัย โดยจะพบว่าผู้สูงอายุที่มีวัยเกิน ๘๐ ปีจะมีการเผาผลาญพลังงานต่ำกว่าหนุ่มสาววัย ๒๐ ปี กว่า ๒๐% ดั้งนั้น ในสภาวะอากาศเดียวกัน ผู้สูงอายุ จะมีอุณหภูมิในร่างกายและอุณหภูมิที่ผิวหนังต่ำกว่าคนหนุ่มสาว จากผลดังกล่าวผู้สูงอายุจึงต้องการสภาวะอากาศที่มีอุณหภูมิอุ่นกว่าที่คนหนุ่มสาวต้องการประมาณ ๑ ถึง ๑.๕ องศาเซลเซียส

ร่างกายมนุษย์จะปลดปล่อยพลังงานตามกิจกรรมที่ทำ โดยมีช่วงของพลังงานความร้อนที่เกิดขึ้นตั้งแต่ ๔๐ วัตต์ สำหรับการนอนพักผ่อนและมากถึง ๔๔๐ วัตต์ สำหรับการเล่นบาสเกตบอล แต่เนื่องจากร่างกายต้องพยายามปรับสมดุล เพื่อรักษาอุณหภูมิในร่างกายไม่ให้แกว่งตัวมากนัก ดังนั้น กลไกในร่างกาย

มนุษย์จะต้องหาวิธีปลดปล่อยความร้อนออกจากร่างกาย เช่น ส่งผ่านความร้อนออกทางผิวหนัง, ทางเหงื่อ และทางการหายใจเป็นต้น

๑.๒ ความชื้น เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดความสบายกับมนุษย์ เช่น ถ้าเปรียบเทียบระหว่างห้องห้องที่มีอุณหภูมิเท่ากัน ผู้ที่อาศัยอยู่ในห้องที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่าจะรู้สึกสบายกว่าผู้ที่อาศัยอยู่ในห้องที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่า เนื่องจากสภาวะอากาศที่มีความชื้นต่ำกว่า จะทำให้เหงื่อที่ผิวกายระเหยสู่อากาศได้ง่ายขึ้น การระเหยของเหงื่อดังกล่าวจะช่วยลดความร้อนภายในร่างกายและทำให้ร่างกายรู้สึกเย็นสบายมากขึ้น

๑.๓ ปัจจัยอื่นๆ ที่สำคัญ

๑) เสื้อผ้าที่สวมใส่ซึ่งเป็นตัวกั้นกลางระหว่างผิวมนุษย์กับอากาศโดยรอบ โดยเสื้อผ้าจะทำหน้าที่เป็นทั้งฉนวนป้องกันความร้อน ความเย็น และยังเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการระเหยของเหงื่อของมนุษย์อีกด้วย

๒) ความเร็วลมที่ปะทะผิว เนื่องจากลมจะช่วยให้อัตราการระบายความร้อนออกจากผิวให้สูงขึ้น ทำให้อุณหภูมิที่ผิวหนังลดลง

๓) อุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวของวัตถุโดยรอบบริเวณที่มนุษย์ทำกิจกรรมหรืออาศัยอยู่ เช่น พื้นผิวที่มีอุณหภูมิสูงก็จะแผ่รังสีความร้อนสู่ร่างกายมนุษย์ ทำให้รู้สึกร้อน ขณะเดียวกันร่างกายจะแผ่รังสีความร้อนไปยังพื้นผิวที่เย็นกว่า ทำให้รู้สึกเย็นลงเป็นต้น

๔) ปัจจัยเฉพาะตัวบุคคล เช่น อายุ เพศ และความสามารถในการปรับตัวเข้ากับสภาวะอากาศต่างๆ ของแต่ละบุคคล รวมถึงอัตราการเผาผลาญพลังงานในร่างกาย เป็นต้น

ทฤษฎี แนวคิดและองค์ความรู้เกี่ยวกับความเสี่ยง

ความเสี่ยง (Risk) คือ โอกาสที่จะเกิดความผิดพลาด ความเสียหายหรือเหตุการณ์ที่ไม่พึงประสงค์หรือการกระทำใดๆ ที่อาจเกิดขึ้นภายใต้สถานการณ์ที่ไม่แน่นอน ซึ่งอาจเกิดขึ้นในอนาคตและมีผลกระทบหรือทำให้การดำเนินงานไม่ประสบความสำเร็จตามวัตถุประสงค์และเป้าหมาย

การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment) หมายถึง กระบวนการระบุความเสี่ยง การวิเคราะห์ความเสี่ยงและจัดลำดับความเสี่ยง โดยการประเมินจากโอกาสที่จะเกิด (Likelihood) และผลกระทบ (Impact)

๑. โอกาสที่จะเกิด (Likelihood) หมายถึง ความถี่หรือโอกาสที่จะเกิดเหตุการณ์ ความเสี่ยง

๒. ผลกระทบ (Impact) หมายถึง ขนาดความรุนแรงของความเสียหายที่จะเกิดขึ้นหากเกิดเหตุการณ์ความเสี่ยง

๓. ระดับของความเสี่ยง (Degree of Risk) หมายถึง สถานะของความเสี่ยงที่ได้จากประเมินโอกาสและผลกระทบของแต่ละปัจจัยเสี่ยงแบ่งเป็น ๕ ระดับ คือ สูงมาก สูง ปานกลาง น้อยและน้อยมาก

การบริหารความเสี่ยง (Risk Management) หมายถึง กระบวนการที่ใช้ในการบริหารจัดการให้โอกาสที่จะเกิดเหตุการณ์ความเสี่ยงลดลงหรือผลกระทบของความเสียหายจากเหตุการณ์ความเสี่ยงลดลงอยู่ในระดับที่องค์กรยอมรับได้ ซึ่งการจัดการความเสี่ยงมีหลายวิธีดังนี้

๑. การยอมรับความเสี่ยง (Risk Acceptance) เป็นการยอมรับความเสี่ยงที่เกิดขึ้น เนื่องจากไม่คุ้มค่า ในการจัดการควบคุมหรือป้องกันความเสี่ยง

๒. การลด/การควบคุมความเสี่ยง (Risk Reduction) เป็นการปรับปรุงระบบการทำงานหรือการออกแบบวิธีการทำงานใหม่เพื่อลดโอกาสที่จะเกิด หรือลดผลกระทบให้อยู่ในระดับที่องค์กรยอมรับได้

๓. การกระจายความเสี่ยงหรือการโอนความเสี่ยง (Risk Sharing) เป็นการกระจายหรือถ่ายโอนความเสี่ยงให้ผู้อื่นช่วยแบ่งความรับผิดชอบไป

๔. เลี่ยงความเสี่ยง (Risk Avoidance) เป็นการจัดการความเสี่ยงที่อยู่ในระดับสูงมากและหน่วยงานไม่อาจยอมรับได้ จึงต้องตัดสินใจยกเลิกโครงการ/กิจกรรมนั้น

การควบคุม (Control) หมายถึง นโยบาย แนวทางหรือขั้นตอนปฏิบัติต่างๆ ซึ่งกระทำเพื่อลดความเสี่ยงและทำให้การดำเนินบรรลุวัตถุประสงค์ แบ่งได้ ๔ ประเภท คือ

๑. การควบคุมเพื่อการป้องกัน (Preventive Control) เป็นวิธีการควบคุมที่กำหนดขึ้นเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความเสี่ยงและข้อผิดพลาดตั้งแต่แรก

๒. การควบคุมเพื่อให้ตรวจพบ (Detective Control) เป็นวิธีการควบคุมที่กำหนดขึ้นเพื่อค้นพบข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นแล้ว

๓. การควบคุมโดยการชี้แนะ (Directive Control) เป็นวิธีการควบคุมที่ส่งเสริมหรือกระตุ้นให้เกิดความสำเร็จตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ

๔. การควบคุมเพื่อการแก้ไข (Corrective Control) เป็นวิธีการควบคุมที่กำหนดขึ้นเพื่อแก้ไขข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นให้ถูกต้องหรือเพื่อหาวิธีการแก้ไขไม่ให้เกิดข้อผิดพลาดซ้ำอีกในอนาคต

ทฤษฎี มาตรฐาน และองค์ความรู้เกี่ยวกับห้องสะอาด

เทคโนโลยีห้องสะอาดและความสัมพันธ์กับการป้องกันด้านสุขอนามัย

จุดมุ่งหมายในการใช้เทคโนโลยีการปรับอากาศสำหรับห้องสะอาดในโรงพยาบาลก็เพื่อป้องกันการติดเชื้อ การแพร่กระจายของเชื้อโรคจากผู้ป่วยคนหนึ่งไปยังแพทย์ พยาบาล หรือผู้ป่วยคนอื่นๆ และในทางกลับกันจากบุคลากรทางการแพทย์ไปยังผู้ป่วย ดังนั้นการติดตั้งระบบปรับอากาศสำหรับห้องสะอาดไม่เพียงแต่ต้องการให้มีความสะดวกสบายเท่านั้น แต่ยังต้องรับประกันได้ว่าห้องต้องปราศจากฝุ่นผงเชื้อจุลินทรีย์ กลิ่น และแก๊สดมสลบด้วย แต่จะเน้นหนักไปที่เชื้อจุลินทรีย์มากที่สุด ซึ่งต้องอาศัยความรู้ที่เป็นพื้นฐานของการออกแบบ การก่อสร้าง การจัดการ และการบำรุงรักษาระบบห้องสะอาดดังที่จะกล่าวถึงต่อไป อะไรคือแหล่งของเชื้อจุลินทรีย์ที่พบในอากาศภายในโรงพยาบาลแหล่งของเชื้อจุลินทรีย์หลักๆมีดังนี้

- ถูกนำเข้ามาโดยอากาศภายนอกจากสิ่งแวดล้อมที่อยู่รอบๆ
- เกิดจากองค์ประกอบของระบบการจัดการอากาศที่ทำให้เชื้อราและอื่นๆเจริญเติบโตได้
- การแพร่กระจายโดยอาศัยคนเป็นพาหะ

ทั้งสามแหล่งนี้ร่วมกันผลิตเชื้อโรคภายในโรงพยาบาลซึ่งอาจมีลักษณะไม่เหมือนกันและทำให้เกิดปัจจัยเสี่ยงต่อความปลอดภัย เชื้อจุลินทรีย์บางชนิดในโรงพยาบาลอาจจะกลายเป็นเชื้อที่ดื้อยาได้ ซึ่งเป็นผลมาจากการเลือกสายพันธุ์เพื่อที่จะมีชีวิตอยู่รอด การติดเชื้อในโรงพยาบาลอาจมีสาเหตุมาจากเชื้อโรคสายพันธุ์เฉพาะในโรงพยาบาลที่ดื้อยาซึ่งทำให้การจัดการและควบคุมกระทำได้ยากเป็นพิเศษ

ข้อกำหนดระดับความสะอาดของอากาศในส่วนต่างๆของโรงพยาบาล

ห้องทำงานและวอร์ดในโรงพยาบาลได้ถูกจัดกลุ่มตามระดับความสะอาดโดยใช้มาตรฐานของระบบปรับอากาศทางด้านวิศวกรรม ตัวอย่างของการจัดกลุ่มของห้องโดยใช้เงื่อนไขต่างๆ เช่น การจัดกลุ่มของห้องในโรงพยาบาลโดยใช้เงื่อนไขตามแบบประเทศสวิสเซอร์แลนด์จะมีการจัดกลุ่มดังนี้

ห้องระดับ 1 เป็นห้องที่มีระดับเชื้อโรคต่ำมาก โดยมี 10 หน่วยการสร้างโคโลนี (cfu) ต่อลูกบาศก์เมตรหรือต่ำกว่า ได้แก่ ห้องผ่าตัดพิเศษสำหรับปลูกถ่ายอวัยวะต่างๆ ห้องศัลยกรรมกระดูกและหัวใจ วอร์ดที่ต้อการการดูแลอย่างเข้มงวดสำหรับการรักษาโดยวิธีสร้างภูมิคุ้มกัน ห้องสำหรับรักษาโรคมะเร็งในเม็ดเลือด (ลูคีเมีย) และการดูแลแผลที่ถูกไฟไหม้อย่างรุนแรง ห้องปฏิบัติการพิเศษสำหรับทำเซรุ่มและเตรียมของเหลวฉีดทั้งหลาย

ระบบห้องสะอาดสำหรับห้องระดับ 1 การไหลของอากาศต้องเป็นแบบ Laminar Flow เท่านั้น ต้องใช้ HEPA/ULPA Filter ทางด้าน Supply Air และ ใช้ Pre-filter ที่มีประสิทธิภาพการกรอง 30-40% และ 90-95% ตามาตรฐาน ASHRAE 52.1-1992 กับ Make-up air หรือใช้วิธี Spot protection หรือ Mini-environment เทียบได้ประมาณ Class ISO 5 ถึง 7 (100 ถึง 10,000)

ห้องระดับ 2 เป็นห้องที่มีระดับเชื้อโรคต่ำโดยมี 50-200 cfu ต่อลูกบาศก์เมตร ได้แก่ ห้องผ่าตัดซึ่งรวมถึงห้องสำหรับศัลยกรรมบาดแผลจากอุบัติเหตุห้องแอนทีหรือห้องพักรอก่อนผ่าตัด (Ante-room) ระเบียงหรือทางเดินในแผนกผ่าตัด แผนกทารกที่คลอดก่อนกำหนดและหน่วยที่ดูแลเกี่ยวกับการคลอด วอร์ดที่ดูแลด้านศัลยกรรม แผนกที่เกี่ยวกับแผลไฟไหม้

ระบบการไหลของอากาศเป็นแบบ Turbulent Flow ต้องใช้ HEPA Filter ทางด้าน Supply Air โดยมีอัตราการเปลี่ยนอากาศ 10-20 Air change ต่อชั่วโมง ควรใช้ Pre-filter ที่มีประสิทธิภาพการกรอง 30-40% และ 80-90% ตามมาตรฐาน ASHRAE 52.1-1992 ก่อนถึง HEPA filter การไหลของอากาศในลักษณะนี้อาจจะก่อให้เกิดความเข้มข้นของเชื้อโรคได้ถึง 200 cfu ต่อลูกบาศก์เมตร เทียบได้ประมาณ Class ISO 8 ถึง 8.7 (100,000 ถึง 500,000)

ห้องระดับ 3 เป็นห้องที่มีระดับเชื้อโรคปกติคือมี 200-500 germs หรือ เชื้อจุลินทรีย์ต่อลูกบาศก์เมตร เช่น ห้องคลอดและหน่วยทารกแรกเกิดห้องปลอดเชื้อ วอร์ดพยาบาล ห้องเปลี่ยนเสื้อผ้า ห้องฉายรังสีเอ็กซ์หรือรังสีที่ใช้ในการรักษาต่างๆ ห้องควบคุม ห้องนวดทางกายภาพบำบัด ห้องชำแหละ ห้องปฏิบัติการระเบียงต่างๆ ครัว ห้องซักรีด

ห้องระดับ 3 นี้สามารถใช้ระบบปรับอากาศธรรมดาพร้อม Air Filter ที่มีประสิทธิภาพการกรองฝุ่น 20-40 % ตาม ASHRAE 52.1-1992 ได้

ห้องระดับ 4 เป็นห้องที่อากาศมีสิ่งปนเปื้อนที่อาจจะเป็นอันตรายต่อสุขภาพอยู่ ได้แก่ วอร์ดติดเชื้อ ห้องที่ใช้การรักษาด้วยไอโซโทป

ระบบห้องสะอาดเป็นแบบ Turbulent Flow แต่ต้องใช้ HEPA Filter ทางด้าน Return Air ด้วย เพื่อป้องกันการแพร่กระจายของอนุภาคปนเปื้อนประเภทเชื้อจุลินทรีย์ อัตราการเปลี่ยนอากาศอยู่ระหว่าง 10-15 Air change ต่อชั่วโมง เทียบได้ประมาณ Class ISO 8.3 ถึง 8.7 (200000 ถึง 500000)

ห้องระดับ 5 เป็นห้องอื่นๆ เช่น ห้องน้ำ ห้องทำความสะอาด ห้องที่เก็บผ้าปูที่นอนใช้แล้ว ห้องเก็บศพ ห้องเก็บสัมภาระต่างๆ ห้องระดับ 5 นี้สามารถใช้ระบบปรับอากาศตามมาตรฐานทั่วไปได้

การใช้แผ่นกรองอากาศประสิทธิภาพสูง เช่น แผ่นกรองอากาศ HEPA มีความจำเป็นสำหรับห้องระดับ 1,2 และ 4 ในกรณีของห้องระดับ 1 และ 2 จะใช้แผ่นกรอง HEPA สำหรับกรองอากาศที่จ่ายเข้าห้อง ส่วนห้องระดับ 4 จะใช้กรองอากาศที่นำกลับออกมาจากห้องเพื่อป้องกันการแพร่กระจายของอนุภาคปนเปื้อนประเภทเชื้อจุลินทรีย์การใช้แผ่นกรองอากาศประสิทธินี้จะทำให้สามารถขจัดเชื้อโรคที่อาจเพิ่มขึ้นเนื่องจากสภาวะความชื้นของอากาศที่ถูกส่งมาจากเครื่องปรับอากาศได้ด้วย

ปัญหาอีกอย่างหนึ่งของห้องสะอาดในโรงพยาบาลซึ่งมักจะไม่ได้รับการแก้ไข คือ การควบคุมเชื้อโรคที่ถูกปล่อยเข้าสู่อากาศในห้องผู้ป่วยโดยคนที่อยู่ในห้อง ซึ่งอัตราการปล่อยเชื้อโรคของคนในโรงพยาบาลจะสูงขึ้น 1,000 cfu ต่อลูกบาศก์เมตรต่อนาที ซึ่งอาจจะมากหรือน้อยกว่านี้ก็ได้โดยขึ้นอยู่กับเสื้อผ้าที่สวมใส่และกิจกรรมที่ทำ

