

แนวทางการออกแบบการปรับอากาศและ ระบายอากาศสำหรับโรงพยาบาล



โดย นายสุพจน์ เตชะอำนวยวิทย์
ผู้จัดการฝ่ายการตลาด
บริษัท ไทยเอ็นจีเนียริงสเปเชียลลิซ จำกัด

บทคัดย่อ

การออกแบบระบบปรับอากาศและระบายอากาศ พร้อมทั้งวัสดุส่วนสถาปัตยกรรมของอาคารโรงพยาบาลมีผลต่อการควบคุมการแพร่เชื้อ ซึ่งปัจจุบันเป็นที่สนใจของสถาบันที่เกี่ยวข้องตลอดจนถึงประชาชนที่จำเป็นต้องเข้ารับบริการจากโรงพยาบาล กลยุทธ์ในการออกแบบของโรงพยาบาลต้องพิจารณาถึงการแยกส่วนที่สกรปรกออกจากบริเวณที่สะอาด การหมุนเวียนอากาศที่เพียงพอ การส่องสว่างการจัดเก็บวัสดุ ตลอดจนถึง การจัดบริเวณสำหรับผู้ป่วยแต่ละประเภท (ผู้ป่วยแพร่เชื้อ และผู้ป่วยที่ไวต่อการติดเชื้อ) เป็นต้น ซึ่งหลายสถาบันมาตรฐานหลายแห่งในโลก ไม่ว่าจะเป็นแนวทางการออกแบบของ CDC-ศูนย์ควบคุมและป้องกันโรค, มาตรฐานของ ASHRAE, AIA-สถาบันสถาปนิกอเมริกัน, สมาคมอนามัยของเยอรมัน,

สวิสเซอร์แลนด์, เป็นต้น ต่างจัดทำขึ้น เพื่อกำหนดแนวทางการออกแบบในโรงพยาบาล ต่างก็มีแนวทางในการออกแบบต่างกัน ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมและระเบียบข้อบังคับทางกฎหมายของแต่ละประเทศ ซึ่งในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะแนวทางบางแง่มุมโดยอาศัยข้อมูลจากบทความแนวทางการออกแบบและปฏิบัติการด้านระบบปรับอากาศและระบายอากาศโดยคณะกรรมการร่วม ระหว่าง DGKH-สมาคมอนามัยโรงพยาบาลของเยอรมัน, SGSH-สมาคมอนามัยโรงพยาบาลของสวิสเซอร์แลนด์, OGHMP-กลุ่มภารกิจเฉพาะของสมาคมด้านระบบปรับอากาศและระบายอากาศเกี่ยวกับอนามัย, จุลวิทยาและยาป้องกัน ซึ่งมีสมมติฐานและหลักการอีกแง่มุมหนึ่ง เพื่อเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่ท่านผู้รู้จะพิจารณาปรับใช้ให้เหมาะกับสภาพแวดล้อม

เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับระบบการกรองอากาศ การพัฒนาระบบปรับอากาศเพื่อการประหยัดพลังงาน ที่มีการพัฒนาต่อเนื่อง การพัฒนาการทางการแพทย์ซึ่งเกิดความหลากหลายของลักษณะที่จำเป็นของห้องต่างๆ ในโรงพยาบาล ตลอดจนจนถึงการสร้างมาตรฐานก็จำเป็นต้องคำนึงถึงงบประมาณในการปรับปรุงที่ต้องให้เป็นไปได้ต่อไป

บทนำ

จากภาวะการเกิดโรคระบาดที่แพร่กระจายได้อย่างรวดเร็วในศตวรรษที่ผ่านมา ตลอดจนถึงการเกิดภาวะโรคแทรกซ้อนภายหลังการเข้ารับการรักษาเนื่องจากผลติดเชื้อจากการผ่าตัด ส่งผลให้ผู้เกี่ยวข้องเริ่มให้ความสนใจในการปรับปรุงระบบปรับอากาศและระบายอากาศของโรงพยาบาล เนื่องจากโรงพยาบาลสามารถเป็นต้นตอของการแพร่เชื้อทางอากาศเนื่องจากเป็นศูนย์รวมของผู้ป่วยทั้งที่สามารถแพร่เชื้อและไม่แพร่เชื้อ ผู้ที่เกี่ยวข้องกับโรงพยาบาลไม่ว่าจะเป็นแพทย์ พยาบาล เทคนิคการแพทย์ เภสัชกร นักวิทยาศาสตร์ บุคลากรด้านธุรการ วิศวกรงานระบบ หรือ เครื่องมือทางการแพทย์ ผู้ป่วยและญาติมิตร เป็นต้น ล้วนแล้วแต่ต้องได้รับการปกป้องให้ปลอดภัยจากการติดเชื้อ ดังนั้นการออกแบบระบบปรับอากาศและระบายอากาศควรคำนึงถึงการป้องกันการแพร่เชื้อจากผู้ป่วยไปสู่บุคคลอื่นๆ การป้องกันเชื้อมิให้แพร่กระจายไปสู่สภาพแวดล้อมภายนอก อย่างไรก็ตาม การปรับปรุงระบบต่างๆ นั้นก็ต้องคำนึงถึงค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงที่จะไม่สูงจนขาดงบประมาณและต้องตั้งจากงบประมาณส่วนอื่นจนกระทบต่อความสามารถในการบริการประชาชนให้ทั่วถึงโดยเฉพาะโรงพยาบาลของรัฐ ส่วนในภาคของโรงพยาบาลเอกชน จำเป็นต้องปรับปรุงให้สามารถแข่งขันได้ในอุตสาหกรรม

ในอดีตระบบปรับอากาศที่ไม่ได้ออกแบบไว้เพื่อป้องกันการแพร่เชื้อที่สามารถแพร่ได้ในอากาศ ทำให้เกิด

