

บทความพิเศษ

ห้องแยกสำหรับผู้ป่วยโรคติดเชื้อที่แพร่กระจายทางอากาศ

พรศักดิ์ นิมวัฒนากุล พ.บ.*

บทนำ

สถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้ออุบัติใหม่ และของวัณโรคดื้อยา ซึ่งเป็นโรคที่แพร่กระจายเชื้อทางอากาศ (airborne infectious diseases) นับเป็นภัยที่คุกคามต่อประชาชน และคุกคามอย่างยิ่งต่อบุคลากรสุขภาพ ที่จะต้องดูแลผู้ป่วยเหล่านี้ จึงทำให้เกิดความตื่นตัวในการระวังป้องกันมากขึ้น การจัดหาห้องแยกสำหรับดูแลรักษาผู้ป่วยอย่างปลอดภัย ก็นับเป็นส่วนหนึ่งของมาตรการป้องกัน ซึ่งกำลังได้รับความสนใจค่อนข้างมากในปัจจุบัน

อย่างไรก็ตามจะต้องไม่ลืมว่ามาตรการป้องกันที่มีประสิทธิภาพ ต้องประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน ซึ่งมีลำดับความสำคัญดังต่อไปนี้ คือ

1) การบริหารจัดการ เพื่อให้มีการตรวจพบผู้ป่วยโดยเร็ว และให้การรักษาผู้ป่วยอย่างได้ผล เพื่อกำจัดแหล่งแพร่เชื้อโดยเร็ว นับเป็นมาตรการที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันได้ดีที่สุด เสียค่าใช้จ่ายคุ้มค่า และปฏิบัติได้ทันทีในทุกสถานบริการ จึงต้องดำเนินการเป็นลำดับแรก

2) การควบคุมสภาพแวดล้อม (Environmental control) โดยอาศัยการระบายอากาศเพื่อพัดพาเชื้อโรคออกไปจากบริเวณปฏิบัติงาน ก่อนที่จะก่อโรคกับบุคคลอื่น รวมไปถึงการป้องกันการแพร่กระจายและการทำลายเชื้อในอากาศด้วย ซึ่งโดยทั่วไปต้องใช้เทคโนโลยีค่อนข้าง

ซับซ้อน เป็นเหตุให้ต้องเสียค่าใช้จ่ายค่อนข้างมาก และจะไม่ได้ผลถ้าใช้ผิดวิธี หรือไม่มีการบำรุงรักษาอย่างถูกต้องเหมาะสม รวมทั้งไม่สามารถรองรับปริมาณผู้ป่วยได้ ถ้าไม่ใช้มาตรการในข้อ 1 พร้อมกันไปด้วย

3) การป้องกันส่วนบุคคล (Personal respiratory protection) เช่นการสวมหน้ากากชนิดต่าง ๆ (N95, Particulate respirator, N100, PAPR) ซึ่งพบว่าช่วยลดความเสี่ยงได้บ้าง แต่ไม่สามารถใช้ทดแทนมาตรการในข้อ 1 และ 2 ได้ นอกจากนี้ถ้าใช้ไม่ถูกต้องเช่น ไม่ได้ทำ fit test และ fit check ขณะสวมใส่ ก็จะไม่ได้ผลในการป้องกัน และในบางครั้งยังเพิ่มโอกาสสัมผัสเชื้อมากขึ้นอีกด้วย

โรงพยาบาลพระปกเกล้า ได้ใช้มาตรการครบทั้ง 3 ข้อ ในการป้องกันการแพร่กระจายเชื้อวัณโรค โดยเริ่มดำเนินการมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2538 ก่อนที่จะมีอุบัติการณ์ของโรค SARS และไข้หวัดนก ซึ่งได้มีการพัฒนาทั้งระบบมาตามลำดับ และในปี พ.ศ. 2547 เมื่อได้รับงบประมาณจัดสร้างห้องแยกสำหรับผู้ป่วยโรค SARS & ไข้หวัดนก เราจึงมีข้อมูลและองค์ความรู้เพียงพอที่จะปรับเปลี่ยนข้อกำหนดบางประการให้ห้องแยกนี้ มีมาตรฐานความปลอดภัยเพิ่มขึ้น โดยใช้งบประมาณเท่าเดิม และยังคงมีแนวทางในการพัฒนาหอผู้ป่วยแยกโรคให้มีความสมบูรณ์เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง

* กลุ่มงานศัลยกรรม โรงพยาบาลพระปกเกล้า จังหวัดจันทบุรี

ตารางที่ 1 ตารางเวลาพัฒนาการของระบบป้องกันการแพร่กระจายเชื้อโรคติดต่อที่แพร่กระจายทางอากาศ โรงพยาบาลพระปกเกล้า

ปี พ.ศ.	กิจกรรมที่เริ่มปฏิบัติ
2539	- Work shop & brain storm เรื่องระบบการคัดกรองและแยกผู้ป่วยวัณโรคระยะแพร่เชื้อ - ศึกษาวิจัยภาวะติดเชื้อวัณโรค & Sero-conversion rate ในบุคลากรของโรงพยาบาล - ปรับปรุงการระบายอากาศตามหอผู้ป่วยและหน่วยบริการต่างๆ - จัดหา particulate mask และฝึกอบรมการใช้งาน
2540	- ตรวจสอบสุขภาพบุคลากรประจำปี เน้นการเฝ้าระวัง - ผลักดันให้มีหอผู้ป่วยแยกโรค (isolation unit) - Brain storm เรื่องข้อกำหนดสำหรับ airborne isolation room
2541	- เปิดให้บริการหอผู้ป่วยแยกโรค - สร้างห้องต้นแบบ isolation room แบบที่ 1 - แต่งตั้งคณะกรรมการกำกับดูแลหอผู้ป่วยแยกโรค - กำหนดหลักเกณฑ์การรับเข้า-ย้ายออกจากห้องแยกโรค
2542	- สร้าง + เปิดบริการคลินิกวัณโรค one stop service - สร้างห้องเก็บเสมหะและติดตั้ง HEPA filtration - ทบทวนแนวทางการใช้ Particulate mask
2543	- ประเมินประสิทธิภาพการทำงานของ isolation room 1 (2541) - ฝึกอบรมการใช้ particulate mask และทำ fit test, fit checking - ปรับปรุงระบบคัดกรองผู้ป่วยวัณโรคที่ OPD
2544	- สร้างห้องต้นแบบฯ แบบที่ 2 - ทบทวนและปรับปรุงเกณฑ์การรับย้ายผู้ป่วยและระบบคัดกรองให้ครอบคลุมทุกหน่วยบริการ - ประเมินประสิทธิภาพการทำงานของห้องต้นแบบ 2 (2544)
2545-46	- ปรับปรุงห้องแยก 2(2544) เพื่อลดปัญหาเรื่องเสียงพัดลมดังเกินไป และอุณหภูมิที่ค่อนข้างร้อน - แต่งตั้งคณะกรรมการดูแลผู้ป่วยโรคติดต่อระบบทางเดินหายใจ
2547	- ประเมินประสิทธิภาพฯ ห้องที่ปรับปรุงใหม่ 2/2 (2546) - Brain storm กำหนดคุณลักษณะเฉพาะ สำหรับห้องแยกโรค SARS & หวัดนก ตามงบประมาณที่ได้รับ ร่วมกับกองแบบแผน และบริษัทผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย - กำหนดรายการขั้นสุดท้าย และออกแบบรายละเอียดงานปรับปรุงห้องแยกโรค SARS & หวัดนก
2548	- เปิดประมูลและประมูลซ้ำเพื่อจัดสร้างห้องแยกโรค SARS & หวัดนก - ออกแบบห้องตรวจโรคระบบทางเดินหายใจที่ปลอดภัย ทั้งต่อเจ้าหน้าที่ ผู้ป่วยอื่นๆ และบุคคลทั่วไป ร่วมกับกองแบบแผนฯ และของบประมาณสร้างพร้อม Cover way
2549-50	- ประเมินประสิทธิภาพห้องแยกโรคเปรียบเทียบทั้ง 4 แบบ ของโรงพยาบาลพระปกเกล้า - ก่อสร้างห้องตรวจโรคฯ พร้อม Cover way เพื่อใช้แทนคลินิกวัณโรคเดิม
แผน ต่อเนื่อง	- ปรับปรุงให้เป็น negative pressure isolation rooms จนครบทั้ง 12 ห้องของ isolation unit แล้ว - สร้างระบบควบคุมสภาพแวดล้อม ที่ทางเดิน