ห้องสะอาด (Clean rooms) หมายถึง ห้องหรือบริเวณปิดที่มีการควบคุมสภาวะแวดล้อมภายในห้องซึ่งได้แก่ อนุภาคแขวนลอยในอากาศ จุลินทรีย์ต่างๆ รูปแบบการไหลของอากาศ อุณหภูมิ ความดัน ความชื้น ความสั่นสะเทือน แสงสว่าง เป็นต้น ซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนว่าห้องสะอาดก็คือห้องที่มีการควบคุมปัจจัยต่างๆ ให้มีเงื่อนไขตามที่เราต้องการ สำหรับ ISO (International Organization for Standardization) Standard 14644-1 ได้ให้คำนิยามของห้องสะอาดไว้ว่า “ห้องซึ่งมีการควบคุมความเข้มข้นของอนุภาคแขวนลอยในอากาศ และถูกสร้างขึ้นและใช้งานในลักษณะที่ทำให้มีการนำเข้ามา การทำให้เกิดและการเก็บกักอนุภาคทั้งหลายไว้ภายในห้องให้น้อยที่สุด และเป็นห้องซึ่งมีการควบคุมปัจจัยอื่นๆที่เกี่ยวข้อง เช่น อุณหภูมิ ความชื้น และความดันตามที่จำเป็น”

จะเห็นได้ว่าคำนิยามของห้องสะอาดตาม ISO จะเน้นถึงการควบคุมขนาดและความเข้มข้นของอนุภาค อุณหภูมิ ความชื้น และความดันของห้อง เป็นปัจจัยหลัก ปัจจัยอื่นๆ ที่อาจจำเป็นต้องมีการควบคุม คือ ความสั่นสะเทือน สีและความเข้มของแสงไฟห้องสะอาดที่ได้รับการควบคุมดังกล่าวนี้จะใช้ในอุตสาหกรรมการผลิต

นอกจากห้องสะอาดทางอุตสาหกรรมแล้ว ยังมีห้องสะอาดซึ่งมีปัจจัยที่ต้องควบคุมเพิ่มขึ้นอีก เช่น ห้องสะอาดที่ต้องควบคุมขนาดและความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์ภายในห้อง ห้องสะอาดที่ต้องควบคุมการไหลของอากาศเพื่อมิให้เกิดการปนเปื้อนข้ามเขตระหว่างผลิตภัณฑ์ (Cross contamination) เช่น การผลิตยา การทดลองด้านพันธุกรรม เป็นต้น ป้องสะอาดดังกล่าวนี้มีชื่อเรียกว่า Biological Cleanrooms (BCR) หรือห้องสะอาดทางชีวภาพ

อนุภาคแขวนลอยในอากาศซึ่งห้องสะอาดมีหน้าที่ต้องกำจัดออกไปนั้นเป็นสสารจำพวกของแข็งของเหลวและก๊าซที่ปนเปื้อนและมีการกระจายตัวเป็นอย่างดีจนเป็นเนื้อเดียวกันกับอากาศ และมีการเคลื่อนย้ายไปพร้อมการเคลื่อนไหวของอนุภาคอากาศด้วย สสารเหล่านี้มีที่มา 2 แหล่ง ได้แก่

1.สสารที่ถูกนำพาเข้ามาภายในห้องปฏิบัติงานจากภายนอกโดยปนมากับอากาศจ่ายเข้า และการไหลเวียนของอากาศในระบบปรับอากาศ

2. อนุภาคที่ถูกปลดปล่อยออกมาจากเครื่องจักร กระบวนการผลิต เสื้อผ้าและคนที่ทำงานภายในห้องสะอาดนั้น

โดยปกติแล้วอากาศจะเป็นพาหะนำสิ่งปนเปื้อนต่างๆ ซึ่งเกิดเองตามธรรมชาติ อนุภาคของสิ่งปนเปื้อนเหล่านี้เกิดจากกระบวนการเปลี่ยนแปลงสภาวะอากาศ เช่น การกัดกร่อนจากลม การระเบิดของภูเขาไฟ ไฟป่า การแตกตัวเป็นละอองของน้ำ และจากปรากฏการณ์ธรรมชาติอื่นๆอีก นอกจากนั้นสิ่งปนเปื้อนในอากาศยังรวมถึงอนุภาคของสิ่งมีชีวิตเล็กๆ ที่อาจจะมีอยู่ในอากาศด้วย เช่น แบคทีเรีย ไวรัส เชื้อรา และเกสรดอกไว้ เป็นต้น ตาราง 1 แสดงถึงขนาดโดยเฉลี่ยของอนุภาคแขวนลอยต่างๆในอากาศ

ตาราง 1 ขนาดของอนุภาคแขวนลอยชนิดต่างๆ

ชื่อสาร	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของของอนุภาค,µm
ละอองน้ำตามธรรมชาติ	60 – 500
หมอกตามธรรมชาติ	2 - 60
ละอองเกสรดอกไม้	10 – 100
แป้งทาตัว	0.5 – 50
แบคทีเรีย	0.3 – 35
สปอร์ของพืช	10 – 35
ละอองของยาฆ่าแมลง	0.5 - 10
ขี้เถ้าจากเตาไฟ	10 - 800
ผงเผาไหม้ของถ่านหิน	1 - 50
ฝุ่นจากการหล่อโลหะ	1 – 1,000
ผงปูนซีเมนต์	3 - 100
ฝุ่นผงโลหะ	0.5 - 100
ฝุ่นผงที่เป็นอันตรายต่อปอด	0.5 - 5
ควันจากไอน้ำมัน	0.1 – 1.0
ควันจากเรซิ่น	0.01 – 1.0
ควันบุหรี่	0.01 – 1.0
ไวรัส	0.003 – 0.05
เส้นผมมนุษย์	35 - 200

ที่มา : American industrial Hygiene Association

ภายในห้องปฏิบัติงาน นอกเหนือจากเครื่องจักรและกระบวนการผลิตแล้วยังมีอีกหลายปัจจัยที่สามารถปลดปล่อยอนุภาคแขวนลอยออกมาในปริมาณที่มากได้ ที่น่าสังเกตเป็นอย่างยิ่ง คือ กระบวนการผลิตประเภทการประกอบที่ต้องมีการขัดถูทุกประเภทและพวกปฏิกิริยาเคมี

ถึงแม้ว่าผู้ปฏิบัติงานจะปฏิบัติงานจะปฏิบัติงานภายในห้องที่มีการเคลื่อนไหวร่างกายน้อยแต่ก็ยังสามารถปลดปล่อยอนุภาคแขวนลอยหรือฝุ่นซึ่งมีขนาดใหญ่ตั้งแต่ 0.3 µm ได้ประมาณ 100,000 อนุภาคภายในเวลา 1 นาที รวมทั้งยังสามารถปลดปล่อยสิ่งมีชีวิตจำพวกแบคทีเรียและสปอร์ของเชื้อราออกจากร่างกายได้เกินกว่า 1,000 อนุภาคต่อนาทีนอกจากนี้ในระหว่างทำกิจกรรมที่ต้องมีการเคลื่อนไหวร่างกายจำนวนอนุภาคที่ปลดปล่อยออกมาจากร่างกายต่อหน่วยเวลานั้นยังเพิ่มขึ้นจากเดิมอีกหลายร้อยเท่าด้วย

การติดตั้งระบบห้องสะอาดมีความจำเป็นเพื่อใช้ในการปกป้องผลิตภัณฑ์จากผลร้ายข้างเคียงที่อาจจะก่อให้เกิดสิ่งขึ้นได้จากอนุภาคฝุ่นและสิ่งปนเปื้อนในอากาศที่ถูกปลดปล่อยออกมาเหล่านี้ ตัวอย่างของผลข้างเคียงที่อาจก่อให้เกิดผลร้ายต่างๆ มีดังนี้

- เชื้อจุลินทรีย์ทำให้เกิดการติดเชื้อของบาดแผลในการทำศัลยกรรม
- เชื้อจุลินทรีย์ทำให้การเตรียมแบบปลอดเชื้อ (Sterile preparation) เช่น การเตรียมสารละลายที่ใช้ฉีดเข้าในเส้นเลือดเกิดการปนเปื้อนได้
- เชื้อจุลินทรีย์ทำให้เกิดการเน่าเปื่อยของอาหารเร็วกว่ากำหนด

หน่วยของขนาดของอนุภาค

หน่วยสากลในการวัดขนาดของอนุภาค คือ ไมครอน (Micron หรือ Micrometer µm) ขนาด 1 µm คือ 10^{-6} เมตร หรือประมาณ 0.00004 นิ้ว เส้นผมของมนุษย์มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 30 ถึง 200 µm และมีขนาด 100 µm โดยเฉลี่ยส่วนอนุภาคสารแขวนลอยในอากาศมีขนาดตั้งแต่ 0.001 ถึง 1,000 µm โดยอนุภาคขนาดใหญ่จะมีช่วงเวลาแขวนลอยสั้นมากและขนาดอนุภาคขนาดเล็กจะมีช่วงเวลาแขวนลอยนาน ตัวอย่างเช่น อนุภาคขนาด 100 µm จะตกลงมา 1 เมตรภายในเวลาประมาณ 3 วินาที แต่อนุภาคขนาด 10 µm จะใช้เวลาประมาณ 5 นาที ส่วนอนุภาคขนาดเล็กมากจนถึง 0.001 µm จะถูกกำหนดขนาดโดยขนาดโมเลกุล

โดยทั่วไปห้องสะอาดในช่วงทศวรรษ 1970 สามารถควบคุมขนาดของอนุภาคอยู่ในระดับ 0.5 µm เท่านั้น ในช่วงทศวรรษ 1980 สามารถควบคุมอยู่ในระดับ 0.3 µm และในตอนต้นของปี ค.ศ. 1990 ระบบห้องสะอาดสามารถควบคุมขนาดอนุภาคได้เล็กถึง 0.1 µm และลดลงเหลือขนาด 0.05 µm ในช่วงปลายทศวรรษ 1990 เป็นต้นมา

สภาวะต่างๆภายในห้องสะอาด

อุณหภูมิ การควบคุมอุณหภูมิสำหรับห้องสะอาดโดยทั่วไปจะมีความละเอียดกว่าห้องปรับอากาศธรรมดา ห้องสะอาดทั่วไปที่ไม่เข้มงวดมากนักจะควบคุมอุณหภูมิในห้องอยู่ที่ 22.2 ± 2.2°C (72±0.5°F)

ความชื้นสัมพัทธ์ ช่วงของความชื้นสัมพัทธ์ขึ้นอยู่กับความต้องการของผลิตภัณฑ์ในการควบคุมความชื้นซึ่งมีข้อควรต้องระวังอยู่ 2 ประการ คือ การเป็นสนิมของชิ้นส่วน อาจจะเกิดขึ้นได้เมื่อความชื้นสัมพัทธ์สูงเกินกว่า 50% ในทางกลับกันถ้าความชื้นสัมพัทธ์ต่ำเกินไปอาจทำให้เกิดประจุไฟฟ้าสถิตในวัสดุที่หรือชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่ ซึ่งอาจก่อให้เกิดปัญหาต่างๆและคุณภาพ โดยทั่วไปเราจะควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ของห้องไว้ที่ 50±10%

ความดัน สำหรับห้องสะอาด เราจะต้องรักษาความแตกต่างของความดันภายในห้องสะอาดกับภายนอกห้องให้เป็นบวกอยู่เสมอเพื่อไม่ให้อากาศสกปรกจากภายนอกเข้ามาภายในห้องสะอาดได้ ค่าความแตกต่างของความดันที่มีค่าประมาณ 25 Pa (0.1นิ้วน้ำ) จะเพียงพอสำหรับงานเกือบทุกชนิด แต่ถ้าห้องสะอาดมีการเชื่อมต่อกับห้องสะอาดอื่นๆด้วยก็ต้องออกแบบปรับความดันให้สูงมากขึ้นตามความเหมาะสม ความแตกต่างของความดันระหว่างแต่ละห้องควรจะไม่น้อยกว่า 12.5 Pa (0.05 นิ้วน้ำ) โดยห้องที่มีระดับความสะอาดสูงสุดจะมีความดันสูงสุดและลดหลั่นกันลงมาทีละ 12.5 Pa ตามระดับความสะอาดของห้อง ในกรณีของห้องสะอาดทางชีวภาพบางประเภทหรือการผลิตและทดลองทางชีวภาพที่อาจมีอันตรายต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมได้เราจะต้องรักษาความดันของห้องให้ต่ำกว่าบริเวณรอบๆห้อง ทั้งนี้เพื่อมิให้ปนเปื้อนกระจายออกไปสู่ภายนอกโดยที่ยังมิได้จำกัด เช่น การผลิตฮอร์โมน วัคซีนบางประเภท เป็นต้น

เสียง ควรจะมีการควบคุมระดับเสียงในห้องสะอาดให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมที่ผู้ซึ่งปฏิบัติงานอยู่สามารถติดต่อสื่อสารกันได้ดีโดยไม่ต้องใช้เสียงดังและไม่เกิดความเสียหายแก่ผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิต เพราะถ้ายิ่งพูดเสียงดังก็จะยิ่งปล่อยอนุภาคต่างๆออกมาจากปากมากขึ้น อันเป็นสาเหตุหนึ่งที่จะไปเพิ่มการปนเปื้อนในห้องสะอาด

วัสดุ วัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างห้องสะอาดทุกประเภทจะต้องไม่เป็นที่สะสมของสิ่งสกปรกได้ง่าย ปราศจากหลุม รูพรุน รอยแตก ผิวไม่ขรุขระ คุณสมบัติของวัสดุที่ควรจะมีคือ ทนทานต่อการสึกหรอจากการใช้งาน ไม่สะสมประจุไฟฟ้าสถิต สามารถซ่อมแซมและถอดเปลี่ยนได้สะดวก มีมิติคงที่ ไม่เปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิและความชื้น สามารถเชื่อมต่อกับวัสดุอื่นได้สนิทดี เมื่อวัสดุเสื่อมคุณภาพต้องไม่มีผลต่อสิ่งแวดล้อม มีคุณสมบัติการดูดซับเสียงตามต้องการ มีคุณสมบัติเหมาะกับอุณหภูมิที่ควบคุมของห้องมีความเป็นฉนวน กันการซึมผ่านของไอน้ำได้ตามต้องการ สามารถสร้างเป็นรูปร่างต่างๆตามต้องการได้ง่าย

อนุภาคจากสิ่งปนเปื้อน

สิ่งปนเปื้อนที่เกิดตามธรรมชาติ ได้แก่ แบคทีเรีย เชื้อรา ยีสต์ เป็น การเคลื่อนที่ของอนุภาคในอากาศเป็นแบบกระจัดกระจาย โดยมีผลกระทบจากกระแสอากาศหรือความปั่นป่วนที่เกิดจากการเดินไปมา อนุภาคบางส่วนจะตกลงสู่พื้นอย่างช้าๆ แต่บางส่วนอาจจะลอยอยู่ตลอดไป ฉะนั้นกลไกลหลักการที่ใช้ในการออกแบบห้องสะอาดจึงมีอยู่ 3 ประการคือ การกรองออก การบังคับให้อนุภาคมีการเคลื่อนที่ไปอย่างมีระเบียบตามทิศทางที่ต้องการ และการทำความเข้มข้นของอนุภาคเจือจางลง

การปลดปล่อยอนุภาคเชิงชีวภาพ

ตาราง 2 แสดงจำนวนและขนาดของแบคทีเรียซึ่งแพร่ออกจากร่างกายภายใต้สภาวะต่างๆกัน ค่าในตารางแสดงถึงจำนวนอนุภาคที่ถูกปลดปล่อยอนุภาคแบคทีเรียจากผู้ปฏิบัติการต่อนาที

เงื่อนไข	จำนวนแบคทีเรียที่แขวนลอย
ปฏิบัติการดี	5,000
ปฏิบัติการดีปานกลาง	10,000
ปฏิบัติการไม่ดี	50,000
บุคลากรในห้องปฏิบัติการ	
มีกิจกรรมเบาๆ	4,000
มีกิจกรรมปานกลาง	8,000
มีกิจกรรมมาก	15,000

อนุภาคจุลชีวะต่างๆ

ภายในห้องสะอาดเราต้องคำนึงถึงอนุภาคของสารแขวนลอยในอากาศที่เป็นสิ่งมีชีวิตเป็นพิเศษ แบคทีเรียจะถูกนำเข้ามาในห้องสะอาดโดยติดมากับผิวหนัง การไอ จาม การหายใจ เหงื่อ และของเหลวต่างๆ จากร่างกาย หรืออาจเกาะติดมากับอนุภาคเล็กๆ หรือฝุ่นละออง หรือหลุดจากสารอินทรีย์ซึ่งเป็นแหล่งอาหารของแบคทีเรียก็ได้

เมื่อแบคทีเรียตกลงในบริเวณที่มีแหล่งอาหารและไม่ถูกรบกวนภายในเวลาไม่นานแบคทีเรียเหล่านั้นจะสามารถแบ่งตัวและแพร่กระจายต่อไปเป็นจำนวนมาก โดยธรรมชาติมักจะไม่พบแบคทีเรียอยู่ตามลำพัง แต่มักจะพบติดอยู่กับฝุ่นละอองขนาดใหญ่กว่าหรือบนหยดน้ำ แบคทีเรียทั่วไปที่พบภายในห้องสะอาดมีขนาดประมาณ 1 ถึง 3 μm การปนเปื้อนของแบคทีเรียในผลิตภัณฑ์อาจเกิดจากของเหลวที่มีการปนเปื้อนหรือโดยการสัมผัสกับผิวที่เปื้อนโดยตรง

ความเข้มข้นของอนุภาคแขวนลอยในอากาศในห้องๆหนึ่งจะขึ้นอยู่กับกิจกรรมที่ทำให้เกิดอนุภาคที่มีอยู่ภายในห้อง ถ้าห้องว่างเปล่าเราสามารถที่จะทำให้บรรลุผลในการมีความเข้มข้นของอนุภาคที่ต่ำมากๆได้ ความเข้มข้นนี้จะสะท้อนให้เห็นถึงคุณภาพของอากาศ ดังนั้นการจัดระบบของห้องสะอาดจึงอาจจะกระทำภายในสถานะของการใช้งานที่แตกต่างกันนี้ได้ ISO 14644-1 ได้ให้นิยามสถานะของการใช้งานเอาไว้ดังต่อไปนี้

1. สถานะ as built หมายถึงสถานะซึ่งการติดตั้งห้องสะอาดได้เสร็จสมบูรณ์พร้อมกับอุปกรณ์ห้องสะอาดต่างๆ ได้ถูกเชื่อมต่อและกำลังทำงานอยู่ แต่ยังไม่มีอุปกรณ์การผลิต วัสดุ หรือบุคลากรอยู่ภายในห้อง