การแพร่เชื้อทั้งผู้ป่วยทางเดินหายใจ หรือการติดเชื้อในช่องผ่าตัด เป็นต้น ซึ่งอาจเกิดจากระบบการเติมอากาศที่ปนเปื้อนเชื้อจากต้นตอของเชื้อ การออกแบบระบบปรับอากาศที่ไม่ได้แบ่งแยกกระบบปรับอากาศสำหรับแต่ละห้องให้แยกจากกัน จึงทำให้เกิดการแพร่ของเชื้อทางอากาศจากห้องหนึ่งไปสู่อีกห้องหนึ่ง การใช้วัสดุที่เกิดการสะสมของฝุ่น การออกแบบห้องที่จำเป็นต้องสะอาด แต่ไม่สามารถรักษาความดันอากาศให้เหนือกว่าภายนอกได้ หรือการใช้ฉนวนบุภายในท่อที่ง่ายต่อการสะสมของฝุ่นละออง ท่อลมที่ไม่ได้ผ่านระบบการกรองฝุ่นอย่างเหมาะสมโดยเครื่องกรองอากาศระดับต่างๆ ตลอดจนถึงการประหยัดพลังงานที่นับวันจะทวีความสำคัญยิ่งขึ้น เป็นต้น ล้วนแล้วแต่ทำให้แพทย์, วิศวกร หน่วยงานของรัฐที่เกี่ยวข้องต่างหันมาให้ความสนใจและแก้ไขป้องกัน และหาทางกำหนดมาตรฐานที่เหมาะสม เนื่องจากมาตรฐานแต่ละแห่งก็ต่างกัน ลักษณะของห้องต่างๆ ในโรงพยาบาลต่างกัน บางห้องต้องมีความดันสูง บางห้องต้องต่ำ จึงสมควรที่ผู้เกี่ยวข้องต้องพิจารณาปรับใช้ให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมและธรรมชาติของคนไทยต่อไป

ระบบปรับอากาศและการป้องกันการติดเชื้อ

จากบทความแนวทางการออกแบบที่กล่าวถึง ได้มีข้อคิดเห็นร่วมกันระหว่างแพทย์ทางระบาดวิทยา วิศวกร นายแพทย์ที่ศึกษาโรคจากคนไข้จริง ต่างเห็นร่วมกันถึงความสำคัญของระบบปรับอากาศต่อการป้องกันการแพร่ขยายของโรค และใช้หลักฐานและเหตุผลดังต่อไปนี้เป็นแนวทางเพื่อการออกแบบระบบปรับอากาศและระบายอากาศสำหรับโรงพยาบาล

- ยังไม่มีหลักฐานการศึกษาทางคลินิกวิทยาว่าอากาศไม่มีความสัมพันธ์กับสาเหตุของการติดเชื้อหลังการผ่าตัดเฉพาะทาง เช่น การผ่าตัดปลูกถ่ายอวัยวะ (ข้อต่อ)
- มีข้อมูลจำนวนมากแสดงให้เห็นว่าอากาศมีผลต่อการติดเชื้อหลังการผ่าตัดอวัยวะ แม้ว่ายังไม่สามารถบ่งชี้

ถึงระดับของความรุนแรง แต่ก็มีความจำเป็นให้ความสำคัญ
ความสะอาดของอากาศในห้องผ่าตัด

- มีข้อมูลที่น่าเชื่อถือว่า อากาศที่ปนเปื้อนโดยเฉพาะ
อากาศที่ใกล้กับเตียงผ่าตัดและเครื่องมือผ่าตัดมีส่วน
โดยตรงการติดเชื้อจากการผ่าตัด

- มีข้อบ่งชี้จำนวนมากว่า อากาศมีส่วนสำคัญต่อ
การแพร่เชื้อระหว่างการผ่าตัดอันเป็นสาเหตุของการติดเชื้อ
ภายหลังการผ่าตัด แต่ก็ไม่ใช่ทุกกรณี

- การศึกษาทางคลินิกวิทยาหรือจุลชีพไม่ได้บ่งชี้ว่า
อากาศที่อยู่โดยรอบห้องผ่าตัดทั้งห้องข้างเคียงหรือไกล
ออกไป มีผลทำให้ผู้ป่วยเกิดความเสี่ยงต่อการติดเชื้อ
หลังการผ่าตัด

เงื่อนไขด้านพลังงานระบบปรับอากาศของโรงพยาบาล

การออกแบบระบบปรับอากาศเพื่อการประหยัด
พลังงานนับว่าเริ่มทวีความจำเป็นยิ่งขึ้น โดยเฉพาะ
โรงพยาบาลที่ต้องใช้พลังงานจำนวนมากและขาดไม่ได้
ต้องมีพลังงานสำรองอยู่ตลอดเวลาที่เปิดทำการ อย่างไรก็ตาม
ก็ตามการออกแบบห้องเฉพาะบางห้องของโรงพยาบาลเช่น
ห้องผ่าตัด ห้องผู้ป่วยแพร่เชื้อ ห้องผู้ป่วยควบคุมพิเศษ
เป็นต้น จำเป็นต้องคำนึงถึงความปลอดภัยมาก่อน เช่น
การเพิ่มอากาศหมุนเวียนเพื่อเจือจางสิ่งปนเปื้อน การเติม
อากาศใหม่เพื่อเพิ่มแรงดันห้องในการป้องกันการซึมเข้า
ของอากาศที่ปนเปื้อน การเพิ่มแผ่นกรองอากาศหรือ
หลอดยูวี-ซี ล้วนแล้วแต่เป็นการเพิ่มพลังงาน แต่ก็จำเป็น
เพื่อความปลอดภัยจากการติดเชื้อ

แนวความคิดใหม่

เนื่องจากแนวความคิดที่ผ่านมาได้มีการปรับปรุง
มาตรฐานของระบบปรับอากาศเพื่อป้องกันการป่วยจาก
การอยู่ในอาคาร (Sick Building Syndrome) ตามมาตรฐาน
คุณภาพของอากาศในอาคาร ผนวกกับหลักฐานทาง
วิทยาศาสตร์ที่อ้างถึงข้างต้น ทำให้แนวความคิดใหม่ของการ
ออกแบบระบบปรับอากาศที่อ้างถึง เห็นว่า การปรับปรุง