สำหรับมาตรการด้านการบริหารจัดการ และการป้องกันส่วนบุคคลนั้น ได้มีรายงานโดยผู้ร่วมงานท่านอื่นอยู่แล้ว บทความนี้จึงเน้นเฉพาะมาตรการในการควบคุมสภาพแวดล้อมเป็นหลัก

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเผยแพร่หลักการและวิธีการของ มาตรการควบคุมสภาพแวดล้อม เปรียบเทียบกับ clean room ทั่วไป โดยรวบรวมจากตำรา มาตรฐาน และข้อกำหนดของสถาบันที่เป็นที่ยอมรับ ร่วมกับจาก ประสบการณ์ของผู้เขียนพร้อมทั้งทีมงานของโรงพยาบาลพระปกเกล้า

2. เพื่อทบทวนและทำความเข้าใจในบาง ประเด็นที่พบว่า มีการนำหลักการของ clean room ในทางอุตสาหกรรมมาใช้มากเกินไป จนทำให้เกิดค่าใช้จ่ายที่ไม่จำเป็นเพิ่มขึ้นอย่างมาก

3. เพื่อเปิดโอกาสให้มีการแลกเปลี่ยน ประสบการณ์ และแนวความคิด ซึ่งจะช่วยพัฒนาความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับการป้องกันโรคติดต่อที่แพร่ กระจายทางอากาศให้ก้าวหน้ายิ่งขึ้น

กระบวนการของการแพร่กระจายเชื้อทาง อากาศ มีลักษณะสำคัญดังนี้

1. เชื้อโรค “บางชนิด” เท่านั้นที่มีความสามารถ แพร่กระจายไปกับอากาศ แล้วทำให้เกิดโรคในคน ทั่วไปได้ และบางชนิด เช่น สปอร์ของเชื้อรา อาจก่อ โรคได้ในคนที่ภูมิคุ้มกันบกพร่อง แต่เชื้อโรคส่วนใหญ่ และเชื้อราทั่วไป ไม่ถือเป็นเชื้อโรคที่แพร่กระจายทาง อากาศต่อคนทั่วไป

ตารางที่ 2 Infectious diseases requiring special ventilation

Herpes zoster, disseminated

Tuberculosis, pulmonary or laryngeal

Varicella (chickenpox)

ที่มา: Table 80.3 Hospital Epidemiology and Infection Control., P 1216

2. เชื้อโรคที่แพร่กระจายทางอากาศโดยปกติ จะติดไปกับฝอยละอองของน้ำมูก น้ำลาย หรือสารคัด หลั่งของผู้ป่วย ซึ่งฝอยละอองขนาดใหญ่จะตกลงสู่พื้นไม่ ไกลจากตัวผู้ป่วย แต่ฝอยละอองขนาดเล็กจะแห้งโดยเร็ว เรียกว่า droplet nuclei (แก่นอนุภาคของฝอยละออง) ซึ่งเบากว่า buoyancy force ของอากาศ จึงสามารถ แขนวลอยอยู่ในอากาศเป็นเวลานาน และล่องลอยไปได้ ไกล ๆ

3. จุลินทรีย์ใน droplet nuclei จะมีชีวิตอยู่ไป ได้ระยะเวลาหนึ่ง ขึ้นอยู่กับความทนทานของตัวเชื้อเอง ต่อสภาพแวดล้อม