2. สถานะ at-rest หมายถึงสถานะซึ่งการติดตั้งห้องสะอาดได้เสร็จสมบูรณ์พร้อมกับการติดตั้งอุปกรณ์การผลิตและอุปกรณ์ทั้งหลายกำลังทำงานอยู่ในลักษณะที่ได้ตกลงกันไว้ระหว่างผู้จ้างและผู้จัดหา แต่ไม่มีบุคลากรอยู่ภายในห้อง

3. สถานะ in operation หมายถึงสถานะซึ่งการติดตั้งห้องสะอาดได้เสร็จสมบูรณ์พร้อมอุปกรณ์การผลิตและอุปกรณ์ทั้งหลายกำลังทำงานอยู่ในลักษณะตามที่กำหนด พร้อมกับมีจำนวนบุคลากรที่ระบุอยู่ภายในห้องและกำลังทำงานอยู่ในลักษณะตามที่ได้ตกลงกันไว้

บทที่ ๓ วิธีการศึกษา

กลุ่มเป้าหมายที่ศึกษา

โรงพยาบาลชุมชนของสถานบริการสุขภาพที่เป็นภาคีเครือข่ายที่กำหนด ๑ จังหวัดต่อ ๑ โรงพยาบาล รวมทั้งสิ้น ๑๕ จังหวัด ๑๕ โรงพยาบาล

วันที่ดำเนินการเก็บข้อมูล

โรงพยาบาลที่ ๑ จังหวัดอ่างทอง	วันที่ ๘ - ๙ กุมภาพันธ์ ๒๕๖๑
โรงพยาบาลที่ ๒ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา	วันที่ ๙ - ๑๐ กุมภาพันธ์ ๒๕๖๑
โรงพยาบาลที่ ๓ จังหวัดสระบุรี	วันที่ ๕ - ๖ มีนาคม ๒๕๖๑
โรงพยาบาลที่ ๔ จังหวัดลพบุรี	วันที่ ๖ - ๗ มีนาคม ๒๕๖๑
โรงพยาบาลที่ ๕ จังหวัดปราจีนบุรี	วันที่ ๗ - ๘ มีนาคม ๒๕๖๑
โรงพยาบาลที่ ๖ จังหวัดนครนายก	วันที่ ๘ - ๙ มีนาคม ๒๕๖๑
โรงพยาบาลที่ ๗ จังหวัดนครปฐม	วันที่ ๒๖ - ๒๗ มีนาคม ๒๕๖๑
โรงพยาบาลที่ ๘ จังหวัดกาญจนบุรี	วันที่ ๒๗ - ๒๘ มีนาคม ๒๕๖๑
โรงพยาบาลที่ ๙ จังหวัดสุพรรณบุรี	วันที่ ๒๘ - ๒๙ มีนาคม ๒๕๖๑
โรงพยาบาลที่ ๑๐ จังหวัดราชบุรี	วันที่ ๒๙ - ๓๐ มีนาคม ๒๕๖๑
โรงพยาบาลที่ ๑๑ จังหวัดฉะเชิงเทรา	วันที่ ๖ - ๗ พฤษภาคม ๒๖๕๑
โรงพยาบาลที่ ๑๒ จังหวัดสระแก้ว	วันที่ ๗ – ๘ พฤษภาคม ๒๖๕๑
โรงพยาบาลที่ ๑๓ จังหวัดจันทบุรี	วันที่ ๘ - ๙ พฤษภาคม ๒๖๕๑
โรงพยาบาลที่ ๑๔ จังหวัดระยอง	วันที่ ๙ – ๑๐ พฤษภาคม ๒๖๕๑
โรงพยาบาลที่ ๑๕ จังหวัดชลบุรี	วันที่ ๑๐ – ๑๑ พฤษภาคม ๒๖๕๑

ช่วงเวลาที่เก็บข้อมูล

เก็บข้อมูลขณะที่มีการทำงานของเจ้าหน้าที่ในหน่วยจ่ายกลางตามปกติ เพื่อให้ได้ข้อมูลสภาวะการทำงานที่ใกล้เคียงกับการทำงานจริงมากที่สุด (สถานะ in operation ซึ่งการติดตั้งห้องพร้อมอุปกรณ์ได้เสร็จสมบูรณ์แล้วบุคลากรและอุปกรณ์ทั้งหลายภายในห้องกำลังทำงานอยู่ในลักษณะเป็นปกติ)

ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา

ปริมาณอนุภาคในอากาศ ขนาด ๐.๕ µm ($PT_{0.5}$) ในหน่วย PT/ft^3

ปริมาณอนุภาคในอากาศขนาด ๐.๓ µm ($PT_{0.3}$)ในหน่วย PT/ft^3

อุณหภูมิ (T) ในหน่วย องศาเซลเซียส ^{o}C

ความชื้นสัมพัทธ์ (ø) ในหน่วย %RH

ความดันแตกต่าง (dP) ในหน่วย Pa

เครื่องมือที่ใช้เก็บข้อมูล

๑. เครื่องนับจำนวนอนุภาค Particle Counter (TSI Model AERO TRAK APC ๙๓๐๓-๐๑)

๒. เครื่องวัดอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ (๓M Model EVM-Series)

๓. เครื่องวัดความดันแตกต่าง (Differential Pressure Gauge; TSI Model ๕๘๒๕)

๔. เครื่องวัดอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ (Data logger temperature and humidity Testo ๑๗๕ H๑)

การวัดวิเคราะห์

วัดผลและเก็บข้อมูลหน่วยจ่ายของโรงพยาบาลชุมชนโดยเก็บข้อมูลจำนวน ๕ บริเวณ

๑. บริเวณอ้างอิง ณ บริเวณทางเดินหน้าแผนกหน่วยจ่ายกลาง

๒. บริเวณรับ-ล้าง ทำความสะอาดเครื่องมือและอุปกรณ์

๓. บริเวณห้องจัด-ห่อชุดอุปกรณ์

๔. บริเวณเครื่องทำให้ปราศจากเชื้อ

๕. บริเวณห้องชุดอุปกรณ์ปราศจากเชื้อ

แผนภาพ ๑ แสดงลักษณะและตำแหน่งภายในหน่วยจ่ายกลาง

การวัดค่าและเก็บข้อมูล อนุภาคในอากาศ อุณหภูมิ ความชื้น ใช้การวัดโดยทั่วบริเวณการทำงานในแต่ละบริเวณแล้วหาค่าเฉลี่ยนำค่าที่ได้ไปเปรียบเทียบอ้างอิงกับบริเวณอ้างอิงทางเข้าหน่วยจ่ายกลางเพื่อหาผลต่างจากจุดอ้างอิง ในส่วนของความดันแตกต่างนั้นจะวัดเทียบความดันแตกต่างระหว่าง ๒ บริเวณที่อยู่ติดกัน

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้ศึกษาได้ใช้สถิติในวิเคราะห์แบบค่าร้อยละเพื่อนำเสนอข้อมูลที่วัดหรือจัดเก็บได้มาวิเคราะห์เป็นเปอร์เซ็นต์ร้อยละของกลุ่มตัวอย่างโรงพยาบาลชุมชน

การดำเนินการ

๔.๑ ศึกษารูปแบบหน่วยจ่ายกลางที่ใช้งานอยู่ โดยศึกษาโครงสร้างการออกแบบ ติดตั้ง ส่วนประกอบของห้องและระบบ ตำแหน่ง ทิศทางการไหลและการติดตั้งวัสดุอุปกรณ์ประกอบรวมทั้งศึกษาหลักการทำงานของระบบปรับอากาศและระบายอากาศในหน่วยจ่ายกลางที่ติดตั้งและใช้งานอยู่

๔.๒ รวบรวมข้อมูลด้านวิชาการ มาตรฐานและข้อกำหนด องค์ความรู้ ทฤษฎีทางวิศวกรรม เอกสารวิชาการ ข้อมูลการศึกษาวิจัย ข้อมูลระบบปรับอากาศและระบายอากาศ ความเสี่ยง การติดเชื้อ สภาวะและการเจริญเติบโตของเชื้อโรคต่างๆ โดยทบทวนหลักการ สาเหตุและที่มาของปัจจัยและ

สภาวะต่างๆที่ส่งผลต่อการเกิดความเสี่ยงต่อการติดเชื้อในหน่วยงานจ่ายกลาง นำมาศึกษาและวิเคราะห์องค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับระบบปรับอากาศและระบายอากาศของหน่วยจ่ายกลาง เพื่อระบุตัวแปรที่จะทำการเก็บค่าและหาความสัมพันธ์ต่อไป

๔.๓ ประชุม สัมภาษณ์เจ้าหน้าที่ โดยสัมภาษณ์เจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงานที่หน่วยจ่ายกลาง บุคคลที่มีส่วนเกี่ยวข้อง ช่างซ่อมบำรุงที่มีส่วนในการดูแลรักษาระบบปรับอากาศและระบายอากาศ เพื่อสอบถามปัญหาอุปสรรค การใช้งานและข้อร้องเรียนที่เกี่ยวข้องกับระบบปรับอากาศและระบายอากาศของหน่วยจ่ายกลาง ตลอดจนเจ้าหน้าที่หน่วยงานการป้องกันและควบคุมการติดเชื้อของโรงพยาบาล

๔.๔ สำรวจ ตรวจสอบ ปัจจัยที่อาจก่อให้เกิดความเสี่ยงในการติดเชื้อของหน่วยจ่ายกลาง เช่น ชนิดของระบบปรับอากาศและระบายอากาศ จำนวน การติดตั้ง วิธีการใช้งาน การควบคุมการทำงาน โครงสร้าง พื้นที่โดยรอบ สภาวะแวดล้อม ปริมาณอนุภาค อุณหภูมิ ความชื้น ความดันแตกต่าง และทำการวัดค่าเก็บข้อมูลตัวแปรต่างๆ

๔.๕ ชี้แจงผลการตรวจประเมินทางกายภาพและค่าที่ตรวจวัดได้เบื้องต้น โดยเปรียบเทียบค่าที่วัดได้กับค่ามาตรฐาน เพื่อประเมิน ตรวจสอบ สถานะ การทำงานของระบบปรับอากาศและระบายอากาศของหน่วยจ่ายกลางและสิ่งที่ตรวจพบเบื้องต้น ณ วันที่ตรวจวัดให้เจ้าหน้าที่และผู้เกี่ยวข้องของโรงพยาบาลรับทราบ รวมถึงการถ่ายทอดองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับการการออกแบบ การทำงานของระบบปรับอากาศและระบายอากาศ การควบคุมและการป้องกันการเชื้อโรคด้วยหลักการของห้องสะอาด

๔.๖ วิเคราะห์ คำนวณ โดยนำค่าตัวแปรต่างๆที่วัดได้มาวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลจากการสัมภาษณ์ จากการตรวจสอบทางกายภาพและจากข้อมูลที่ได้ศึกษาไว้ เพื่อประเมินผลศึกษารูปแบบการปรับอากาศและระบายอากาศสำหรับหน่วยจ่ายกลางเพื่อความสะอาดป้องกันการติดเชื้อของผู้ป่วยและความปลอดภัยของเจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงานได้ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

๔.๗ สรุปผลการศึกษารูปแบบการปรับอากาศและระบายอากาศสำหรับหน่วยจ่ายกลางเพื่อความสะอาดป้องกันการติดเชื้อของผู้ป่วยและความปลอดภัยของเจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงาน จัดทำข้อมูลเป็นองค์ความรู้ด้านวิชาการ ลงวารสารวิศวกรรมการแพทย์ ลงเว็บไซต์กองวิศวกรรมการแพทย์ จัดทำรูปเล่มผลการศึกษาเผยแพร่ให้สำนักงานสนับสนุนบริการสุขภาพและโรงพยาบาล นำไปใช้ประโยชน์และเป็นแนวทางในการปรับปรุงพัฒนาระบบปรับอากาศและระบายอากาศในหน่วยจ่ายกลางให้ดียิ่งขึ้นและเป็นข้อมูลในการศึกษาวิจัยเพิ่มเติมต่อไป

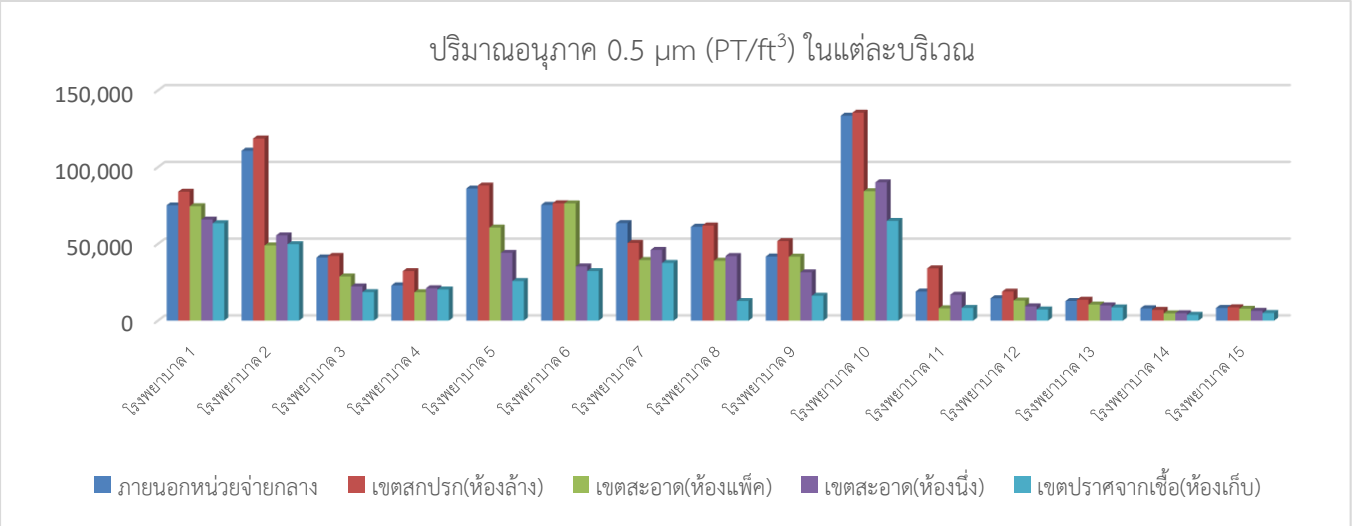
บทที่ ๔ ผลการศึกษาและวิเคราะห์ผลการศึกษา

ผลการศึกษา

ตาราง 4.1 ปริมาณอนุภาค 0.5 µm (PT/ft^3) ณ บริเวณต่างๆภายในหน่วยจ่ายกลาง

ที่	โรงพยาบาล	ปริมาณอนุภาค 0.5 µm (PT/ft^3)				
		บริเวณอ้างอิง	เขตสกปรก (Dirty zone)	เขตสะอาด (Clean zone)		เขตเก็บของปราศจากเชื้อ (Sterile storage zone)
		บริเวณทางเข้าหน่วยจ่ายกลาง	บริเวณรับเครื่องมือล้างทำความสะอาด	ห้องจัดชุดอุปกรณ์ห่อชุดอุปกรณ์	บริเวณเครื่องทำให้ปราศจากเชื้อ	ห้องเก็บชุดอุปกรณ์ปราศจากเชื้อ
1	โรงพยาบาล 1	75,140	83,979	74,493	65,844	63,414
2	โรงพยาบาล 2	110,654	118,632	48,977	55,529	49,803
3	โรงพยาบาล 3	41,153	42,178	28,808	22,289	18,576
4	โรงพยาบาล 4	22,930	32,255	18,509	21,081	20,307
5	โรงพยาบาล 5	86,045	88,006	60,611	44,152	25,788
6	โรงพยาบาล 6	75,421	76,445	76,321	35,291	32,270
7	โรงพยาบาล 7	63,502	50,615	39,494	46,070	37,586
8	โรงพยาบาล 8	61,132	61,976	39,032	42,080	12,749
9	โรงพยาบาล 9	41,762	51,835	41,654	31,481	16,229
10	โรงพยาบาล 10	133,512	135,418	84,265	90,082	64,961
11	โรงพยาบาล 11	18,937	34,024	8,018	16,821	8,298
12	โรงพยาบาล 12	14,533	18,915	13,059	9,285	7,247
13	โรงพยาบาล 13	12,785	13,619	10,445	9,901	8,605
14	โรงพยาบาล 14	8,005	7,028	4,758	4,846	3,791
15	โรงพยาบาล 15	8,246	8,668	7,755	6,381	4,936
ค่าเฉลี่ย		51,584	54,906	37,079	33,408	24,970

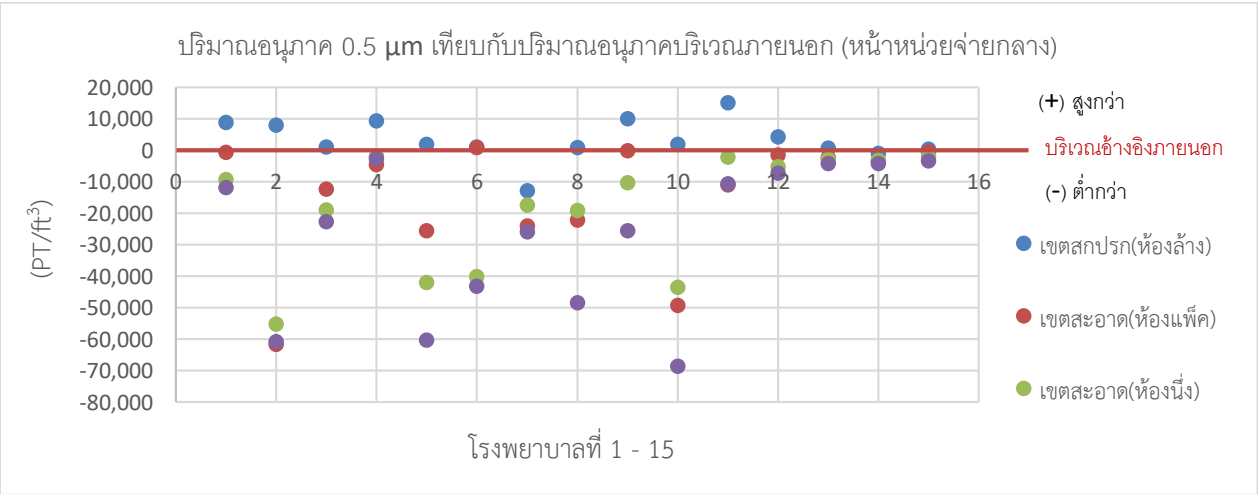
แผนภูมิ 4.1 ปริมาณอนุภาค 0.5 µm (PT/ft^3) ณ บริเวณต่างๆภายในหน่วยจ่ายกลาง