ระบบปรับอากาศนั้นจำเป็นเฉพาะ ห้องที่ต้องการควบคุมเรื่อง
อนามัยเป็นพิเศษ เช่น ห้องผ่าตัด ห้องแยกผู้ป่วยแพร่เชื้อ
ห้องฉายรังสี ห้องทดลอง เป็นต้น ส่วนระบบปรับอากาศใน
ส่วนที่ไม่ได้เกี่ยวข้องกับการป้องกันการติดเชื้อของผู้ป่วย
หรือการแพร่เชื้อ เช่น ตามทางเดิน ห้องที่ติดกับห้องผ่าตัด
ห้องผู้ป่วยหัวใจ ห้องพักฟื้น เป็นต้น ก็สามารถปรับระบบ
ปรับอากาศแบบมาตรฐานที่ออกแบบเพื่อสร้างความสบาย
(Comfort) ที่พิจารณาถึง อุณหภูมิ ความเร็วลมที่ผ่าน
และ ความชื้นสัมพัทธ์ เป็นเครื่องกำหนดอุณหภูมิที่สบาย
สามารถใช้ระบบที่มีอยู่เดิม หรือปรับปรุงเฉพาะส่วนที่
คุณภาพอากาศในอาคารไม่ได้เป็นไปตามมาตรฐานคุณภาพ
อากาศ การเติมอากาศใหม่เพียงเพื่อเจือจางฝุ่นหรือให้เป็น
ไปตามมาตรฐานคุณภาพอากาศ ทำให้สามารถลดค่าใช้จ่าย
ในการปรับปรุงโรงพยาบาลในส่วนอื่นนอกจากห้องผ่าตัด
หรือ ห้องที่ต้องระมัดระวังในเรื่องของอนามัย

ดังนั้นห้องที่ต้องเน้นเรื่องอนามัยอย่างเข้มงวดจำเป็น
ต้องมีการเติมอากาศใหม่ในปริมาณที่ผันแปรตามจำนวน
ของเจ้าหน้าที่และพื้นที่ห้อง และอากาศที่ต้องทำให้สะอาด
สูงสุดก็เป็นเพียงอากาศที่จ่ายเข้าสู่บริเวณที่เกี่ยวข้องเท่านั้น
เช่น หัวลมจ่ายเหนือเตียงผ่าตัดและโต๊ะเครื่องมือผ่าตัด
เป็นต้น

แนวทางเกี่ยวกับการทำอากาศให้สะอาด

1. ข้อกำหนดทั่วไป

อากาศที่จ่ายเข้าจำเป็นต้องผ่านแผ่นกรองอากาศ
ชั้นกลาง (Medium Filter) ที่มีประสิทธิภาพในการกรอง
ไม่น้อยกว่า 90-95% หรือ MERV 14 ตามมาตรฐาน
ASHRAE 52.1 หรือ 52.2 ตามลำดับ หรือ F9 ตาม
มาตรฐาน EN 779 สิ่งที่เลี่ยงไม่ได้คือ จำเป็นต้องมีแผ่น
กรองอากาศขั้นต้น (Pre Filter) ที่มีประสิทธิภาพในการ
กรองไม่น้อยกว่า 25 – 30% หรือ MERV 7 ตามมาตรฐาน
ASHRAE 52.1 หรือ 52.2 ตามลำดับ หรือ F4 หรือ F5
ตามมาตรฐาน EN779 และควรเป็นประเภทใช้แล้วทิ้งเพื่อ
ป้องกันการแพร่เชื้อ สามารถกำจัดได้โดยการเผาทำลาย

สำหรับอากาศใหม่ที่เติมเข้าสู่ระบบเพื่อรักษาแรงดันภายในห้องให้เป็นไปตามกำหนด ควรต้องมีชุดทำความเย็นเบื้องต้น (Pre Cool) เพื่อลดระดับความชื้นในอากาศ นอกจากนี้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนพลังงานเพื่อการประหยัดพลังงานก็สามารถวางหลังแผ่นกรองอากาศชั้นกลางได้หากอุปกรณ์นั้นง่ายต่อการทำความสะอาดและไม่เป็นที่สะสมของเชื้อจุลินทรีย์ต่างๆ

การบำรุงรักษาแผ่นกรองอากาศก็มีความสำคัญไม่น้อย จึงจำเป็นต้องเปลี่ยนแผ่นกรองอากาศเมื่อแผ่นกรองอากาศตันหรือถึงจุดแรงดันต่าง (Differential Pressure) ถึงกำหนดที่ผู้ผลิตบ่งไว้ (Final Resistance) เพื่อป้องกันการแพร่เชื้อและประหยัดพลังงาน โดยเครื่องวัดแรงดันตกคร่อม (Manometer หรือ Differential Pressure Gauge) เนื่องจากแผ่นกรองอากาศที่ตันจะลดปริมาณอากาศที่จ่ายเข้าไปในห้อง ทำให้ห้องไม่สามารถรักษาระดับความดันได้ พร้อมทั้งต้องเพิ่มพลังงานพัดลมเพื่อให้สามารถจ่ายลมได้อย่างปกติ

แผ่นกรองอากาศควรติดตั้งอยู่ในแผงกรองที่เหมาะสมเพื่อป้องกันการรั่วซึมของอากาศระหว่างแผ่นกรองอากาศกับโครงติดตั้ง (Holding Frame) พร้อมทั้งระบบท่อลมที่ป้องกันการรั่วซึม

ปริมาณลมใหม่ที่เติมเข้าและดูดออกจำเป็นต้องมีระบบปรับปริมาณลมในท่อลมที่ด้านใดด้านหนึ่งหรือสองด้านเพื่อสามารถปรับปริมาณให้เป็นไปตามที่กำหนด เพื่อรักษาระดับแรงดันภายในห้องตามที่ออกแบบไว้