4. Droplet nuclei ขนาดเล็กกว่า 5 ไมครอน จึงจะสามารถผ่านขนและเยื่อเมือกของทางเดินหายใจลง ไปถึงในปอดได้

5. โรคที่แพร่กระจายทางอากาศ ยังสามารถ แพร่กระจายทางฝอยละออง (droplet spreading) และ ทางการสัมผัสโดยตรง (contact spreading) ได้ด้วย ดังนั้นในการป้องกัน airborne spreading จะต้องป้องกันทั้ง contact spreading และ droplet spreading พร้อม กันไปด้วยเสมอ

หลักการของการควบคุมสภาพแวดล้อม มีดังนี้

1. ให้มีอากาศสะอาดไหลผ่านบริเวณที่ บุคลากรหรือญาติ ปฏิบัติงานอยู่ ก่อนจะไปบริเวณที่ผู้ป่วย อยู่ ซึ่งถือว่าสกปรกกว่า แล้วจึงดูดอากาศนั้นออกไปทิ้ง หรือกรองเชื้อโรคออกก่อนที่จะหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งพบว่า การหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่นั้น แม้ว่าจะผ่าน การกรองตามมาตรฐานกำหนดแล้วยังปลอดภัยน้อยกว่าการใช้อากาศรอบตัวเพียง (Single pass system) แต่ปัญหาความสิ้นเปลืองพลังงานในการปรับอากาศ และ ความชื้น มักจะเป็นปัจจัยบังคับให้จำต้องใช้ระบบ อากาศหมุนเวียนผ่านการกรอง (recirculating system)

2. การหมุนเวียนของอากาศต้องมากพอที่จะ พัดพา droplet nuclei เกือบทั้งหมด (ร้อยละ 90-99.9) ออกไปจากห้องโดยเร็ว หรือมิฉะนั้นจะต้องให้มีความเร็ว ของกระแสอากาศผ่านตัวผู้ป่วยมากกว่า 200 ฟุตต่อวินาที เพื่อจะพัดพา droplet nuclei ออกไปกำจัดได้ก่อนที่จะ

มีการปนเปื้อนต่อบุคคลอื่น ซึ่งเป็นวิธีหนึ่งของ local exhaust devices

3. อากาศที่ไม่สะอาด มีวิธีกำจัดเชื้อ (decontamination) ที่ CDC แนะนำอยู่ 3 วิธีคือ

3.1 ปล่อยออกสู่อากาศโล่งเหนือหลังคาอาคาร โดยจุดที่ปล่อยออกจะต้องแน่ใจว่าไม่มีโอกาสแพร่เชื้อก่อนที่จะมีการเจือจางเชื้ออย่างปลอดภัยโดยธรรมชาติ นั่นคือ ต้องปล่อยออกสูงกว่าหลังคาอาคารไม่น้อยกว่า 2 เมตร และต้องอยู่ห่างจากบริเวณที่มีคนหรือหน้าต่าง และช่องลมที่อาจรับอากาศไปสัมผัสคนอื่นในรัศมีไม่น้อยกว่า 25 ฟุตในทุก ๆ ทิศทาง ซึ่งวิธีนี้จะปลอดภัยที่สุด และดูแลรักษาได้ง่ายด้วย แต่จะสิ้นเปลืองพลังงานอย่างมากในการปรับอุณหภูมิ

3.2 ถ้าจำเป็นต้องหมุนเวียนอากาศกลับมาใช้ใหม่ หรือผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน เช่น heat wheels จะต้องมีการกรองอากาศตามมาตรฐาน HEPA filtration ก่อนที่จะกลับเข้ามาในห้อง หรือเข้าสู่ระบบระบายอากาศรวม (ซึ่งไม่แนะนำให้ทำ) หรือก่อนจะเข้าสู่เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน วิธีนี้สิ้นเปลืองค่าบำรุงรักษา และถ้าการดูแลระบบไม่เข้มงวดดีพอก็มีโอกาสที่เชื้อจะรั่วไหลได้ง่าย