ตาราง4.2 ปริมาณอนุภาค 0.5 µm (PT/ft^3) ณ บริเวณต่างๆเทียบกับภายนอก(บริเวณทางเข้าหน่วยจ่ายกลาง)

ที่	โรงพยาบาล	ปริมาณอนุภาค 0.5 µm (PT/ft^3)				
		บริเวณอ้างอิง	ผลต่างปริมาณอนุภาค (ปริมาณอนุภาค – ปริมาณอนุภาค ณ บริเวณอ้างอิง)			
			เขตสกปรก (Dirty zone)	เขตสะอาด (Clean zone)		เขตเก็บของปราศจากเชื้อ (Sterile storage zone)
		บริเวณทางเข้าหน่วยจ่ายกลาง	บริเวณรับเครื่องมือล้างทำความสะอาด	ห้องจัดชุดอุปกรณ์ห่อชุดอุปกรณ์	บริเวณเครื่องทำให้ปราศจากเชื้อ	ห้องเก็บชุดอุปกรณ์ปราศจากเชื้อ
1	โรงพยาบาล 1	75,140	+8,839	-647	-9,296	-11,726
2	โรงพยาบาล 2	110,654	+7,978	-61,677	-55,125	-60,851
3	โรงพยาบาล 3	41,153	+1,025	-12,345	-18,864	-22,577
4	โรงพยาบาล 4	22,930	+9,325	-4,421	-1,849	-2,623
5	โรงพยาบาล 5	86,045	+1,961	-25,434	-41,893	-60,257
6	โรงพยาบาล 6	75,421	+1,024	+900	-40,130	-43,151
7	โรงพยาบาล 7	63,502	-12,887	-24,008	-17,432	-25,916
8	โรงพยาบาล 8	61,132	+844	-22,100	-19,052	-48,383
9	โรงพยาบาล 9	41,762	+10,073	-108	-10,281	-25,533
10	โรงพยาบาล 10	133,512	+1,906	-49,247	-43,430	-68,551
11	โรงพยาบาล 11	18,937	+15,087	-10,919	-2,116	-10,639
12	โรงพยาบาล 12	14,533	+4,382	-1,474	-5,248	-7,286
13	โรงพยาบาล 13	12,785	+834	-2,340	-2,884	-4,180
14	โรงพยาบาล 14	8,005	-977	-3,247	-3,159	-4,214
15	โรงพยาบาล 15	8,246	+422	-491	-1,865	-3,310
ค่าเฉลี่ย		51,584	+3,322	-14,503	-18,174	-26,613

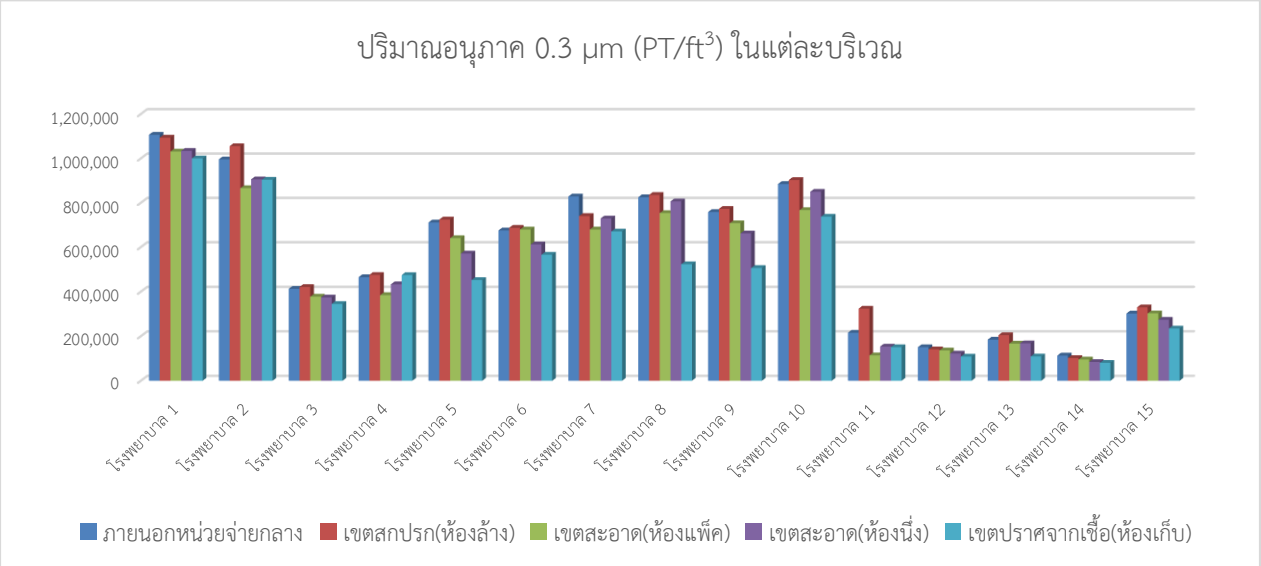
แผนภูมิ4.2 ปริมาณอนุภาค 0.5 µm(PT/ft^3)ณ บริเวณต่างๆเทียบกับภายนอก(บริเวณทางเข้าหน่วยจ่ายกลาง)



ตาราง4.3 ปริมาณอนุภาค 0.3 µm (PT/ft^3) ณ บริเวณต่างๆภายในหน่วยจ่ายกลาง

ที่	โรงพยาบาล	ปริมาณอนุภาค 0.3 µm (PT/ft^3)				
		บริเวณอ้างอิง	เขตสกปรก (Dirty zone)	เขตสะอาด (Clean zone)		เขตเก็บของปราศจากเชื้อ (Sterile storage zone)
		บริเวณทางเข้าหน่วยจ่ายกลาง	บริเวณรับเครื่องมือล้างทำความสะอาด	ห้องจัดชุดอุปกรณ์ห่อชุดอุปกรณ์	บริเวณเครื่องทำให้ปราศจากเชื้อ	ห้องเก็บชุดอุปกรณ์ปราศจากเชื้อ
1	โรงพยาบาล 1	1,106,497	1,093,494	1,030,702	1,033,806	999,828
2	โรงพยาบาล 2	995,642	1,055,181	865,935	905,236	903,820
3	โรงพยาบาล 3	412,684	420,856	377,581	373,741	344,789
4	โรงพยาบาล 4	465,007	475,189	384,439	433,050	474,615
5	โรงพยาบาล 5	711,127	724,414	640,373	571,227	452,126
6	โรงพยาบาล 6	675,197	687,034	679,425	612,129	565,978
7	โรงพยาบาล 7	828,308	740,195	679,438	729,259	670,456
8	โรงพยาบาล 8	824,828	835,148	753,399	806,036	523,083
9	โรงพยาบาล 9	758,457	772,441	707,744	661,573	506,349
10	โรงพยาบาล 10	884,528	902,399	766,869	849,532	737,086
11	โรงพยาบาล 11	215,527	323,809	113,756	153,394	150,739
12	โรงพยาบาล 12	150,467	140,734	135,930	122,002	108,250
13	โรงพยาบาล 13	184,425	204,558	166,546	167,873	108,887
14	โรงพยาบาล 14	113,003	102,036	95,293	84,101	80,171
15	โรงพยาบาล 15	301,769	329,680	302,391	274,001	234,547
ค่าเฉลี่ย		575,164	587,145	513,321	518,464	457,381

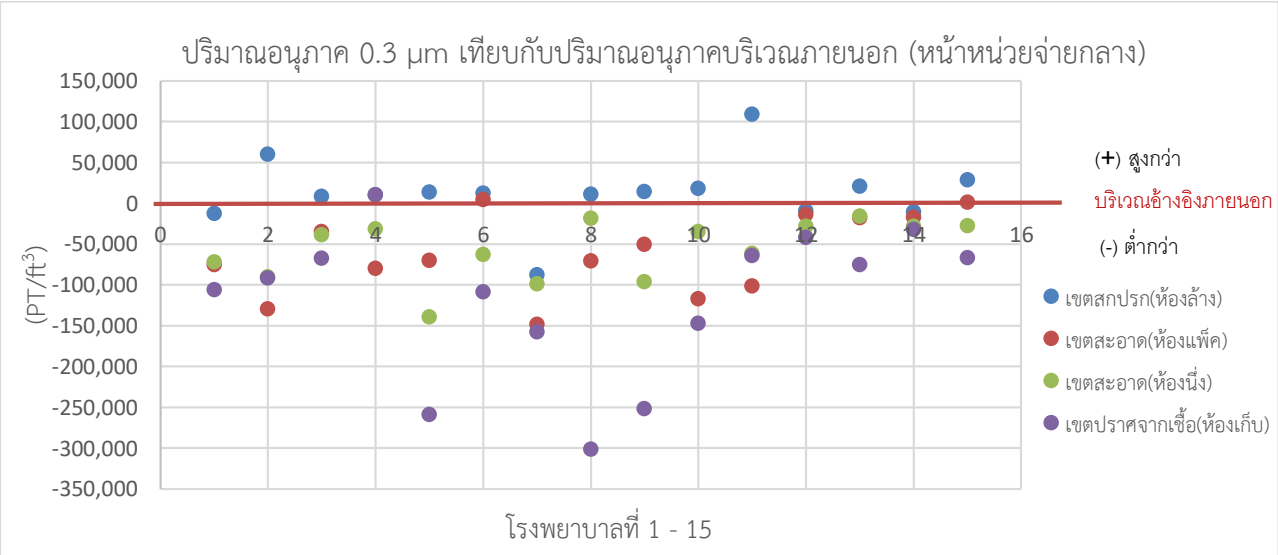
แผนภูมิ 4.3 ปริมาณอนุภาค 0.3 µm (PT/ft^3) ณ บริเวณต่างๆภายในหน่วยจ่ายกลาง



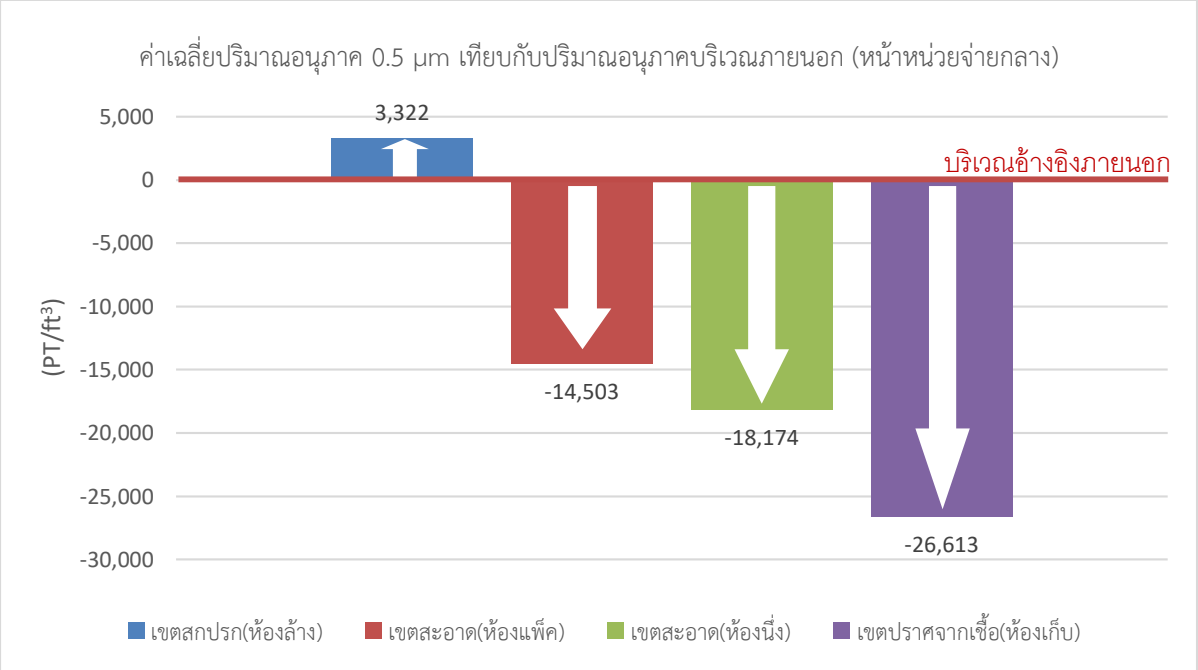
ตาราง4.4 ปริมาณอนุภาค 0.3 µm (PT/ft^3) ณ บริเวณต่างๆเทียบกับภายนอก(บริเวณทางเข้าหน่วยจ่ายกลาง)

ที่	โรงพยาบาล	ปริมาณอนุภาค 0.3 µm (PT/ft^3)				
		บริเวณอ้างอิง	ผลต่างปริมาณอนุภาค (ปริมาณอนุภาค – ปริมาณอนุภาค ณ บริเวณอ้างอิง)			
			เขตสกปรก (Dirty zone)	เขตสะอาด (Clean zone)		เขตเก็บของปราศจากเชื้อ (Sterile storage zone)
		บริเวณทางเข้าหน่วยจ่ายกลาง	บริเวณรับเครื่องมือล้างทำความสะอาด	ห้องจัดชุดอุปกรณ์ห่อชุดอุปกรณ์	บริเวณเครื่องทำให้ปราศจากเชื้อ	ห้องเก็บชุดอุปกรณ์ปราศจากเชื้อ
1	โรงพยาบาล 1	1,106,497	- 13,003	- 75,795	- 72,691	- 106,669
2	โรงพยาบาล 2	995,642	+59,539	- 129,707	- 90,406	- 91,822
3	โรงพยาบาล 3	412,684	+8,172	- 35,103	- 38,943	- 67,895
4	โรงพยาบาล 4	465,007	+10,182	- 80,568	- 31,957	+9,608
5	โรงพยาบาล 5	711,127	+13,287	- 70,754	- 139,900	- 259,001
6	โรงพยาบาล 6	675,197	+11,837	+4,228	- 63,068	- 109,219
7	โรงพยาบาล 7	828,308	- 88,113	- 148,870	- 99,049	- 157,852
8	โรงพยาบาล 8	824,828	+10,320	- 71,429	- 18,792	- 301,745
9	โรงพยาบาล 9	758,457	+13,984	- 50,713	- 96,884	- 252,108
10	โรงพยาบาล 10	884,528	+17,871	- 117,659	- 34,996	- 147,442
11	โรงพยาบาล 11	215,527	+108,282	- 101,771	- 62,133	- 64,788
12	โรงพยาบาล 12	150,467	- 9,733	- 14,537	- 28,465	- 42,217
13	โรงพยาบาล 13	184,425	+20,133	- 17,879	- 16,552	- 75,538
14	โรงพยาบาล 14	113,003	- 10,967	- 17,710	-28,902	- 32,832
15	โรงพยาบาล 15	301,769	+27,911	+622	- 27,768	- 67,222
ค่าเฉลี่ย		575,164	+11,980	- 61,843	- 56,700	- 117,783

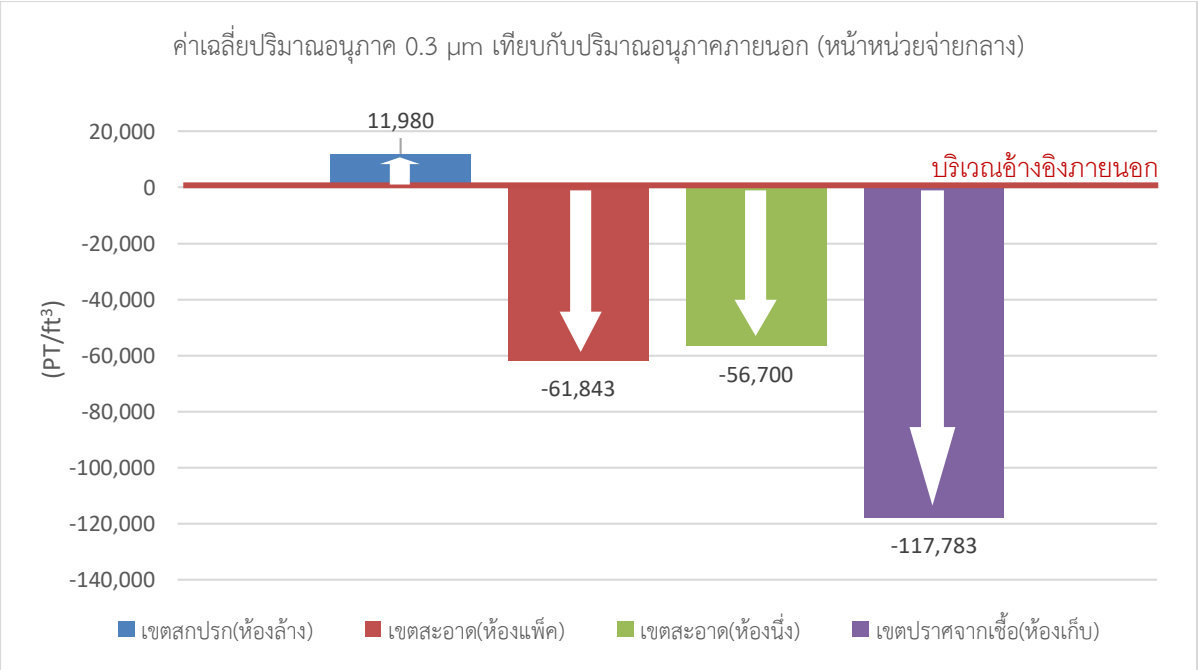
แผนภูมิ4.4 ปริมาณอนุภาค 0.3µm (PT/ft^3)ณ บริเวณต่างๆเทียบกับภายนอก(บริเวณทางเข้าหน่วยจ่ายกลาง)



แผนภูมิ4.5 ปริมาณอนุภาค 0.5μm (PT/ft^3)ณ บริเวณต่างๆเทียบกับภายนอก(บริเวณทางเข้าหน่วยจ่ายกลาง)



แผนภูมิ4.6 ปริมาณอนุภาค 0.3μm (PT/ft^3)ณ บริเวณต่างๆเทียบกับภายนอก(บริเวณทางเข้าหน่วยจ่ายกลาง)