นอกจากนั้นแล้ว ระบบผนังของห้องที่สำคัญต่างๆ เช่น ห้องผ่าตัด ห้องคัดแยกผู้ป่วยแพร่เชื้อ ห้องเก็บยา ห้องทดลอง เป็นต้น ควรเป็นผนังที่ป้องกันการสะสมของฝุ่นละออง หากเป็นไปได้ควรเป็นผนังที่มีฉนวนภายในเพื่อป้องกันการสูญเสียความชื้นสู่ห้องข้างเคียง ตลอดจนถึงป้องกันการควบแน่นของไอน้ำเป็นหยดน้ำเกาะผนังห้องข้างเคียง เนื่องจากห้องบางห้องจะมีความชื้นต่ำกว่าภายนอกมากจนเกิดการควบแน่นที่ผนังภายนอก ในปัจจุบันนี้มีผนังที่เป็นชนิดผนังสองชั้น (Double Skin Wall) ที่

สามารถเลือกชนิดของฉนวนบุกลางได้ให้เหมาะสมกับความต้องการ โดยเฉพาะระดับความต่างของความชื้นระหว่างห้อง เพื่อป้องกันการควบแน่นของไอน้ำที่ผนังห้อง อีกทั้งยังสามารถขยายขนาดห้องได้โดยไม่ต้องทิ้งของเก่า

ส่วนของประตูโดยเฉพาะประตูของห้องกันชน ห้องผ่าตัด ห้องคัดแยกผู้ป่วยแพร่เชื้อ ห้องทดลอง ห้องฉายรังสี เป็นต้น ควรเป็นประตูชนิดมีร่องหรือช่องว่างระหว่างประตูและวงกบน้อยมาก หากเกิดช่องว่าง จำเป็นต้องมีปะเก็นหรือวัสดุอื่น เพื่อป้องกันอากาศรั่วระหว่างประตูและวงกบ เพื่อป้องกันการรั่วซึมของอากาศ ภายในห้องในการรักษาระดับแรงดันภายในห้อง และเป็นการป้องกันการสูญเสียพลังงาน ตลอดจนจนถึงง่ายต่อระบบควบคุมการระบายอากาศและปรับอากาศ

พื้นห้องควรฉาบด้วยสีที่ไม่เป็นที่สะสมฝุ่น

การรักษาระดับแรงดันภายในห้องให้ได้ตามต้องการนั้น จำเป็นจะต้องเติมอากาศใหม่เข้าสู่ภายในห้องมากกว่าอากาศที่ดูดออก โดยอากาศที่ใหม่ที่จะเติมเข้านั้นไม่น้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับความสำคัญและความจำเป็นของห้อง ตลอดจนจนถึงการติดตั้งแผ่นกรองอากาศต่างๆ ซึ่งจะก่อให้เกิดความมั่นใจว่าอากาศใหม่ที่เข้าสู่ห้องจะไม่มีเชื้อของอากาศเก่าที่ถูกดูดออกและมีโอกาสกลับมาหมุนเวียนก่อนเป็นเชื้อภายในห้องอีก เช่น ห้องผู้ป่วยคัดแยกพิเศษ ผู้ออกแบบบางท่านอาจออกแบบให้ดูดอากาศออกหมด 100% แล้วเติมอากาศใหม่ทั้งหมดเพื่อป้องกันการย้อนกลับของเชื้อแม้ว่าจะมีการกรองอากาศด้วยแผ่นกรองอากาศประสิทธิภาพสูง (HEPA Filter) ซึ่งสามารถกรองฝุ่นขนาด 0.3 ไมครอนได้ไม่น้อยกว่า 99.999% หรือ H14 (99.995% MPPS) พร้อมทั้งมีหลอดยูวี-ซีเพื่อทำลายเชื้อแล้วก็ตาม เป็นต้น สำหรับห้องอื่นที่การนำกลับอากาศภายในห้องมาใช้ใหม่ไม่อันตรายต่อการติดเชื้อเช่นห้องผ่าตัด อาจสามารถนำอากาศกลับมาหมุนเวียนใช้ใหม่ เนื่องจากหวั่นกลัวของห้องผ่าตัดจำเป็นต้องมีแผ่นกรองอากาศประสิทธิภาพสูง (HEPA Filter) อยู่แล้ว

2. แผนกผ่าตัด

2.1. ห้องผ่าตัด

เพื่อเป็นการลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในอากาศ บริเวณโดยรอบจุดผ่าตัดเช่นบนเตียงผ่าตัด ที่พักเครื่องมือผ่าตัด (เขตป้องกัน Protected Area) ตามข้อเสนอแนะของบทความแนวทางการออกแบบและการปฏิบัติการระบบปรับอากาศและระบายอากาศที่อ้างถึง กำหนดให้ห้องผ่าตัดจะต้องมีการจ่ายลมแบบแทนที่ (Displacement) แบบทิศทางเดียว (Unidirectional Flow หรือ Laminar Flow) หรือ มีความแปรปรวนต่ำ (Low Turbulent Flow) ด้วยอากาศที่ไม่ปนเปื้อนฝุ่นหรือเชื้อโรคหรืออากาศรอบนอก และได้ผ่านการกรองด้วยแผ่นกรองอากาศประสิทธิภาพสูง (HEPA Filter) มีประสิทธิภาพในการกรอง ไม่น้อยกว่า 99.999% ที่ 0.3 ไมครอน หรือ H14 หรือ 99.995% (MPPS) เมื่อทดสอบด้วยสาร PAO หรือ DOP