3.3 มาตรการเสริม เช่น เครื่องกรองด้วย HEPA filter สำหรับหมุนเวียนอากาศในห้องและการใช้แสง UV ช่วยฆ่าเชื้อ อาจนำมาใช้ช่วยเมื่อมาตรการในข้อ 3.1 หรือ 3.2 มีปัญหาในทางวิศวกรรม หรือใช้ไม่ได้ในบางพื้นที่ เช่น ในห้องโถง ระเบียงทางเดิน เป็นต้น ซึ่งวิธีการเหล่านี้ไม่สามารถใช้ทดแทน ข้อ 3.1 หรือ 3.2 ได้ เพราะไม่สามารถรับรองความปลอดภัยได้เพียงพอ

4. ระบบจะต้องได้รับการติดตั้งอย่างพิถีพิถัน มีระบบการทำงานสำรอง กรณีไฟฟ้าดับหรืออุปกรณ์ขัดข้อง มีการบำรุงรักษาอย่างดี มีการตรวจสอบอย่างเคร่งครัดตั้งแต่ขณะติดตั้งจนตลอดการใช้งาน ขณะใช้งานก็ต้องมีการตรวจสอบอยู่ตลอดเวลาอย่างเคร่งครัด และต้องเป็นระบบที่ปลอดภัยต่อผู้มีหน้าที่บำรุงรักษาระบบด้วย

หลักการของห้องแยกผู้ป่วยโรคติดเชื้อที่แพร่

กระจายทางอากาศ

หมายเหตุ : local exhaust devices และ enclosing devices ยังไม่ค่อยมีผู้สนใจนำมาใช้ในปัจจุบัน จึงยังไม่กล่าวถึงโดยละเอียดในบทความนี้

ห้องแยกโรคติดเชื้อที่แพร่กระจายทางอากาศ ใช้หลักการทั่วไปของการควบคุมสภาพแวดล้อมร่วมกับหลักการโดยเฉพาะเพิ่มเติมอีกดังต่อไปนี้

1. เป็นห้องที่สามารถผนึกอากาศให้มีการรั่วน้อยที่สุด รวมทั้งตรงช่องว่างของขอบประตู ทั้งหมดไม่เกิน 0.5 ตารางฟุตต่อห้อง

2. ป้องกันอากาศในห้องออกมาตามรอยรั่วหรือซึมผ่านผนังห้อง โดยทำให้ความดันของอากาศภายในห้องต่ำกว่าอากาศภายนอก ไม่น้อยกว่า 0.001 นิ้วของน้ำ (สำหรับ protective positive pressure room และมาตรฐาน ASHRAE กำหนดให้ไม่น้อยกว่า 0.01 นิ้ว)

3. ปริมาตรอากาศหมุนเวียน (หน่วยวัดเป็น ACH) ต้องมากพอที่จะขจัด droplet nuclei ได้อย่างน้อยร้อยละ 99 ในระยะเวลาหนึ่ง ซึ่งโดยปกติกำหนดให้ไม่น้อยกว่า 12 หรือ 15 ACH แต่ถ้าต้องการให้ปลอดภัยมากขึ้น สามารถเปรียบเทียบระยะเวลาจัดเชื้อของแต่ละค่า ACH ได้จากตารางประสิทธิภาพการขจัดเชื้อ (ตารางที่ 4)

4. ต้องระวังไม่ให้มีอากาศบางส่วนหมุนเวียนอยู่ในห้อง, ไม่ให้มีมุมอับที่อากาศจะอยู่นิ่ง ๆ ไม่ถ่ายเท, และไม่ให้มีอากาศจากช่องทางเข้าลัดผ่านห้องไปถึงช่องทางออกเร็วเกินไป (avoid turbulent flow, stagnation & short circuit) โดยการออกแบบรูปทรงของห้องให้ดี จัดวางเครื่องใช้ให้เหมาะสม และวางตำแหน่งของช่องอากาศเข้า-อากาศออกให้เหมาะสม

5. ไม่มีทางทำให้อากาศทั้งหมดที่เข้ามาในห้องผ่านออกไปจากห้องพร้อมกันหมดโดยสมบูรณ์ ดังนั้นจึงต้องประเมิน air mixing factor เพื่อมาคำนวณ ACH ขดเชยการถ่ายเทอากาศที่ลดลงนี้ด้วย (perfect mixing factor = 1, จนถึง poor mixing factor = 10 → นำไปคูณ ACH จากตารางที่ 4)