ปริมาณอนุภาคขนาด 0.3 µm และ 0.5 µm พบว่า

บริเวณเขตสกปรก (ห้องล้าง) เป็นบริเวณที่มีค่าเฉลี่ยปริมาณอนุภาคสูงที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าอากาศภายนอก อากาศบริเวณนี้จึงเป็นอากาศที่ควรมีการระบายอากาศออกทิ้ง เพื่อเจือจางและลดปริมาณอนุภาคในอากาศลง ผลการวัดค่าเก็บข้อมูลพบว่า ห้องล้างที่แคบและปิดทึบไม่มีการระบายอากาศเลย ปริมาณอนุภาคในอากาศจะมากกว่า จึงมีความเสี่ยงในการติดต่อแพร่กระจายเชื้อที่มากกว่า โดยเฉพาะอย่างยิ่ง

บริเวณเขตสกปรก (ห้องล้าง) เป็นบริเวณที่รอบรวมเครื่องมือและอุปกรณ์การแพทย์ที่0ใช้แล้ว สิ่งปนเปื้อนทางอากาศภายในห้องนี้ควรถูกกำจัดออก โดยเฉพาะการกำจัดที่แหล่งกำเนิดบริเวณจุดล้าง จุดพักคัดแยกเครื่องมือ ควรมีการระบายอากาศใกล้บริเวณแหล่งกำเนิดก่อนการฟุ้งกระจายอย่างเหมาะสมและต่อเนื่องเพื่อป้องกันการแพร่กระจายขึ้นสู่อากาศในระดับหายใจของผู้ปฏิบัติงานและลดระดับความเข้มข้นของการปนเปื้อนของเชื้อโรคทางอากาศ การดูดอากาศในบริเวณที่มีความเข้มข้นของการปนเปื้อนสูงออกไปบำบัดหรือทิ้งสู่ภายนอกและเกิดการเคลื่อนไหลอากาศใหม่ที่สะอาดกว่าไหลเข้าแทนที่เจือจางเชื้อให้อยู่ในระดับที่ไม่เป็นอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงาน

บริเวณเขตปราศจากเชื้อ (ห้องเก็บ) เป็นบริเวณที่มีค่าเฉลี่ยปริมาณอนุภาคต่ำกว่าอากาศภายนอกและมีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด

บริเวณเขตสะอาด (ห้องแพ็ค) และเขตสะอาด (ห้องนึ่ง) มีค่าเฉลี่ยปริมาณอนุภาคต่ำกว่าภายนอก แต่ไม่อาจระบุได้ว่าห้องนึ่งหรือห้องแพ็คสะอาดกว่ากัน เมื่อนำข้อมูลปริมาณอนุภาคในอากาศมาจัดเรียงลำดับห้องที่ปริมาณอนุภาคในอากาศน้อยที่สุดไปหาห้องที่มีปริมาณอนุภาคในอากาศมากที่สุดได้ผลดังนี้

ตาราง 4.5 แสดงการจัดลำดับปริมาณอนุภาค 0.5μm (PT/ft^3) ในอากาศจาก (1) น้อยที่สุด ไป (4) มากที่สุด

ที่	โรงพยาบาล	ปริมาณอนุภาค 0.5 μm (PT/ft^3)			
		เขตสกปรก (Dirty zone)	เขตสะอาด (Clean zone)		เขตเก็บของปราศจากเชื้อ (Sterile storage zone)
		บริเวณรับ-ล้างทำความสะอาดเครื่องมือ (ห้องล้าง)	ห้องจัด-ห่อชุดอุปกรณ์ (ห้องแพ็ค)	บริเวณเครื่องทำให้ปราศจากเชื้อ (ห้องนึ่ง)	ห้องเก็บชุดอุปกรณ์ปราศจากเชื้อ (ห้องเก็บ)
1	โรงพยาบาล 1	มากที่สุด (4)	มาก (3)	น้อย (2)	น้อยที่สุด (1)
2	โรงพยาบาล 2	มากที่สุด (4)	น้อยที่สุด (1)	มาก (3)	น้อย (2)
3	โรงพยาบาล 3	มากที่สุด (4)	มาก (3)	น้อย (2)	น้อยที่สุด (1)
4	โรงพยาบาล 4	มากที่สุด (4)	น้อยที่สุด (1)	มาก (3)	น้อย (2)
5	โรงพยาบาล 5	มากที่สุด (4)	มาก (3)	น้อย (2)	น้อยที่สุด (1)
6	โรงพยาบาล 6	มากที่สุด (4)	มาก (3)	น้อย (2)	น้อยที่สุด (1)
7	โรงพยาบาล 7	มากที่สุด (4)	น้อย (2)	มาก (3)	น้อยที่สุด (1)
8	โรงพยาบาล 8	มากที่สุด (4)	น้อย (2)	มาก (3)	น้อยที่สุด (1)
9	โรงพยาบาล 9	มากที่สุด (4)	มาก (3)	น้อย (2)	น้อยที่สุด (1)
10	โรงพยาบาล 10	มากที่สุด (4)	น้อย (2)	มาก (3)	น้อยที่สุด (1)
11	โรงพยาบาล 11	มากที่สุด (4)	น้อยที่สุด (1)	มาก (3)	น้อย (2)
12	โรงพยาบาล 12	มากที่สุด (4)	มาก (3)	น้อย (2)	น้อยที่สุด (1)
13	โรงพยาบาล 13	มากที่สุด (4)	มาก (3)	น้อย (2)	น้อยที่สุด (1)
14	โรงพยาบาล 14	มากที่สุด (4)	น้อย (2)	มาก (3)	น้อยที่สุด (1)
15	โรงพยาบาล 15	มากที่สุด (4)	มาก (3)	น้อย (2)	น้อยที่สุด (1)
เปอร์เซ็นต์ (จาก 15 โรงพยาบาล)		100% เป็นห้องที่สกปรกที่สุด สะอาดลำดับที่ 4	53% เป็นห้องที่สะอาดลำดับที่ 3	53% เป็นห้องที่สะอาดลำดับที่ 2	80% เป็นห้องที่สะอาดที่สุดลำดับที่ 1

ตาราง 4.6 แสดงการจัดลำดับปริมาณอนุภาค 0.3μm (PT/ft^3) ในอากาศจาก (1) น้อยที่สุด ไป (4) มากที่สุด

ที่	โรงพยาบาล	ปริมาณอนุภาค 0.3 μm (PT/ft^3)			
		เขตสกปรก (Dirty zone)	เขตสะอาด (Clean zone)		เขตเก็บของปราศจากเชื้อ (Sterile storage zone)
		บริเวณรับ-ล้างทำความสะอาดเครื่องมือ (ห้องล้าง)	ห้องจัด-ห่อชุดอุปกรณ์ (ห้องแพ็ค)	บริเวณเครื่องทำให้ปราศจากเชื้อ (ห้องนึ่ง)	ห้องเก็บชุดอุปกรณ์ปราศจากเชื้อ (ห้องเก็บ)
1	โรงพยาบาล 1	มากที่สุด (4)	น้อย (2)	มาก (3)	น้อยที่สุด (1)
2	โรงพยาบาล 2	มากที่สุด (4)	น้อยที่สุด (1)	มาก (3)	น้อย (2)
3	โรงพยาบาล 3	มากที่สุด (4)	มาก (3)	น้อย (2)	น้อยที่สุด (1)
4	โรงพยาบาล 4	มากที่สุด (4)	น้อย (2)	มาก (3)	น้อยที่สุด (1)
5	โรงพยาบาล 5	มากที่สุด (4)	มาก (3)	น้อย (2)	น้อยที่สุด (1)
6	โรงพยาบาล 6	มากที่สุด (4)	มาก (3)	น้อย (2)	น้อยที่สุด (1)
7	โรงพยาบาล 7	มากที่สุด (4)	น้อย (2)	มาก (3)	น้อยที่สุด (1)
8	โรงพยาบาล 8	มากที่สุด (4)	น้อย (2)	มาก (3)	น้อยที่สุด (1)
9	โรงพยาบาล 9	มากที่สุด (4)	มาก (3)	น้อย (2)	น้อยที่สุด (1)
10	โรงพยาบาล 10	มากที่สุด (4)	น้อย (2)	มาก (3)	น้อยที่สุด (1)
11	โรงพยาบาล 11	มากที่สุด (4)	น้อยที่สุด (1)	มาก (3)	น้อย (2)
12	โรงพยาบาล 12	มากที่สุด (4)	มาก (3)	น้อย (2)	น้อยที่สุด (1)
13	โรงพยาบาล 13	มากที่สุด (4)	น้อย (2)	มาก (3)	น้อยที่สุด (1)
14	โรงพยาบาล 14	มากที่สุด (4)	มาก (3)	น้อย (2)	น้อยที่สุด (1)
15	โรงพยาบาล 15	มากที่สุด (4)	มาก (3)	น้อย (2)	น้อยที่สุด (1)
เปอร์เซ็นต์ (จาก 15 โรงพยาบาล)		100% เป็นห้องที่สกปรกที่สุด สะอาดลำดับที่ 4	47% เป็นห้องที่สะอาดลำดับที่ 3	47% เป็นห้องที่สะอาดลำดับที่ 2	87% เป็นห้องที่สะอาดที่สุดลำดับที่ 1

จาก 15 โรงพยาบาลใน 15 จังหวัดที่เก็บข้อมูล พบว่า

100% ของกลุ่มตัวอย่าง บริเวณรับ-ล้างทำความสะอาดเครื่องมือ (ห้องล้าง) เป็นโซนที่มีปริมาณอนุภาคในอากาศที่มากที่สุดหรือสกปรกที่สุด

87% ของกลุ่มตัวอย่าง บริเวณห้องเก็บชุดอุปกรณ์ปราศจากเชื้อ (ห้องเก็บ) เป็นโซนที่มีปริมาณอนุภาคน้อยที่สุดหรือสะอาดที่สุด โดย 14% ที่เหลือ ห้องจัด-ห่อชุดอุปกรณ์ (ห้องแพ็ค) มีสภาวะที่สะอาดกว่า

ในส่วนบริเวณห้องเครื่องทำให้ปราศจากเชื้อ (ห้องนึ่ง) กับ ห้องจัด-ห่อชุดอุปกรณ์ (ห้องแพ็ค) สองบริเวณนี้เป็นห้องที่มีปริมาณอนุภาคหรือความสะอาดในลำดับที่ 2 และลำดับที่ 3 โดยมีเปอร์เซ็นต์ที่ใกล้เคียงกัน จากผลการวัดค่าที่ได้ไม่สามารถเปรียบเทียบหรือ.แยกกันได้อย่างชัดเจนว่าห้องใดมีปริมาณอนุภาคในอากาศที่น้อยกว่าหรือสะอาดกว่า

แต่สามารถเปรียบเทียบจากปริมาณอนุภาพ 2 บริเวณที่อยู่ติดกันได้ว่า

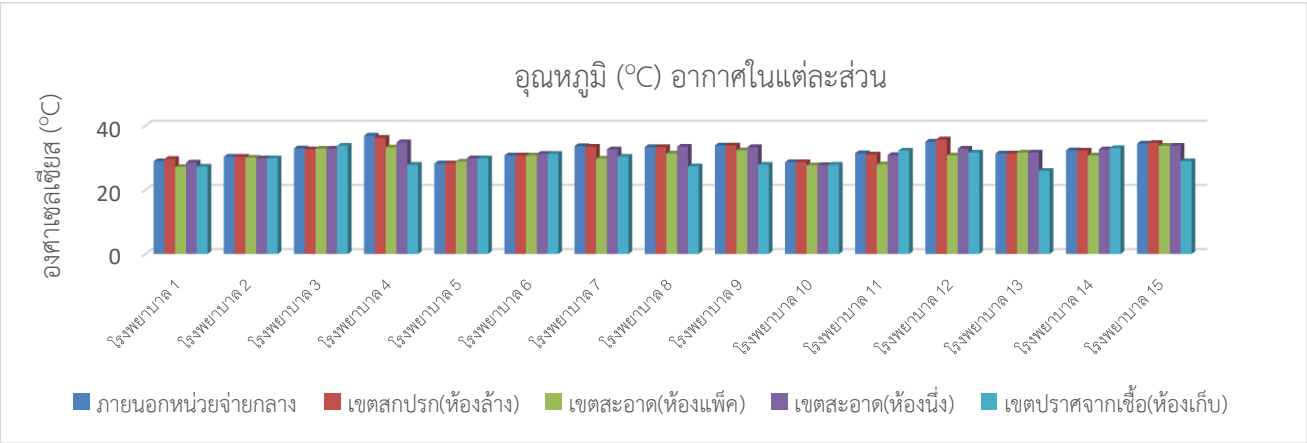
ห้องเก็บชุดอุปกรณ์ปราศจากเชื้อ (ห้องเก็บ) >> สะอาดกว่า >> บริเวณเครื่องทำให้ปราศจากเชื้อ (ห้องนึ่ง)

ห้องจัด-ห่อชุดอุปกรณ์ (ห้องแพ็ค) >> สะอาดกว่า >> บริเวณรับ-ล้างทำความสะอาดเครื่อง (ห้องล้าง)

ตาราง 4.7 แสดงค่าอุณหภูมิอากาศ (°C) ณ บริเวณต่างๆ

ที่	โรงพยาบาล	อุณหภูมิอากาศ (°C)				
		บริเวณอ้างอิง	เขตสกปรก (Dirty zone)	เขตสะอาด (Clean zone)		เขตเก็บของปราศจากเชื้อ (Sterile storage zone)
		บริเวณทางเข้าหน่วยจ่ายกลาง	บริเวณรับ-ล้างทำความสะอาดเครื่องมือ (ห้องล้าง)	ห้องจัด-ห่อชุดอุปกรณ์ (ห้องแพ็ค)	บริเวณเครื่องทำให้ปราศจากเชื้อ (ห้องนึ่ง)	ห้องเก็บชุดอุปกรณ์ปราศจากเชื้อ (ห้องเก็บ)
1	โรงพยาบาล 1	28.9	29.6	27.1	28.5	27.2
2	โรงพยาบาล 2	30.3	30.3	30	29.8	29.8
3	โรงพยาบาล 3	32.9	32.6	32.8	32.8	33.7
4	โรงพยาบาล 4	36.9	36.2	33.2	34.8	27.8
5	โรงพยาบาล 5	28.2	28.2	28.8	29.8	29.8
6	โรงพยาบาล 6	30.7	30.7	30.7	31.2	31.2
7	โรงพยาบาล 7	33.6	33.4	29.7	32.6	30.3
8	โรงพยาบาล 8	33.3	33.3	31.3	33.4	27.3
9	โรงพยาบาล 9	33.8	33.8	32.3	33.3	27.8
10	โรงพยาบาล 10	28.6	28.6	27.6	27.7	27.8
11	โรงพยาบาล 11	31.4	31.0	27.9	30.8	32.2
12	โรงพยาบาล 12	35.0	35.7	30.7	32.8	31.6
13	โรงพยาบาล 13	31.3	31.3	31.6	31.6	25.9
14	โรงพยาบาล 14	32.3	32.2	30.7	32.6	33
15	โรงพยาบาล 15	34.4	34.6	33.7	33.7	28.9
ค่าเฉลี่ย		32.1	32.1	30.5	31.7	29.6
เกณฑ์มาตรฐาน						
HBN-13 Sterile services department			16 - 21	16 - 21	16 - 21	16 - 21
กองแบบแผน กรมสนับสนุนบริการสุขภาพ			-	21 - 25	-	21 - 25
สมาคมศูนย์กลางงานปราศจากเชื้อแห่งประเทศไทย ที่มา ANSI/AAMIST79:2006			22 – 26	22 – 26		22 – 26
% โรงพยาบาลที่อุณหภูมิอยู่ในเกณฑ์			0 %	0 %	0 %	6 %

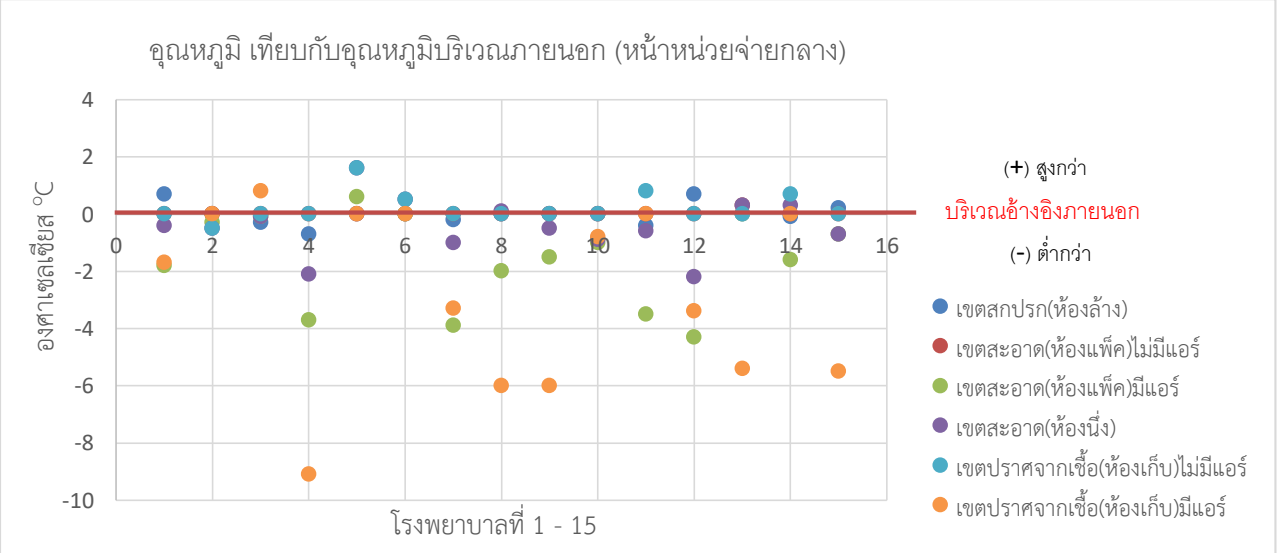
แผนภูมิ 4.7 อุณหภูมิอากาศ (°C) ณ บริเวณต่างๆภายในหน่วยจ่ายกลาง



ตาราง 4.8 แสดงอุณหภูมิอากาศ (°C) ณ บริเวณต่างๆเทียบกับภายนอก (บริเวณทางเข้าหน่วยจ่ายกลาง)