ลมที่จ่ายออกจากหัวจ่ายที่ฝ้าเพดานลงมาตามแนวตั้ง จะต้องเป็นแบบทิศทางเดียว (Laminar Flow) ที่มีความเบี่ยงเบนของความเร็วลมไม่เกิน 5% ตลอดเขตป้องกัน (Protected Area) โดยมีหัวจ่ายลมอยู่เหนือตำแหน่งของเขตป้องกัน เพื่อรักษาความสะอาดของบริเวณป้องกันอย่างน้อย 2.8 x 2.8 ตารางเมตร พร้อมทั้งมีม่านบังลมใต้ฝ้าเพื่อควบคุมทิศทางลมสูง 5 – 50 เซนติเมตร ใต้ฝ้า โดยรอบพื้นที่ 3.2 x 3.2 เมตร เพื่อให้กระแสลม ณ เขตป้องกันมีการแปรปรวนต่ำ บางแห่งออกแบบให้มีม่านอากาศเพื่อควบคุมลมไม่ให้เกิดการแปรปรวนนอกเขตป้องกัน (ตามรูปที่ 1) ส่วนความเร็วลมตลอดใต้ฝ้า ระดับความชื้นสัมพัทธ์ แนวทางไม่ได้กำหนดแน่นอน แต่อย่างน้อยควรมีความเร็วใต้ฝ้าระหว่าง 0.28 – 0.45 เมตร/วินาที ความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในระดับที่ไม่ก่อให้เกิดการเจริญเติบโตของเชื้อรา และจุลินทรีย์ โดยเฉลี่ยที่ 40 – 60% และในส่วนอื่นภายในห้องผ่าตัดที่อยู่นอกเขตป้องกัน เพียงแต่ให้มีการรักษาอุณหภูมิ ความชื้นและความเร็วลมให้อยู่ในระดับ

สบาย (Comfort) ก็เพียงพอ แต่มีบางแห่งกำหนดในรูปแบบของปริมาณหมุนเวียนของอากาศในห้องไม่น้อยกว่า 15 - 25 รอบต่อชั่วโมง (25 Air Change/Hour) และมีการเติมอากาศใหม่ (Fresh Air) ประมาณ 5 – 10 รอบต่อชั่วโมง และแรงดันต่างภายในห้องจะต้องเป็นบวก ประมาณ 15 – 25 Pa.

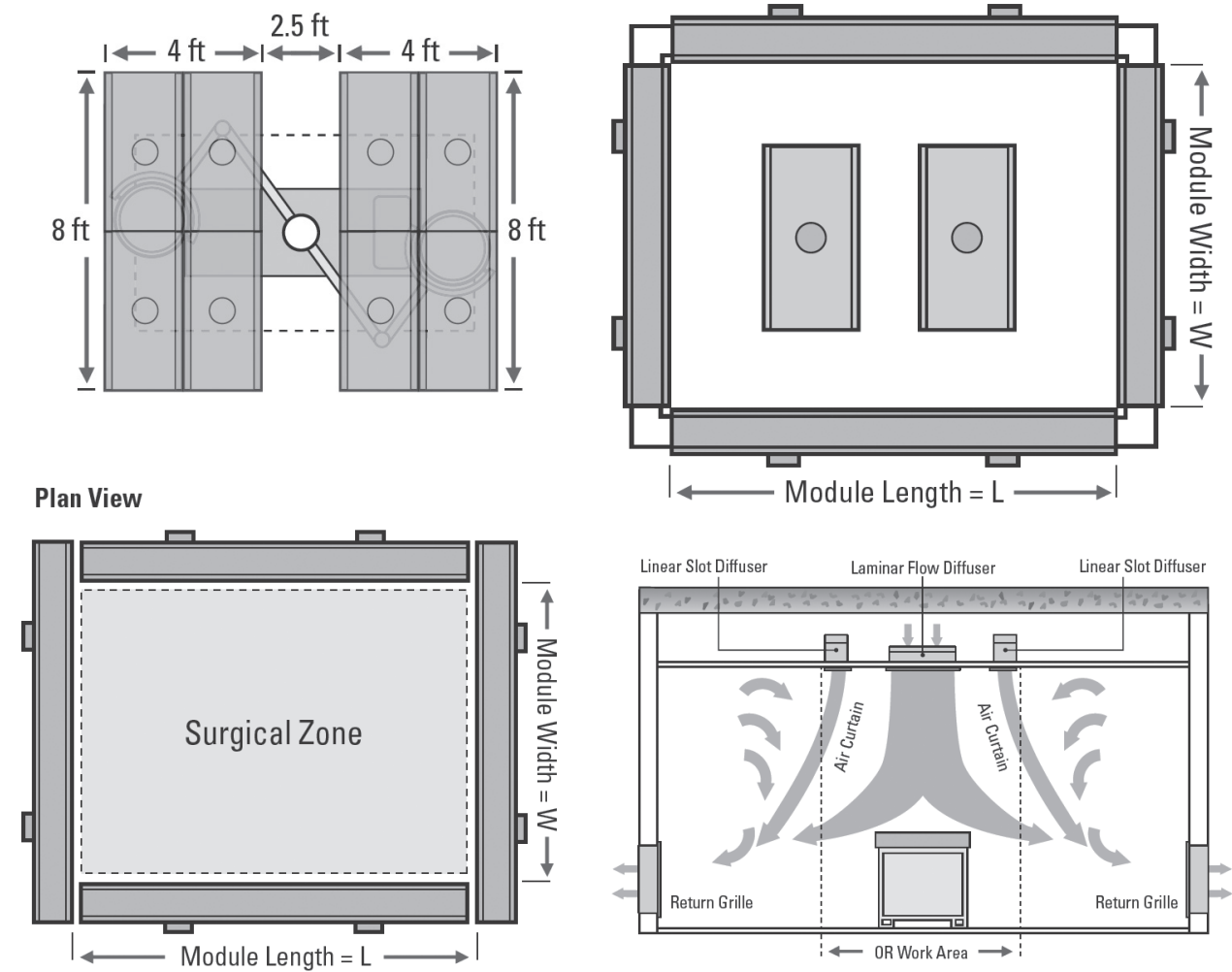
ทิศทางของกระแสลม ควรจะมีลักษณะที่เริ่มต้นจากจุดที่ต้องระมัดระวังเรื่องความสะอาดสูง แล้วไหลไปสู่จุดที่ไม่จำเป็นต้องรักษาความสะอาด ความเร็วลม ควรอยู่ระหว่าง 0.28 – 0.47 เมตร/วินาที ตลอดหน้าตัดเพื่อป้องกันลมย้อนกลับ