6. ถ้าใช้ระบบอากาศหมุนเวียนกลับมาใช้ซ้ำ

ตารางที่ 3 Recommended measurements for special ventilation rooms

	Protective	Airborne infection
Pressure differentials	>2.5 Pa (0.01 w.g.)	>0.25 Pa (0.001 w.g.)
Air exchange per hour	>12	>12
Filtration	99.97 percent 0.3__ DOP	90 percent dust spot
Room air direction	Out	In
Clean to dirty airflow	Patient clean	Patient dirty
Ideal pressure difference	>8 Pa	>2.5 Pa

ที่มา Hospital Epidemiology and infection control , P. 1219

ตารางที่ 4 Air change per hour (ACH) and time in minutes required for remove efficiencies of 90 percent, 99 percent and 99.9 percent airborne contaminants

ACH	Minutes required for a removed efficiency		
	90%	99%	99.97%
1	138	276	414
2	69	138	207
3	46	92	138
4	35	69	104
5	28	55	83
6	23	46	69
7	20	39	59
8	17	35	52
9	15	31	46
10	14	28	41
11	13	25	38
12	12	23	35
13	11	21	32
14	10	20	30
15	9	18	28
16	9	17	26

ACH	Minutes required for a removed efficiency		
	90%	99%	99.97%
17	8	16	
18	8	15	23
19	7	15	22
20	7	14	21
25	6	11	17
30	5	9	14
35	4	8	12
40	3	7	10
45	3	6	9
50	3	6	8

ที่มา : MMWR Vol.43 No. RR - 13 October 1994

หมายเหตุ : สำหรับ perfect air mixing factor

ต้องมีการเติมอากาศใหม่ (fresh air) ในสัดส่วนร้อยละ 20 ของ ACH ข้อนี้นี้เพื่อกำจัดกลิ่นอับ + ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และป้องกัน sick building syndrome ซึ่งไม่เกี่ยวข้องโดยตรงกับการจัดเชื้อในอากาศ เช่น เดียวกันกับการปรับอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ก็เพื่อความสบายของผู้ที่อยู่ในห้องเป็นหลัก

หลักการของห้องสะอาด/ห้องปลอดเชื้อ (Clean room)

ตามมาตรฐานของ ASHRAE มีหลักการคร่าวๆ ดังต่อไปนี้

1. ป้องกันอนุภาคแขวนลอย (airborne particles) “ทุกชนิด” จากภายนอกไม่ให้เข้ามาในห้อง โดยการผนึกอากาศอย่างเคร่งครัด, ประตูห้องต้องปิดอยู่ตลอดเวลา, และทำให้ความดันอากาศในห้องสูงกว่าภายนอก (positive pressure sealed room)

2. กำจัดอนุภาคในอากาศด้วยการกรองอากาศ โดยกำหนดระดับมาตรฐานความสะอาดจากค่าสัดส่วนจำนวนอนุภาคต่อปริมาตรอากาศเป็นลูกบาศก์ฟุต เช่น

class 100,000; class 10,000; class 1,000

3. ป้องกันการเกิดอนุภาคแขวนลอยขึ้นภายในห้องเอง เช่น โดยสวมเครื่องแต่งกายที่ปิดคลุมอย่างมิดชิด โดยใช้วัสดุก่อสร้างและสีเคลือบพื้นผิวที่ไม่กักฝุ่น ไม่ดูดความชื้น และป้องกันการเกิดเชื้อราโดยลดความชื้นของอากาศ เป็นต้น

4. จำกัด ACH ไว้เพียงพอให้พอขจัดอนุภาคที่อาจเล็ดลอดผ่านมาตรการข้อ 1-3 ซึ่งมีปริมาณน้อยนิด ดังนั้น ห้องสะอาดจึงไม่ต้องการ ACH สูงเกินไป เพราะจะสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าโดยไม่จำเป็น