ที่	โรงพยาบาล	อุณหภูมิอากาศ (°C)						
		บริเวณอ้างอิง	ผลต่างอุณหภูมิ (อุณหภูมิ – อุณหภูมิ ณ บริเวณอ้างอิง)					
			เขตสกปรก (Dirty zone)	เขตสะอาด (Clean zone)			เขตเก็บของปราศจากเชื้อ (Sterile storage zone)	
		บริเวณทางเข้าหน่วยจ่ายกลาง	บริเวณรับ-ล้างทำความสะอาดเครื่องมือ	ห้องจัด-ห่อชุดอุปกรณ์		บริเวณเครื่องทำให้ปราศจากเชื้อ	ห้องเก็บชุดอุปกรณ์ปราศจากเชื้อ	
				เครื่องปรับอากาศ			เครื่องปรับอากาศ	
				ไม่มี	มี		ไม่มี	มี
1	โรงพยาบาล 1	28.9	+0.7	-	-1.8	-0.4	-	-1.7
2	โรงพยาบาล 2	30.3	0.0	-	-0.3	-0.5	-0.5	-
3	โรงพยาบาล 3	32.9	-0.3	-	-0.1	-0.1	-	+0.8
4	โรงพยาบาล 4	36.9	-0.7	-	-3.7	-2.1	-	-9.1
5	โรงพยาบาล 5	28.2	0.0	-	+0.6	+1.6	+1.6	-
6	โรงพยาบาล 6	30.7	0.0	0.0	-	+0.5	+0.5	-
7	โรงพยาบาล 7	33.6	-0.2	-	-3.9	-1.0	-	-3.3
8	โรงพยาบาล 8	33.3	0.0	-	-2.0	0.1	-	-6.0
9	โรงพยาบาล 9	33.8	0.0	-	-1.5	-0.5	-	-6.0
10	โรงพยาบาล 10	28.6	0.0	-	-1.0	-0.9	-	-0.8
11	โรงพยาบาล 11	31.4	-0.4	-	-3.5	-0.6	+0.8	-
12	โรงพยาบาล 12	35.0	+0.7	-	-4.3	-2.2	-	-3.4
13	โรงพยาบาล 13	31.3	0.0	+0.3	-	+0.3	-	-5.4
14	โรงพยาบาล 14	32.3	-0.1	-	-1.6	+0.3	+0.7	-
15	โรงพยาบาล 15	34.4	+0.2	-	-0.7	-0.7	-	-5.5
ค่าเฉลี่ย		32.1	-0.01	+0.15	-1.83	-0.41	+0.62	-4.04

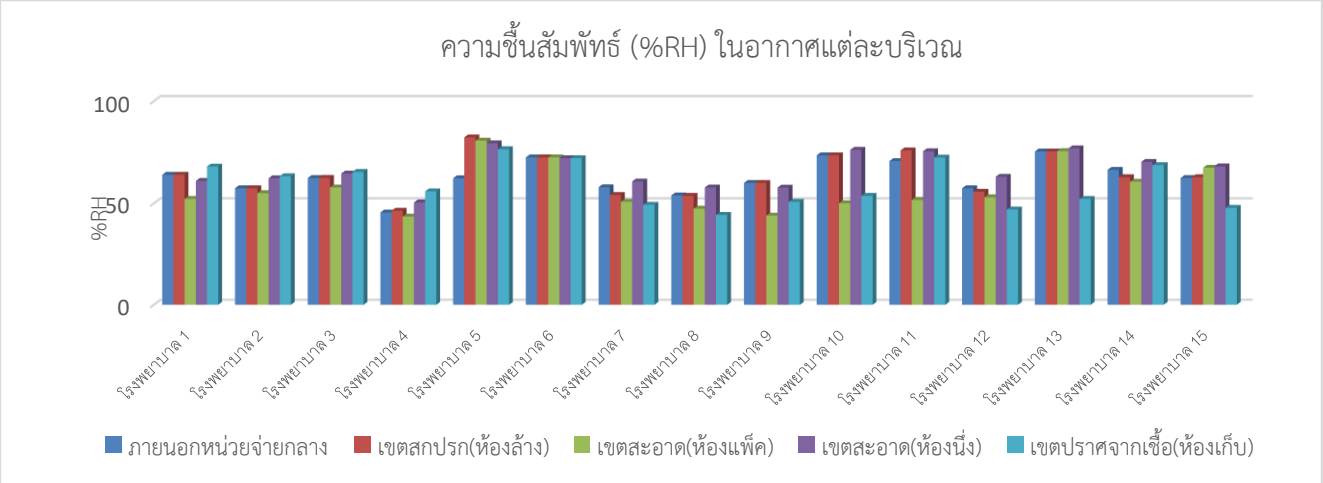
แผนภูมิ 4.8 อุณหภูมิอากาศ (°C) ณ บริเวณต่างๆเทียบกับภายนอก (บริเวณทางเข้าหน่วยจ่ายกลาง)



ตาราง 4.9 แสดงค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ (%RH) ณ บริเวณต่างๆ

ที่	โรงพยาบาล	ความชื้นสัมพัทธ์ (%RH)				
		บริเวณอ้างอิง	เขตสกปรก (Dirty zone)	เขตสะอาด (Clean zone)		เขตเก็บของปราศจากเชื้อ (Sterile storage zone)
		บริเวณทางเข้าหน่วยจ่ายกลาง	บริเวณรับเครื่องมือล้างทำความสะอาด	ห้องจัดชุดอุปกรณ์ห่อชุดอุปกรณ์	บริเวณเครื่องทำให้ปราศจากเชื้อ	ห้องเก็บชุดอุปกรณ์ปราศจากเชื้อ
1	โรงพยาบาล 1	64.0	64.0	52.2	61.0	68.0
2	โรงพยาบาล 2	57.4	57.4	55.0	62.3	63.3
3	โรงพยาบาล 3	62.4	62.5	57.8	64.6	65.4
4	โรงพยาบาล 4	45.5	46.4	43.5	50.5	55.9
5	โรงพยาบาล 5	62.3	82.3	80.7	79.4	76.5
6	โรงพยาบาล 6	72.5	72.5	72.5	72.1	72.1
7	โรงพยาบาล 7	57.9	54.1	50.8	60.7	49.3
8	โรงพยาบาล 8	53.9	53.7	47.4	57.8	44.3
9	โรงพยาบาล 9	60.0	60.0	44.0	57.7	50.8
10	โรงพยาบาล 10	73.5	73.5	50.1	76.2	53.7
11	โรงพยาบาล 11	70.7	75.9	51.7	75.5	72.4
12	โรงพยาบาล 12	57.4	55.7	53.0	63.0	47.0
13	โรงพยาบาล 13	75.4	75.4	75.6	76.9	52.2
14	โรงพยาบาล 14	66.4	62.8	60.6	70.3	68.7
15	โรงพยาบาล 15	62.4	62.8	67.4	68.1	47.8
ค่าเฉลี่ย		62.78	63.93	57.48	66.41	59.16
เกณฑ์มาตรฐาน						
HBN-13 Sterile services department			30 – 60	40 – 60	30 – 60	30 – 60
กองแบบแผน กรมสนับสนุนบริการสุขภาพ			-	40 – 60	-	40 – 60
สมาคมศูนย์กลางงานปราศจากเชื้อแห่งประเทศไทย ที่มา ANSI/AAMIST79:2006			30 – 60	30 – 60		ไม่เกิน 60
% โรงพยาบาลที่ความชื้นอยู่ในเกณฑ์			40%	67%	20%	53%

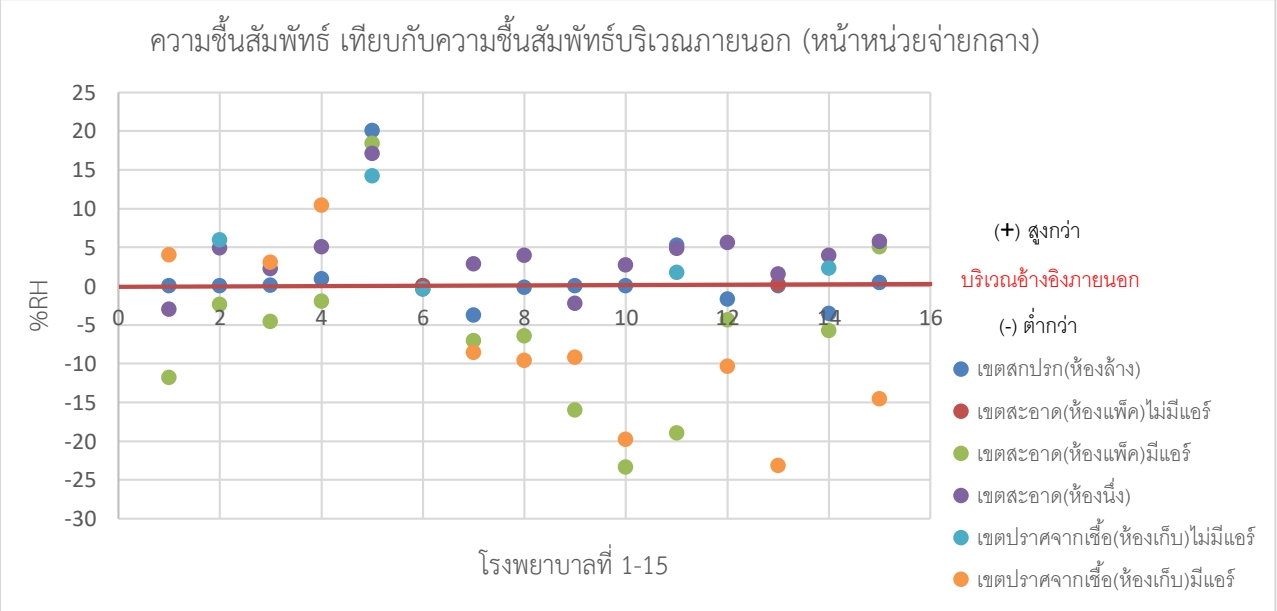
แผนภูมิ 4.9 ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ (%RH) ณ บริเวณต่างๆ



ตาราง 4.10 แสดงค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ (%RH) ณ บริเวณต่างๆเทียบกับภายนอก

ที่	โรงพยาบาล	ความชื้นสัมพัทธ์ (%RH)						
		บริเวณอ้างอิง	ผลต่างความชื้นสัมพัทธ์ (ความชื้นสัมพัทธ์ – ความชื้นสัมพัทธ์ ณ บริเวณอ้างอิง)					
			เขตสกปรก (Dirty zone)	เขตสะอาด (Clean zone)			เขตเก็บของปราศจากเชื้อ (Sterile storage zone)	
		บริเวณทางเข้าหน่วยจ่ายกลาง	บริเวณรับเครื่องมือล้างทำความสะอาด	ห้องจัดชุดอุปกรณ์ห่อชุดอุปกรณ์		บริเวณเครื่องทำให้ปราศจากเชื้อ	ห้องเก็บชุดอุปกรณ์ปราศจากเชื้อ	
				เครื่องปรับอากาศ			เครื่องปรับอากาศ	
				ไม่มี	มี		ไม่มี	มี
1	โรงพยาบาล 1	64.0	0	-	-11.8	-3.0	-	+4.0
2	โรงพยาบาล 2	57.4	0	-	-2.4	+4.9	+5.9	-
3	โรงพยาบาล 3	62.4	+0.1	-	-4.6	+2.2	-	+3.0
4	โรงพยาบาล 4	45.5	+0.9	-	-2.0	+5.0	-	+10.4
5	โรงพยาบาล 5	62.3	+20	-	+18.4	+17.1	+14.2	-
6	โรงพยาบาล 6	72.5	0	0	-	-0.4	-0.4	-
7	โรงพยาบาล 7	57.9	-3.8	-	-7.1	+2.8	-	-8.6
8	โรงพยาบาล 8	53.9	-0.2	-	-6.5	+3.9	-	-9.6
9	โรงพยาบาล 9	60.0	0	-	-16.0	-2.3	-	-9.2
10	โรงพยาบาล 10	73.5	0	-	-23.4	+2.7	-	-19.8
11	โรงพยาบาล 11	70.7	+5.2	-	-19.0	+4.8	+1.7	-
12	โรงพยาบาล 12	57.4	-1.7	-	-4.4	+5.6	-	-10.4
13	โรงพยาบาล 13	75.4	0	+0.2	-	+1.5	-	-23.2
14	โรงพยาบาล 14	66.4	-3.6	-	-5.8	+3.9	+2.3	-
15	โรงพยาบาล 15	62.4	+0.4	-	+5.0	+5.7	-	-14.6
ค่าเฉลี่ย		62.78	+1.15	+0.1	-6.12	+3.6	+4.74	-7.8

แผนภูมิ 4.9 ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ (%RH) ณ บริเวณต่างๆเทียบกับภายนอก



ด้านอุณหภูมิ

บริเวณรับ-ล้างทำความสะอาดเครื่องมือ (ห้องล้าง), ห้องจัด-ห่อชุดอุปกรณ์ (ห้องแพ็ค) และบริเวณเครื่องทำให้ปราศจากเชื้อ (ห้องนึ่ง) ค่าที่วัดได้ ไม่มีโรงพยาบาลใดเลยที่อุณหภูมิต่ำกว่า 26 °C หรือสามารถควบคุมอุณหภูมิได้ในช่วง 22-26 °C ตามที่สมาคมศูนย์กลางงานปราศจากเชื้อแห่งประเทศไทยหรือ ANSI/AAMIST79:2006 แนะนำ

ในส่วนห้องเก็บชุดอุปกรณ์ปราศจากเชื้อ (ห้องเก็บ) มีเพียง 1 โรงพยาบาล หรือ 6 % ของกลุ่มตัวอย่าง ที่สามารถทำอุณหภูมิอากาศได้ต่ำกว่า 26 °C หรือสามารถควบคุมอุณหภูมิได้ในช่วง 22-26 °C ตามที่สมาคมศูนย์กลางงานปราศจากเชื้อแห่งประเทศไทยหรือANSI/AAMIST79:2006 แนะนำ

เปรียบการมีเครื่องปรับอากาศและไม่มีเครื่องปรับอากาศ

กรณี มีเครื่องปรับอากาศ

ห้องจัด-ห่อชุดอุปกรณ์ (ห้องแพ็ค) สามารถลดอุณหภูมิได้เฉลี่ย 1.83 °C จากสภาวะอากาศภายนอก

ห้องเก็บชุดอุปกรณ์ปราศจากเชื้อ (ห้องเก็บ) สามารถลดอุณหภูมิได้เฉลี่ย 4.04 °C

โดยห้องที่ลดอุณหภูมิอากาศได้สูงสุดสามารถลดอุณหภูมิให้ต่ำกว่าอากาศภายนอกได้ 9.1 °C แต่สำหรับห้องที่ประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศไม่ดี อุณหภูมิห้องปรับอากาศสูงกว่าอากาศภายนอกที่ไม่ได้ปรับอากาศ 0.8 °C

กรณี ไม่มีเครื่องปรับอากาศ

ห้องจัด-ห่อชุดอุปกรณ์ (ห้องแพ็ค) อุณหภูมิเฉลี่ยสูงกว่าภายนอก 0.15 °C

ห้องเก็บชุดอุปกรณ์ปราศจากเชื้อ (ห้องเก็บ) อุณหภูมิเฉลี่ยสูงกว่าภายนอก 0.62 °C

บริเวณรับ-ล้างทำความสะอาดเครื่องมือ (ห้องล้าง) อุณหภูมิเฉลี่ยต่ำกว่าภายนอก 0.01 °C

บริเวณเครื่องทำให้ปราศจากเชื้อ (ห้องนึ่ง) อุณหภูมิเฉลี่ยต่ำกว่าภายนอก 0.41 °C

ด้านความชื้นสัมพัทธ์

บริเวณเครื่องทำให้ปราศจากเชื้อ (ห้องนึ่ง) มี 20% ของกลุ่มตัวอย่างที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน

บริเวณรับ-ล้างทำความสะอาดเครื่องมือ (ห้องล้าง) มี 40% ของกลุ่มตัวอย่างที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน

ห้องเก็บชุดอุปกรณ์ปราศจากเชื้อ (ห้องเก็บ) มี 53% ของกลุ่มตัวอย่างที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน

ห้องจัด-ห่อชุดอุปกรณ์ (ห้องแพ็ค) มี 67% ของกลุ่มตัวอย่างที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน

มีเครื่องปรับอากาศ

ห้องจัด-ห่อชุดอุปกรณ์ (ห้องแพ็ค) สามารถลดความชื้นสัมพัทธ์ได้เฉลี่ย 6.12 %RH

ห้องเก็บชุดอุปกรณ์ปราศจากเชื้อ (ห้องเก็บ) สามารถลดความชื้นสัมพัทธ์ได้เฉลี่ย 7.80 %RH

ไม่มีเครื่องปรับอากาศ

ห้องจัด-ห่อชุดอุปกรณ์ (ห้องแพ็ค) ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยสูงกว่าภายนอก 0.1 %RH

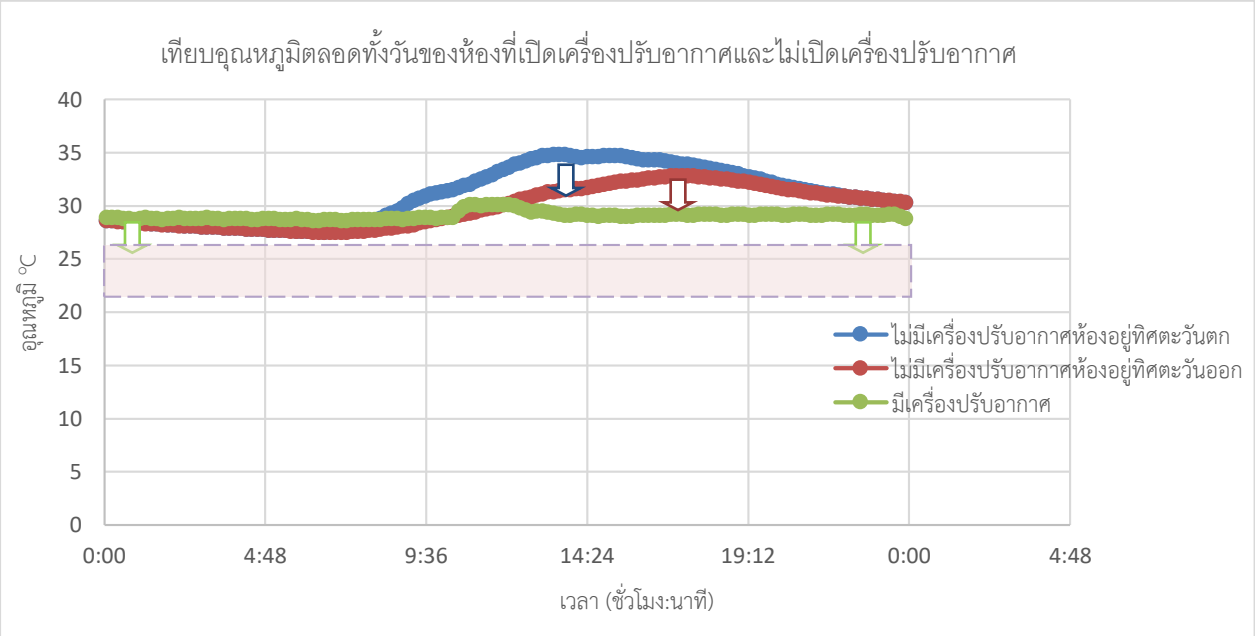
ห้องเก็บชุดอุปกรณ์ปราศจากเชื้อ (ห้องเก็บ) ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยสูงกว่าภายนอก 4.74 %RH