อากาศใหม่ (Fresh Air) ที่เติมเข้าสู่ห้องผ่าตัดหรือห้องควบคุมพิเศษ ควรมาจากปลายของท่อลมเข้าที่ห่างอย่างน้อย 9 เมตร จากปล่องควันจากเตาเผา ปลายท่อลมดูดอากาศทิ้งจากภายในโรงพยาบาล ระบบดูดอากาศทิ้งจากการผ่าตัด หอน้ำเย็น (Cooling Tower) เป็นต้น ปลายท่อลมดูดอากาศใหม่เพื่อจ่ายเข้าสู่ระบบปรับอากาศกลาง ควรอยู่สูงกว่าพื้นไม่น้อยกว่า 1.8 เมตร หรือ ที่เหมาะสม 3.6 เมตร และหากอยู่เหนือหลังคา ควรอยู่เหนือหลังคาไม่น้อยกว่า 0.9 เมตร และช่องลมเข้าควรมีอุปกรณ์ป้องกันนกปล่อยของเสีย, ละอองน้ำฝน หรือ ป้องกันฝุ่นเข้า

ระบบปรับอากาศของห้องผ่าตัดจำเป็นต้องแยกต่างหากจากระบบปรับอากาศของห้องอื่นหรือทางเดินยกเว้นห้องกันชน (Anteroom) ที่อาจอาศัยลมบางส่วนของห้องผ่าตัด หรือแยกออกเฉพาะ

นอกจากนั้นแล้วชุดที่แพทย์หรือผู้ช่วยแพทย์ในการผ่าตัด จำเป็นต้องเป็นชุดที่ป้องกันการเกาะของฝุ่น ซึ่งอาจต้องใช้ผ้าทอพิเศษสำหรับห้องสะอาดโดยเฉพาะ

การตรวจสอบรับรองห้องผ่าตัดหรือห้องอื่นที่ต้องควบคุมพิเศษ สามารถกระทำได้โดยเครื่องมือวัดต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น เครื่องวัดฝุ่น (Particle Counter) เพื่อวัดระดับปริมาณฝุ่นที่เกิดขึ้นตลอดพื้นที่เขตป้องกัน หรือทั่วห้องผ่าตัดตามมาตรฐานห้องสะอาด ISO 14644-1 หรือ



รูปที่ 1 แสดงตัวอย่างผังด้านบนและข้างที่ติดตั้งแผ่นกรองอากาศประสิทธิภาพสูง (HEPA Filter)

วัดการรั่วของแผ่นกรองอากาศประสิทธิภาพสูงภายหลังการติดตั้ง (Leak Test) โดยฉีดสาร PAO-Poly Alpha Olefin ด้วยเครื่องฉีดละออง (Aerosol Generator) ทั้งแบบร้อนหรือเย็น แล้ววัดด้วยเครื่องวัดประสิทธิภาพของแผ่นกรองอากาศ คือ Photometer เพื่อวัดอัตราการรั่วของแผ่นกรองอากาศและรอยเชื่อมต่อของกล่องติดตั้งและแผ่นกรอง ตามมาตรฐานที่กำหนดโดยสถาบัน NEBB และวัดปริมาณลมด้วยเครื่องความเร็วลม (Anemometer) หรือกรวยวัดปริมาณลม (Capture Hood) และวัดความดันต่างของห้องด้วย เครื่องวัดความดันต่าง (Differential Pressure Gauge)

ในกรณีที่ออกแบบห้องผ่าตัดในลักษณะที่กระแสลมแบบทิศทางเดียวเหนือเตียงผ่าตัด โดยให้ส่วนอื่นรอนอกเขตป้องกันมีระบบการระบายและปรับอากาศเป็นแบบประหยัดคือ เพียงให้เกิดความสบาย จะกระทำได้อีกก็ต่อเมื่อมีการรักษาความสะอาดและอนามัยและฆ่าเชื้อในบริเวณโดยรอบอย่างสม่ำเสมอ นอกจากนั้นแล้วอุปกรณ์ผ่าตัดควรจัดเตรียมภายใต้เขตป้องกัน หากจัดเตรียมภายนอก ต้องมั่นใจได้ว่าบริเวณที่จัดเตรียมมีความสะอาดและอนามัยตรงตามข้อกำหนดอนามัย



รูปที่ 2 ตัวอย่างเครื่องมือวัดปริมาณลม (บนซ้าย) เครื่องวัดปริมาณอนุภาคฝุ่นในอากาศ (บนขวา)
เครื่องวัดแรงดันตกคร่อม (ล่างซ้าย) เครื่องวัดความเร็วลม (ล่างขวา)

2.2. ช่องทางเดินสำหรับจ่ายอากาศปราศจากเชื้อ

สำหรับช่องทางเดินที่เป็นทางเข้าสู่ห้องผ่าตัด ควรเป็นห้องที่มีแรงดันเป็นบวกหรือสูงกว่าภายนอก เช่นเดียวกับห้องผ่าตัดแต่ต่ำกว่าห้องผ่าตัด เพียงแต่ระดับความสะอาดของอากาศที่จ่ายเข้าสู่ทางเดินอาจไม่จำเป็นต้องสะอาดเท่าเขตป้องกันในห้องผ่าตัด โดยอาจติดตั้งแผ่นกรองอากาศชั้นกลาง (Medium Filter) ที่มีประสิทธิภาพในการกรองไม่ต่ำกว่า MERV 14 ตามมาตรฐาน ASHRAE52.2 หรือ F9 ตามมาตรฐาน EN 779 หรือขึ้นอยู่กับวินิจฉัยของผู้เกี่ยวข้อง เนื่องจากบริเวณทางเดินจะเป็นแนวทงผ่านของทั้งแพทย์ พยาบาล ผู้ป่วย ดังนั้นจึงมีโอกาสที่เกิดฝุ่นปริมาณสูง จึงจำเป็นต้องออกแบบให้มีการจ่ายอากาศที่มีความสะอาดสูงรองจากเขตป้องกันในห้องผ่าตัด

2.3. ห้องกันชนที่ติดกับห้องผ่าตัด (Anteroom)

เนื่องจากจำเป็นต้องมีการเติมอากาศใหม่เข้าสู่ห้องวิสัญญี-ห้องดมยาสลบหรือห้องผ่าตัดในอัตราไม่น้อยกว่า 800 – 1,200 ลบ.เมตร/ชั่วโมง แนวทางได้กำหนดให้ห้องกันชนสามารถใช้อากาศที่ระบายออกจากห้องผ่าตัดห้องดมยาสลบ หรือห้องพักฟื้นภายหลังการผ่าตัด โดยผ่านบานควบคุมแรงดัน (Barometric Damper) หรือท่อลมเป็นต้น

2.4. บริเวณส่วนอื่นๆภายในแผนกผ่าตัด

สำหรับระบบปรับอากาศและระบายอากาศ ที่จ่ายเข้าสู่ส่วนอื่นๆ ของแผนกผ่าตัด อาจต้องมีการเติมอากาศภายนอกประมาณ 50 ลบ.เมตร/ชั่วโมง ต่อ คนที่อยู่ในห้อง โดยผ่านแผ่นกรองอากาศที่มีประสิทธิภาพในการกรอง

ไม่น้อยกว่า MERV14 ตามมาตรฐาน ASHRAE 52.2 หรือ F9 ตามมาตรฐาน EN 779 ก็เพียงพอ แต่ในส่วนของห้องพักฟื้นหรือห้องทำงานทั่วไปที่เป็นห้องเปิด ที่ไม่ได้ใช้ระบบปรับอากาศอย่างน้อยควรมีมุ้งลวดกันแมลง

3. แผนกอายุรกรรมและห้องพยาบาล

3.1. ห้องคนไข้ปกติ

การออกแบบให้มีอากาศอยู่ในลักษณะที่สบายก็เพียงพอ หากอยู่ในอากาศที่สามารถถ่ายเทได้ตามธรรมชาติ อาจใช้การเปิดหน้าต่างตามธรรมชาติเพื่อให้ลมหมุนเวียนหรือ ติดตั้งพัดลมถ่ายเทอากาศก็อาจเพียงพอเพื่อการประหยัดพลังงานหรือตามความคิดเห็นของเจ้าของโครงการหรือผู้ออกแบบ

3.2. ห้องผู้ป่วยดูแลเข้มข้น

(ICU-Intensive Care Unit)

ห้องผู้ป่วยประเภทนี้สามารถสามารถใช้ระบบปรับอากาศและระบายอากาศที่มีการผ่านแผ่นกรองอากาศชั้นกลางที่มีประสิทธิภาพในการกรองไม่น้อยกว่า MERV14 ตามมาตรฐาน ASHRAE52.2 หรือ F9 ตามมาตรฐาน EN779 ที่ปลายทางของหัวจ่ายลมเข้าห้องก็เพียงพอ ยกเว้นผู้ป่วยที่สามารถแพร่เชื้อสู่ผู้อื่น เช่น ผู้ป่วยจากการผ่าตัดเนื่องจากวัณโรค โรคตับอักเสบ เป็นต้น จึงจำเป็นต้องแยกผู้ป่วยพักฟื้นสำหรับโรคที่แพร่เชื้อได้นี้ ในบริเวณเฉพาะที่มีสภาพแรงดันอากาศต่ำกว่าบริเวณโดยรอบ (Negative Pressure) และอากาศดูดออกต้องผ่านกระบวนการกรองเพื่อป้องกันการแพร่กระจายของเชื้อไปสู่บริเวณอื่น อย่างน้อยต้องมีแผ่นกรองอากาศประสิทธิภาพสูงไม่น้อยกว่า H13 หรือสามารถกรองอนุภาคขนาด 0.3 ไมครอนได้ไม่น้อยกว่า 99.97% ซึ่งในบางแห่งอาจกำหนดเพิ่มเติมให้มีระบบผ่านแสง ยูวี-ซี ก่อนปล่อยทิ้งสู่ภายนอกเป็นการป้องกันที่ก่อความมั่นใจได้อีกระดับหนึ่ง สิ่งนี้ย่อมขึ้นอยู่กับวินิจฉัยของผู้เกี่ยวข้อง

3.3. หน่วยพิเศษเกี่ยวกับห้องเอก, ระบบเลือด และระบบภูมิคุ้มกันบกพร่อง

เพื่อป้องกันผู้ป่วยประเภทนี้ซึ่งง่ายต่อการติดเชื้อจากภายนอก อากาศที่จ่ายเข้าสู่ห้องผู้ป่วยประเภทนี้ ควรมีระบบป้องกันเชื้อจุลินทรีย์หรือเชื้อโรคที่อาจปนเปื้อนในอากาศ ทำให้ต้องผ่านการกรองด้วยแผ่นกรองอากาศประสิทธิภาพสูง (HEPA Filter) ที่มีประสิทธิภาพในการกรองอนุภาคขนาด 0.3 ไมครอนไม่น้อยกว่า 99.999% (H14) หรืออาจเพิ่มหลอดยูวี-ซี เพื่อเป็นการป้องกันอีกชั้นหนึ่ง แต่ไม่ควรใช้หลอดยูวี-ซี อย่างเดียว และห้องผู้ป่วยนี้ควรเป็นห้องที่มีแรงดันอากาศสูงกว่าภายนอก (Positive Pressure) เพื่อป้องกันเชื้อจากภายนอกสู่ผู้ป่วย