บริเวณรับ-ล้างทำความสะอาดเครื่องมือ(ห้องล้าง)ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยสูงกว่าภายนอก 1.15 %RH

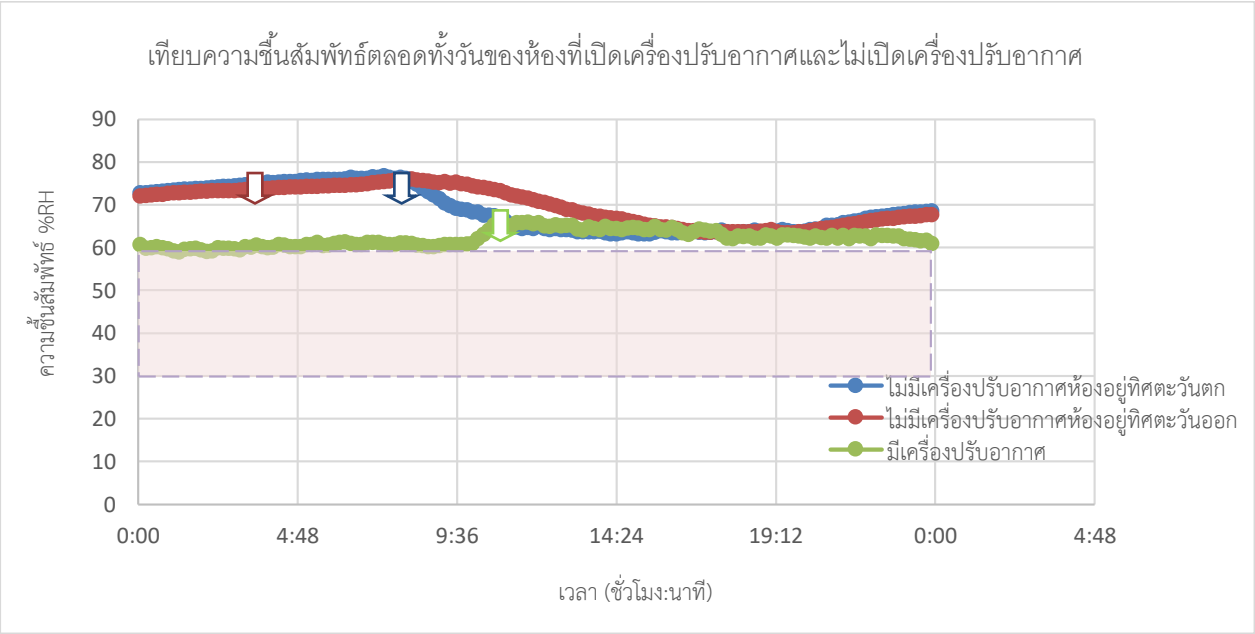
บริเวณเครื่องทำให้ปราศจากเชื้อ (ห้องนึ่ง) ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยสูงกว่าภายนอก 3.6 %RH

เมื่อเปรียบเทียบการทำงานตลอดทั้งวันของระบบที่ห้องมีเครื่องปรับอากาศกับห้องที่ไม่มีเครื่องปรับอากาศ

แผนภูมิ 4.10 อุณหภูมิอากาศ (°C) ระบบที่ห้องมีเครื่องปรับอากาศกับห้องที่ไม่มีเครื่องปรับอากาศ



แผนภูมิ 4.11 ความชื้นสัมพัทธ์ (%RH) ระบบที่ห้องมีเครื่องปรับอากาศกับห้องที่ไม่มีเครื่องปรับอากาศ

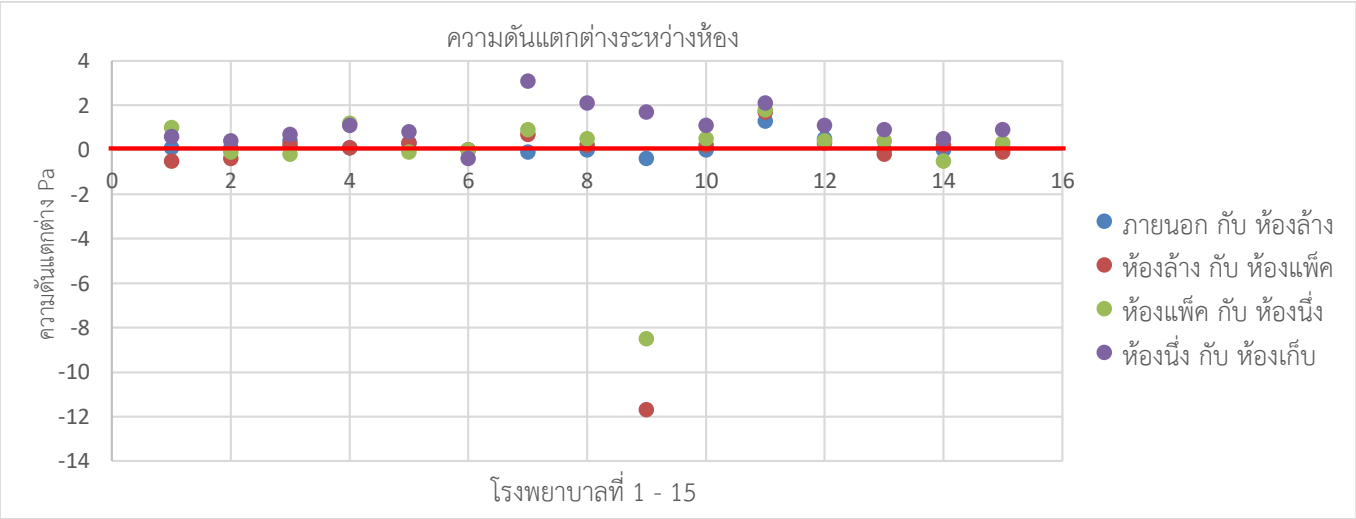


สภาวะปกติ ห้องที่ไม่มีเครื่องปรับอากาศจะไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้นได้ จากผลการวัดค่านี้อุณหภูมิจะสูงในช่วงตอนกลางวันและจะสูงมากในช่วงตอนบ่ายและเย็น ส่วนความชื้นนั้นจะสูงในช่วงตอนกลางคืนและตอนเช้า การมีหรือติดตั้งเครื่องปรับอากาศจะสามารถลดอุณหภูมิและความชื้นลงได้ แต่จะลดลงได้มากน้อยเพียงใดนั้นขึ้นกับหลายปัจจัยในการปรับอากาศ เช่น ขนาด จำนวนของเครื่องปรับอากาศ การสลับการทำงาน การซ่อมบำรุงดูแลรักษา ภาระความร้อนจากภายในและภายนอก

ตาราง 4.10 แสดงค่าความดันแตกต่างระหว่างห้องที่อยู่ติดกัน (Pa)

ที่	โรงพยาบาล	ความดันแตกต่างระหว่าง 2 บริเวณ (Pa)			
		บริเวณอ้างอิง	เขตสกปรก (Dirty zone)	เขตสะอาด (Clean zone)	เขตเก็บของปราศจากเชื้อ (Sterile storage zone)
		บริเวณทางเข้าหน่วยจ่ายกลาง	บริเวณรับ-ล้างทำความสะอาดเครื่องมือ	ห้องจัด-ห่อชุดอุปกรณ์	บริเวณเครื่องทำให้ปราศจากเชื้อ / ห้องเก็บชุดอุปกรณ์ปราศจากเชื้อ
1	โรงพยาบาล 1	0.1	-0.5	1.0	0.6
2	โรงพยาบาล 2	0.1	-0.4	-0.1	0.4
3	โรงพยาบาล 3	0.4	0.2	-0.2	0.7
4	โรงพยาบาล 4	0.1	0.1	1.2	1.1
5	โรงพยาบาล 5	0.3	0.3	-0.1	0.8
6	โรงพยาบาล 6	0.0	0.0	0.0	-0.4
7	โรงพยาบาล 7	-0.1	0.7	0.9	3.1
8	โรงพยาบาล 8	0.0	0.2	0.5	2.1
9	โรงพยาบาล 9	-0.4	-11.7	-8.5	1.7
10	โรงพยาบาล 10	0.0	0.2	0.5	1.1
11	โรงพยาบาล 11	1.3	2.1	2.5	3.4
12	โรงพยาบาล 12	0.5	0.3	0.4	1.1
13	โรงพยาบาล 13	0.0	-0.2	0.4	0.9
14	โรงพยาบาล 14	0.0	0.2	-0.5	0.5
15	โรงพยาบาล 15	0.1	-0.1	0.3	0.9
ค่าเฉลี่ย		0.16	-0.57	-0.11	1.2
% (ผ่านเกณฑ์+2.5 Pa)		5 %			

แผนภูมิ 4.12 ความดันแตกต่างระหว่าง 2 บริเวณ (Pa)



ความดันแตกต่าง มี ๕% ของกลุ่มตัวอย่าง ที่ความดันแตกต่างได้ตามเกณฑ์การป้องกันการติดเชื้อ (มากกว่า ๒.๕ Pa) โดยส่วนใหญ่ไม่มีการควบคุมให้เกิดความดันแตกต่างเพื่อป้องกันการติดเชื้อ อากาศสามารถไหลจากเขตสกปรกกว่าไหลไปยังเขตสะอาดได้ เมื่อมีช่องเปิดจากช่องประตูหรือช่องหน้าต่าง

วิเคราะห์ผลการศึกษา

สภาพอากาศหน่วยจ่ายกลาง โรงพยาบาลชุมชน จากการศึกษาและตรวจประเมินพบว่า

ปริมาณอนุภาคในอากาศ

100% ของบริเวณรับ-ล้างทำความสะอาดเครื่องมือ (ห้องล้าง) เป็นโซนที่มีปริมาณอนุภาคในอากาศที่มากที่สุดหรือสกปรกที่สุดและค่าเฉลี่ยสูงกว่าอากาศภายนอก

87% ของบริเวณห้องเก็บชุดอุปกรณ์ปราศจากเชื้อ (ห้องเก็บ) เป็นโซนที่มีปริมาณอนุภาคน้อยที่สุดหรือสะอาดที่สุด มี 13% ของบริเวณห้องเก็บชุดอุปกรณ์ปราศจากเชื้อ (ห้องเก็บ) ที่ปริมาณอนุภาคสูงกว่าหรือสะอาดน้อยกว่าห้องจัด-ห่อชุดอุปกรณ์ (ห้องแพ็ค)

ในส่วนบริเวณห้องเครื่องทำให้ปราศจากเชื้อ (ห้องนึ่ง) กับ ห้องจัด-ห่อชุดอุปกรณ์ (ห้องแพ็ค) สองบริเวณนี้เป็นห้องที่มีปริมาณอนุภาคหรือความสะอาดในลำดับที่ 2 และลำดับที่ 3 โดยมีเปอร์เซ็นต์ที่ใกล้เคียงกัน จากผลการวัดค่าที่ได้ไม่สามารถเปรียบเทียบหรือแยกกันได้อย่างชัดเจนว่าห้องใดมีปริมาณอนุภาคในอากาศที่น้อยกว่าหรือสะอาดกว่ากัน แต่สามารถสรุปได้ว่า ปริมาณอนุภาคในอากาศ

ห้องเก็บชุดอุปกรณ์ปราศจากเชื้อ (ห้องเก็บ) < น้อยกว่า < บริเวณเครื่องทำให้ปราศจากเชื้อ (ห้องนึ่ง)

ห้องจัด-ห่อชุดอุปกรณ์ (ห้องแพ็ค) < น้อยกว่า < บริเวณรับ-ล้างทำความสะอาดเครื่อง (ห้องล้าง)

เมื่อเทียบค่าระดับความสะอาด 33% ของห้องเก็บชุดอุปกรณ์ปราศจากเชื้อ เป็นห้องระดับ 1 ที่มีระดับเชื้อโรคต่ำมาก เทียบได้กับ Class ISO 7 เป็นห้องที่มีจำนวนอนุภาคขนาดตั้งแต่ 0.5 µm ขึ้นไปที่นับได้ไม่เกิน 10,000 อนุภาคต่ออากาศหนึ่งลูกบาศก์ฟุต อีก 67% ที่เหลือ ห้องเก็บชุดอุปกรณ์ปราศจากเชื้อเป็นห้องระดับ 2 เป็นห้องที่มีระดับเชื้อโรคต่ำ เทียบได้กับ Class ISO 8 เป็นห้องที่มีจำนวนอนุภาคขนาดตั้งแต่ 0.5 µm ขึ้นไปที่นับได้ไม่เกิน 100,000 อนุภาคต่ออากาศหนึ่งลูกบาศก์ฟุต

ด้านอุณหภูมิ

บริเวณรับ-ล้างทำความสะอาดเครื่องมือ (ห้องล้าง), ห้องจัด-ห่อชุดอุปกรณ์ (ห้องแพ็ค) และบริเวณเครื่องทำให้ปราศจากเชื้อ (ห้องนึ่ง) ค่าที่วัดได้ ไม่มีโรงพยาบาลใดเลยที่อุณหภูมิต่ำกว่า 26 °C หรือควบคุมอุณหภูมิได้ในช่วง 22-26 °C ตามที่สมาคมศูนย์กลางงานปราศจากเชื้อแห่งประเทศไทยหรือ ANSI/AAMIST79:2006

ในส่วนห้องเก็บชุดอุปกรณ์ปราศจากเชื้อ (ห้องเก็บ) มีเพียง 1 โรงพยาบาล หรือ 6 % ของกลุ่มตัวอย่าง ที่สามารถทำอุณหภูมิอากาศได้ต่ำกว่า 26 °C หรือสามารถควบคุมอุณหภูมิได้ในช่วง 22-26 °C ตามที่สมาคมศูนย์กลางงานปราศจากเชื้อแห่งประเทศไทยหรือANSI/AAMIST79:2006

ด้านความชื้นสัมพัทธ์

67% ของห้องจัด-ห่อชุดอุปกรณ์ (ห้องแพ็ค) ที่ความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในเกณฑ์

53% ของห้องเก็บชุดอุปกรณ์ปราศจากเชื้อ (ห้องเก็บ) ที่ความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในเกณฑ์

40% ของบริเวณรับ-ล้างทำความสะอาดเครื่องมือ (ห้องล้าง) ที่ความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในเกณฑ์

20% ของบริเวณเครื่องทำให้ปราศจากเชื้อ (ห้องนึ่ง) ที่ความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในเกณฑ์

กรณีที่ไม่มีเครื่องปรับอากาศ

อุณหภูมิภายในห้องจะใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศโดยรอบ (-0.41 °C ถึง+0.62°C) ความชื้นสัมพัทธ์จะสูงกว่าอากาศโดยรอบ (+0.1%RH ถึง +4.74 %RH) เมื่ออุณหภูมิหรือความชื้นอากาศภายนอกเกินเกณฑ์มาตรฐาน (หรือเกิน 55.26%RH) อุณหภูมิอากาศภายในหน่วยจ่ายกลางก็จะเกินเกณฑ์มาตรฐานได้

กรณีที่มีเครื่องปรับอากาศ

เครื่องปรับอากาศที่ใช้อยู่สามารถลดอุณหภูมิให้ต่ำกว่าสภาวะอากาศภายนอกได้เฉลี่ย -1.83 °C (ห้องแพ็ค) และ - 4.04 °C (ห้องเก็บของปราศจากเชื้อ) เมื่ออุณหภูมิอากาศภายนอกสูงเกิน 27.83 °C อุณหภูมิห้องแพ็คจะเกินเกณฑ์มาตรฐานได้ และเมื่ออุณหภูมิอากาศภายนอกเกิน 30.04 °C ห้องเก็บของปราศจากเชื้อจะเกินเกณฑ์มาตรฐานได้

เครื่องปรับอากาศที่ใช้อยู่สามารถลดความชื้นลงได้เฉลี่ย 6.12 %RH ของห้องแพ็ค และลดลงได้เฉลี่ย 7.80%RH ของห้องเก็บของปราศจากเชื้อ เมื่อความชื้นสัมพัทธ์อากาศภายนอกสูงเกิน 66.12 %RH ห้องแพ็ค ก็มีความเสี่ยงที่ความชื้นสัมพัทธ์จะเกินเกณฑ์มาตรฐาน และเมื่อเกิน 67.8 %RH ห้องเก็บของปราศจากเชื้อก็มีความเสี่ยงที่ความชื้นสัมพัทธ์จะเกินเกณฑ์มาตรฐาน

ความดันแตกต่างระหว่างบริเวณ

๕% ของทั้งหมด มีความดันแตกต่างเป็นไปตามเกณฑ์การป้องกันการไหลของอากาศข้ามบริเวณเพื่อป้องกันการติดเชื้อ (มากกว่า ๒.๕ Pa) อีก ๙๕% ไม่มีการควบคุมให้เกิดความดันแตกต่างเพื่อป้องกันการไหลของอากาศข้ามบริเวณ เมื่อมีช่องเปิดประตูหน้าต่างที่อยู่ติดกันอากาศสามารถไหลข้ามบริเวณได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีการระบายอากาศออกที่โซนสะอาดมากๆและมีการเปิดช่องประตู หน้าต่างที่อยู่ติดกับโซนสกปรก อากาศจากเขตที่สกปรกกว่าจะไหลไปยังเขตที่สะอาดได้มาก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความดันแตกต่างระหว่างบริเวณ

เขตสกปรก บริเวณรับ-ล้างทำความสะอาดเครื่องมือ (ห้องล้าง)

เป็นบริเวณรวบรวมเครื่องมือและอุปกรณ์ทางการแพทย์ที่ผ่านการใช้งานแล้ว จากการศึกษาพบว่าเป็นบริเวณที่มีปริมาณอนุภาคในอากาศมากที่สุด มีโอกาสที่ความเข้มข้นของการปนเปื้อนเชื้อโรคหรือการติดเชื้อทางอากาศได้มากที่สุด การระบายอากาศในบริเวณนี้จึงมีความจำเป็น เพื่อเจือจางเชื้อโรคหรือลดระดับความเข้มข้นการปนเปื้อนในอากาศลง การติดตั้งและใช้งานระบบระบายอากาศ เพื่อลดความเข้มข้นหรือการเจือจางเชื้อโรคในอากาศแล้วยังช่วยให้อากาศที่สะอาดกว่าไหลเข้าแทนที่ด้วย

ในหลายโรงพยาบาลบริเวณรับ-ล้างทำความสะอาดเครื่องมือเป็นพื้นที่ปิดไม่มีการระบายอากาศเลย หรือมีการระบายอากาศแต่ติดตั้งพัดลมระบายอากาศไว้บริเวณเหนือศีรษะผู้ปฏิบัติงาน หรือติดตั้งด้านหลังผู้ปฏิบัติงานนั้น ทำให้มีความเสี่ยงจากการเคลื่อนไหลถ่ายเทอากาศจากเครื่องมืออุปกรณ์ที่มีการปนเปื้อนไหลผ่านผู้ปฏิบัติงาน

การระบายอากาศที่ดีนั้นควรดูดอากาศบริเวณใกล้กับแหล่งกำเนิดหรือบริเวณใกล้สิ่งปนเปื้อน เพื่อลดระดับความเข้มข้นตั้งแต่ต้นกำเนิด ป้องกันการฟุ้งกระจาย ให้อยู่ในระดับที่ไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ โดย

ติดตั้งพัดลมระบายอากาศหรือฝาชีครอบดูด (fume hood) ใกล้กับเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ปนเปื้อน ควบคุมทิศทางการไหลอากาศ เพื่อระบายอากาศที่ฟุ้งกระจายรอบๆเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ปนเปื้อนทิ้งสู่ภายนอกโดยไม่ไหลผ่านมาสู่ผู้ปฏิบัติงาน และจะส่งผลให้ห้องรับ-ล้างอุปกรณ์มีความดันห้องเป็นลบเมื่อเทียบกับพื้นที่รอบๆ (มีความดันต่ำกว่าพื้นที่รอบๆ) อากาศถูกดูดผ่านกรอบประตูหรือช่องเปิดบริการอื่นๆเข้าไปในห้องนี้ซึ่งจะป้องกันไม่ให้มีสิ่งปนเปื้อนภายในห้องไหลสวนทางออกไปได้ เพื่อป้องกันการติดเชื้อและความปลอดภัยของเจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงาน

เขตปราศจากเชื้อ ห้องเก็บชุดอุปกรณ์ปราศจากเชื้อ (ห้องเก็บ)

เป็นบริเวณสำคัญที่ต้องควบคุมสภาวะแวดล้อม อนุภาคแขวนลอยในอากาศ อุณหภูมิ ความชื้น ความดัน เพื่อลดความเสี่ยงการปนเปื้อนการติดเชื้อ ควบคุมการเจริญเติบโตของเชื้อโรคหรือควบคุมจุลชีวะทางอากาศ จากการศึกษาพบว่า อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์โดยส่วนใหญ่ยังเกินเกณฑ์มาตรฐาน

กลุ่มที่หนึ่งคือไม่มีเครื่องปรับอากาศจึงไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิหรือความชื้นสัมพัทธ์ได้เลย สภาวะอากาศภายในห้องเก็บชุดอุปกรณ์ปราศจากเชื้อ จึงเปลี่ยนไปตามสภาวะอากาศภายนอก

กลุ่มที่สองคือมีเครื่องปรับอากาศแต่ไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ได้ตามเกณฑ์มาตรฐาน เนื่องจากประสิทธิภาพการปรับอากาศภาระความร้อน ความชื้นที่เกิดขึ้นและการทำงานตลอดทั้งวันของเครื่องปรับอากาศตัวเดียวที่ต้องทำงาน 24 ชั่วโมง เมื่อสภาวะอากาศภายนอกอุณหภูมิหรือความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานมาก เครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งอยู่ไม่สามารถปรับลดอุณหภูมิหรือความชื้นสัมพัทธ์ลงให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานได้ ต้องเพิ่มประสิทธิภาพการปรับอากาศโดยการบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศ หากยังไม่เพียงพอ ควรพิจารณาเพิ่มเครื่องปรับอากาศให้สามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้นให้ได้ตามเกณฑ์มาตรฐาน เพื่อควบคุมสภาวะแวดล้อม ลดความเสี่ยงการปนเปื้อนการติดเชื้อ ควบคุมจุลชีวะทางอากาศ ลดการเจริญเติบโตแพร่กระจายของเชื้อโรค

นอกจากอุณหภูมิและความชื้นแล้ว การกรองอากาศเพื่อคัดแยกอนุภาคหรือละอองในอากาศออกจากอากาศ การล้างทำความสะอาดฟิลเตอร์ การเพิ่มความละเอียดหรือความสามารถในการกรองอากาศ การเจือจางเชื้อ การเติมอากาศที่สะอาดเข้าแทนที่ ให้ความดันห้องเก็บชุดอุปกรณ์ปราศจากเชื้อมีความดันเป็นบวกสูงที่สุดสูงกว่าพื้นที่รอบๆ เพื่อความสะอาดและป้องกันการติดเชื้อของผู้ป่วย

เขตสะอาด ห้องจัด-ห่อชุดอุปกรณ์ (ห้องแพ็ค) และบริเวณเครื่องทำให้ปราศจากเชื้อ (ห้องนึ่ง)

พื้นที่สองบริเวณนี้ เป็นพื้นที่ที่อยู่ระหว่างกลางระหว่างเขตปราศจากเชื้อกับเขตสกปรก จากการศึกษาพบว่า บริเวณเครื่องทำให้ปราศจากเชื้อ (ห้องนึ่ง) มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศที่สูง มีความร้อนที่เกิดขึ้นจากกระบวนการทำงานของเครื่อง จึงเป็นเหตุให้บริเวณนี้มีการติดตั้งพัดลมระบายอากาศมากกว่าทุกบริเวณ (ความดันบริเวณนี้จึงเป็นลบ) เมื่อมีการเปิดช่องประตูหน้าต่างที่เชื่อมต่อระหว่างห้องเครื่องทำให้ปราศจากเชื้อ (ห้องนึ่ง) กับห้องจัด-ห่อชุดอุปกรณ์ (ห้องแพ็ค) จะส่งผลให้เกิดแรงดูด ดูดอากาศจากเขตสกปรก

บริเวณรับ-ล้างทำความสะอาดเครื่องมือ (ห้องล้าง) เข้าสู่เขตสะอาดทันทีเมื่อมีช่องเปิดระหว่าง ห้องจัด-ห่อชุดอุปกรณ์ (ห้องแพ็ค) กับบริเวณรับ-ล้างทำความสะอาดเครื่องมือ (ห้องล้าง)

ประตูหรือช่องหน้าต่างของห้องจัด-ห่อชุดอุปกรณ์ (ห้องแพ็ค) ฝั่งด้านเขตสกปรก บริเวณรับ-ล้างทำความสะอาดเครื่องมือ (ห้องล้าง) และฝั่งด้านเขตสะอาด ห้องเครื่องทำให้ปราศจากเชื้อ (ห้องนึ่ง) ไม่ควรมีช่องเปิดหรือเปิดประตู หน้าต่าง เพื่อเข้าออกหรือส่งของพร้อมกัน เพื่อป้องกันอากาศจากเขตสกปรกไหลไปยังเขตสะอาด เพื่อป้องกันการติดเชื้อของเครื่องมือและอุปกรณ์ที่นำไปใช้กับผู้ป่วยและเพื่อความปลอดภัยของเจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงาน

บทที่ ๕ สรุปผลการศึกษา ข้อเสนอแนะ และปัญหาอุปสรรค

สรุปผลการศึกษา

บริเวณรับ-ล้างทำความสะอาดเครื่องมือ (ห้องล้าง) มีความเสี่ยงสูงสุดที่จะเกิดการติดเชื้อทางอากาศกับผู้ปฏิบัติงาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งห้องล้างที่ปิดสนิทและไม่มีการระบายอากาศเลยจะมีปริมาณอนุภาคในอากาศสูงกว่าห้องที่มีการระบายอากาศหลายเท่า

ภาพแสดง ห้องล้างเครื่องมือในหน่วยจ่ายกลางที่ไม่มีการระบายอากาศออกเพื่อลดระดับความเข้มข้นของการฟุ้งกระจายจากกิจกรรมการรับ-ล้างทำความสะอาดเครื่องมือที่ผ่านการใช้งานมาแล้ว

บริเวณห้องเก็บชุดอุปกรณ์ปราศจากเชื้อ (ห้องเก็บ) สะอาดที่สุด แต่ไม่ทุกโรงพยาบาล เนื่องจากบางโรงพยาบาลให้ความสำคัญกับเครื่องปรับอากาศ ห้องจัด-ห่อชุดอุปกรณ์ (ห้องแพ็ค) มากกว่าเนื่องจากมีเจ้าหน้าที่อยู่ตลอดและมีการบำรุงรักษาที่มากกว่า ห้องที่มีเครื่องปรับอากาศจะสามารถลดอุณหภูมิและความชื้นลงได้ แต่ยังคงสูงกว่ามาตรฐาน เนื่องจากประสิทธิภาพการทำความเย็นการปรับอากาศที่ลดลง แต่ห้องที่ไม่มีเครื่องปรับอากาศเลยไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้นได้เลยมีค่าเท่ากับหรือสูงกว่าสภาวะภายนอกซึ่งต่างจากมาตรฐานมาก ในส่วนความสะอาดและการกรองอากาศนั้นอยู่ที่การให้ความสำคัญกับความสะอาดและการบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศ โดยระบบทั้งหมดไม่มีการควบคุมความดันเพื่อความสะอาด

ทิศทางการไหลเวียนอากาศจากเขตสะอาดไปเขตสกปรก จากการศึกษาพบว่า อากาศจากห้องเก็บชุดอุปกรณ์ปราศจากเชื้อ (ห้องเก็บ) สามารถไหลไปยังห้องบริเวณเครื่องทำให้ปราศจากเชื้อ (ห้องนึ่ง) ได้ แต่ไม่ควรให้อากาศจากบริเวณเครื่องทำให้ปราศจากเชื้อ (ห้องนึ่ง) ไหลไปยังห้องจัด-ห่อชุดอุปกรณ์ (ห้องแพ็ค) เพราะเนื่องจากอากาศบริเวณเครื่องทำให้ปราศจากเชื้อ (ห้องนึ่ง) ไม่ได้สะอาดกว่าห้องจัด-ห่อชุดอุปกรณ์ (ห้องแพ็ค) เท่าใดนัก จึงไม่ควรให้อากาศจากบริเวณเครื่องทำให้ปราศจากเชื้อ (ห้องนึ่ง) นี้ไหลไปยังห้องจัด-ห่อชุดอุปกรณ์ (ห้องแพ็ค) แต่สามารถให้อากาศจากห้องจัด-ห่อชุดอุปกรณ์ (ห้องแพ็ค) ไหลไปยังห้องรับ-ล้างทำความสะอาดเครื่องมือได้ เนื่องจากอากาศจากห้องจัด-ห่อชุดอุปกรณ์ (ห้องแพ็ค) สะอาดกว่าห้องรับ-ล้างทำความสะอาดเครื่องมือ (ห้องล้าง)

ระบบปรับอากาศและระบายอากาศที่ติดตั้งอยู่ไม่มีการจัดและควบคุมความดันแตกต่างระหว่างบริเวณอากาศจึงสามารถไหลข้ามไปมาระหว่างบริเวณได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีการระบายอากาศร้อนด้วยพัดลมระบายอากาศหลายๆตัวที่บริเวณเครื่องทำให้ปราศจากเชื้อ (ห้องนึ่ง) เมื่อเปิดประตูหรือช่องหน้าต่างถึงกัน

จะเกิดการดึงอากาศจากห้องจัด-ห่อชุดอุปกรณ์ (ห้องแพ็ค) ส่งผลให้อากาศจากบริเวณรับ-ล้างทำความสะอาดเครื่องมือที่มีความเสี่ยงสูงไหลย้อนมายังโซนสะอาดได้

ภาพแสดงการระบายอากาศที่ห้องนึ่งในปริมาณมาก ทำให้ห้องห่อ-บรรจุอุปกรณ์ (ห้องแพ็ค) มีความดันเป็นลบ ส่งผลให้อากาศโซนสกปรกที่มีความเสี่ยงสูงจากห้องรับ-ล้างอุปกรณ์ ไหลไปยังเขตสะอาด

ข้อเสนอแนะ

ควรติดตั้งพัดลมระบายอากาศในห้องรับ-ล้างเครื่องมือและอุปกรณ์บริเวณใกล้กับเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ทำการล้างในทิศทางระบายออกภายนอก เพื่อสร้างความดันเป็นลบ ป้องกันอากาศไหลย้อนผ่านเจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงาน ไหลย้อนไปยังเขตสะอาด ควรป้องกันการฟุ้งกระจายตั้งแต่ต้นทาง ลดระดับความเข้มข้นอนุภาคและฝุ่นละอองภายในห้อง อันเป็นการลดความเสี่ยงในการติดต่อแพร่กระจายเชื้อสู่ผู้ปฏิบัติงาน

ควรจัดให้มีเครื่องปรับอากาศอย่างน้อย ๑ เครื่อง เพื่อสามารถควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น ความสะอาดอากาศให้ได้ตามมาตรฐาน ประสิทธิภาพการทำความเย็นต้องเพียงพอต่อภาระความร้อนที่เกิดขึ้น สามารถลดอุณหภูมิ ความชื้นได้ดี ต้องมีการบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศตามคาบเวลาแม้จะไม่ใช่บริเวณที่มีคนทำงาน ถ้าจะให้ดีควรมีเครื่องปรับอากาศอีกเครื่องเพื่อสลับการทำงานและสลับการบำรุงรักษา เพื่อควบคุมสภาวะอากาศภายในห้องได้ตลอดเวลา สามารถยืดอายุการเก็บรักษาเครื่องมือ อุปกรณ์ ได้อย่างปราศจากเชื้อก่อนนำไปใช้งานกับผู้ป่วย

ห้องจัด-ห่อชุดอุปกรณ์ (ห้องแพ็ค) ไม่ควรเปิดช่องประตูหรือช่องหน้าต่างด้านห้องบริเวณรับ-ล้างทำความสะอาดเครื่องมือ (ห้องล้าง) และช่องประตูหรือช่องหน้าต่างด้านบริเวณเครื่องทำให้ปราศจากเชื้อ (ห้องนึ่ง) พร้อมกัน เพราะอากาศจากบริเวณรับ-ล้างทำความสะอาดเครื่องมือ (ห้องล้าง) ที่มีความเสี่ยงสูงจะไหลย้อนมายังโซนสะอาดบริเวณห้องจัด-ห่อชุดอุปกรณ์ (ห้องแพ็ค) ได้

ปัญหาและอุปสรรค

ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์เป็นการเก็บข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดในสภาพแวดล้อมที่มีการทำงานตามช่วงเวลาที่มากน้อยแตกต่างกันของแต่ละหน่วยจ่ายกลาง ดังนั้นข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์จึงอาจมีความคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริงได้ ในบางกรณี ข้อจำกัดและการวิเคราะห์คาดการณ์ข้อมูลที่เก็บรวบรวมจากกลุ่มตัวอย่างเพียงบางส่วน แล้วนำมาวิเคราะห์ข้อมูลในลักษณะเชิงสถิติ เพื่ออ้างอิงไปถึงข้อมูลทั้งหมด อาจมีความคลาดเคลื่อนบ้าง ดังนั้น เพื่อความแม่นยำและถูกต้องยิ่งขึ้น จึงต้องมีจำนวนของกลุ่มตัวอย่างและช่วงเวลาในการเก็บข้อมูลให้มากกว่านี้ ซึ่งจะส่งผลดีต่อการคาดการณ์ช่วยให้เกิดความถูกต้องแม่นยำมากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

๑. กองแบบแผน กรมสนับสนุนบริการสุขภาพ กระทรวงสาธารณสุข. พ.ศ. ๒๕๖๐ คู่มือการออกแบบอาคารและสภาพแวดล้อมสถานบริการสุขภาพ.

๒. สมาคมศูนย์กลางงานปราศจากเชื้อแห่งประเทศไทย พ.ศ. ๒๕๖๐ แนวปฏิบัติในการทำลายเชื้อและการทำให้ปราศจากเชื้อ.

๓. ทรงยศ ภารดี การควบคุมสิ่งแวดล้อมทางชีวภาพ

๔. สมาคมวิศวกรรมปรับอากาศแห่งประเทศไทย Cleanroom ห้องสะอาดสำหรับอุตสาหกรรมและพาณิชยกรรม ๒๕๔๕.

๕. AIA. Guidelines for Design and Construction of Hospital of Hospital and Health Care Facilities. The American Institute of Architects, Washington, D.C., ๒๐๐๑.

๖. ASHRAE Handbook – Fundamentals. “Physiological Principles and Thermal Comfort.” American Society of Heating. Refrigerating and Air-Conditioning Engineer, Inc., ๑๙๙๓.

๗. ASHRAE Handbook – Applications. “Health Care Facilities.” American Society of Heating. Refrigerating and Air-Conditioning Engineer, Inc., ๒๐๐๓.

๘. สถาบันบำราศนาดูร กรมควบคุมโรค พ.ศ. ๒๕๕๐. คู่มือการปรับปรุงคุณภาพอากาศภายในอาคารสถานพยาบาล.

๙. สถาบันบำราศนาดูร กรมควบคุมโรค แนวทางการพัฒนาหน่วยจ่ายกลาง

๑๐. มาตรฐาน CSSD ศูนย์เวชภัณฑ์ปลอดเชื้อหน่วยจ่ายกลาง การเก็บห่ออุปกรณ์ที่ผ่านกระบวนการปราศจากเชื้อ จากเว็ปไซต์ www.cssd-gotoknow.org

๑๑. TSO Sterile Services Department คู่มือมาตรฐานการออกแบบ CSSD มาตรฐาน HBN ๑๓ ๒๐๐๔.

กองวิศวกรรมการแพทย์
Medical Engineering Division