3.4. ผู้ป่วยติดเชื้อ

สำหรับผู้ป่วยติดเชื้อซึ่งสามารถแพร่เชื้อสู่ผู้อื่นได้นั้น จำเป็นต้องคุมให้อยู่ภายใต้สภาพแวดล้อมที่มีแรงดันอากาศต่ำกว่าภายนอก โดยจัดให้มีห้องผู้ป่วยเดี่ยวแยกเฉพาะหรือ เตียงเฉพาะที่มีระบบล้อมรอบ มีการดูดอากาศออกให้ภายในมีแรงดันต่ำ และกรองอากาศที่ดูดออกด้วยแผ่นกรองอากาศประสิทธิภาพสูงก่อนทิ้งสู่สิ่งแวดล้อมภายนอก (สำหรับการออกแบบห้องผู้ป่วยแพร่เชื้อนี้ มีอยู่ในบทความหนังสือวิชาการเล่มที่ผ่านมา)

4. แรงดันอากาศภายในห้องต่างๆ

สำหรับการออกแบบระบบปรับอากาศและระบายอากาศในโรงพยาบาลนั้น ในเรื่องแรงดันต่างของแต่ละห้องในโรงพยาบาลนับว่ามีความสำคัญสูง เพื่อควบคุมและป้องกันการแพร่กระจายของเชื้อโรคต่างๆ ไม่ให้ติดต่อไปยังบุคคลากรที่สำคัญของโรงพยาบาล ผู้ป่วย หรือ ผู้ที่มีภารกิจกับโรงพยาบาล แรงดันต่างมักจะอยู่ระหว่าง 5 — 20 Pa เมื่อเทียบกับห้องข้างเคียงตามลำดับความสำคัญ โดยบางครั้งอาจมีแรงดันต่างสูงถึง 45 Pa เมื่อเทียบกับบรรยากาศปกติ

5. การปรับปรุงห้องผ่าตัด

ในการปรับปรุงห้องผ่าตัดนั้น หากระบบปรับอากาศเดิมเป็นระบบทำความเย็นแบบเดินท่อลม ไม่ได้เป็นแบบแยกส่วน อาจสามารถใช้อุปกรณ์เดิมบางส่วน แต่เนื่องจากพัดลมที่ติดตั้งมากับเครื่องปรับอากาศเดิมนั้นมักจะมีแรงดันสถิตย์ (Static Pressure) ต่ำ เนื่องจากไม่ได้คำนวณเผื่อสำหรับแผ่นกรองอากาศชั้นกลาง (Medium Filter) และแผ่นกรองอากาศประสิทธิภาพสูง (HEPA Filter) ดังนั้นจึงอาจติดตั้งกล่องพัดลมติดตั้งแผ่นกรองอากาศประสิทธิภาพสูง (Fan Filter Unit) ที่ปลายทางบนฝ้า ทำให้ไม่ต้องเปลี่ยนพัดลมเดิมของเครื่องปรับอากาศ นอกจากนั้นแล้ว พัดลมที่ติดมากับเครื่องปรับอากาศก็ไม่จำเป็นต้องมีขนาดใหญ่ ทำให้ต้องใช้พลังงานสูงขึ้นในการขับเคลื่อน ในปัจจุบันนี้ห้องสะอาดที่ต้องการความสะอาดสูงและใช้พื้นที่ขนาดใหญ่ นับพันตารางเมตร มักจะใช้พัดลมติดตั้งแผ่นกรองอากาศประสิทธิภาพสูง (Fan Filter Unit) ติดบนฝ้าเพดานเหนือห้องสะอาด ทำให้ง่ายต่อการปรับความเร็วลมในแต่ละจุดให้ลมที่จ่ายจากบนฝ้าสู่พื้นที่ด้านใต้มีความแปรปรวนต่ำ ความเร็วลมแต่ละจุดได้ฝ้าที่ระดับเดียวกัน หากวัดห่างจากแผ่นกรองอากาศประสิทธิภาพสูงประมาณ 1 นิ้ว ความเบี่ยงเบนของความเร็วลมในแต่ละจุดจะไม่เกิน 5%

สรุป

การออกแบบระบบปรับอากาศและระบายอากาศสำหรับโรงพยาบาลนั้น ต้องคำนึงถึงความปลอดภัยสำหรับบุคคลต่างๆ ที่อยู่ภายในโรงพยาบาลเอง หรือ มาใช้บริการจากโรงพยาบาล พร้อมทั้งสามารถควบคุมการแพร่กระจายของเชื้อไม่ให้แพร่กระจายจากแหล่งของแหล่งแพร่เชื้อไปสู่รอบข้าง การจัดสรรงบประมาณเพื่ออนามัยดังกล่าว นับว่ามีความจำเป็น ยิ่งการเปิดประเทศเป็นแบบเสรี ง่ายต่อการเข้าออกประเทศ ย่อมทำให้เกิดความเสี่ยงสูงต่อการแพร่ระบาดของโรคภัยไข้เจ็บใหม่ๆ ที่ยากแก่การรักษาและป้องกัน เพราะหากเกิดการระบาดของโรคแต่ละครั้งสามารถก่อผลเสียหายร้ายแรงต่อปัจเจกชนตลอดจนถึงความเชื่อมั่นจากต่างชาติในการติดต่อธุรกิจหรือท่องเที่ยว อีกทั้งเทคโนโลยีใหม่เกี่ยวกับการป้องกันการระบาดของโรคก็เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทำให้จำเป็นต้องปรับปรุงอย่างสม่ำเสมอเพื่ออนามัยโดยรวมของประชากร

บรรณานุกรม

Dr.med. Klaus and HVAC Task Group, "Guidelines (draft): Design and Operating Heating, Ventilation and Air-Conditioning (HVAC) in Hospitals", Hyg Med 27, January 2002

Col (Dr) S K M Rao, "Draft Guidelines on Ventilation Systems in Hospitals"

Price Industries Limited, "Critical Environment Engineering Guides", 2011