เปรียบเทียบความแตกต่างของห้องสะอาดกับห้องกักเชื้อ

จากเป้าหมายการใช้งาน และข้อจำกัดที่แตกต่างกันดังกล่าวข้างต้น จะเห็นได้ชัดเจนว่าห้องสะอาดกับห้องกักเชื้อ มีความแตกต่างกันหลายประการดังต่อไปนี้

1. ในห้องสะอาดนั้นอนุภาคแขวนลอยทุกชนิดอาจมีผลกระทบต่อคุณภาพของสินค้าที่ผลิตออกมา จึงต้องขจัดอนุภาคทุกชนิดออกจากอากาศ ซึ่งอนุภาคเกือบ

ทั้งหมดมาจากอากาศภายนอก และมีปริมาณน้อย แต่ในห้องกักเชื่อนั้นเป้าหมายคือการจัด droplet nuclei ซึ่งมาจากตัวผู้ป่วยที่อยู่ในห้อง โดยเกิดขึ้นเรื่อยๆ ตลอดเวลา และปริมาณมาก เช่น ในเวลาที่ผู้ป่วยไอ จาม หรือสั่งน้ำมูก เป็นต้น ส่วนอนุภาคแขวนลอยชนิดอื่นไม่ใช่ปัญหาของห้องกักเชื้อ

2. ดังนั้น การกรองอากาศ, การผนึกห้องไม่ให้รั่วเข้ามา, การป้องกันไม่ให้มีอนุภาคเกิดขึ้นในห้อง, และการปรับความดันอากาศภายในห้องจึงเป็นมาตรการสำคัญ และเพียงพอที่จะบรรลุมเป้าหมายของห้องสะอาด แต่ห้องกักเชื้อจะต้องสามารถจัด droplet nuclei ที่เกิดใหม่ปริมาณมากอยู่ตลอดเวลา ในขณะที่อันตรายของเชื้อโรคในห้องกักเชื่อนั้น เป็นปัญหาทั้งภายในห้องและรอบๆ ห้องด้วย เพราะบุคลากรและญาติจำเป็นต้องเข้าไปในห้องเพื่อดูแลผู้ป่วย ซึ่งไม่สามารถปฏิบัติทุกอย่างได้จากภายนอกห้อง

3. ห้องสะอาดสามารถปิดผนึกประตูได้ตลอดเวลาใช้งาน แต่ห้องกักเชื้อต้องมีกิจกรรมการรักษาพยาบาล ทำให้จำเป็นต้องมีการเข้าออกอยู่เป็นประจำ ซึ่งในขณะที่มีการเปิดประตุนั้นความดันอากาศของห้องจะสูญเสียไปในทันที จึงต้องใช้หลักความเร็วของกระแส

อากาศใน local exhaust devices มาช่วยเสริมความปลอดภัยชั่วคราว

4. ดังนั้นสำหรับห้องกักเชื้อ ระดับความปลอดภัยจึงไม่ขึ้นอยู่กับความแตกต่างของความดันอากาศและจำนวนอนุภาคต่อลูกบาศก์ฟุต แต่จะขึ้นอยู่กับอัตรา ACH, ทิศทางการเคลื่อนที่ของอากาศจากบุคลากรไปยังผู้ป่วย, ความเร็วของกระแสอากาศ, และสามารถดูดอากาศได้มากในขณะที่มีการเปิดประตูสำหรับ negative pressure differentials และการกำจัดเชื้อจากอากาศที่ปล่อยทิ้งนั้น ให้ความปลอดภัยได้เฉพาะผู้ที่อยู่นอกห้องเท่านั้น

จากหลักการและเหตุผลดังกล่าวมาข้างต้น โรงพยาบาลพระปกเกล้าร่วมกับกองแบบแผน กรมสนับสนุนบริการสุขภาพ กระทรวงสาธารณสุข จึงได้กำหนดคุณลักษณะสำหรับสร้างห้องแยกผู้ป่วยโรค SARS และใช้หวัดนกขึ้นมาโดยเฉพาะ ซึ่งมีสาระสำคัญบางส่วนที่แตกต่างจากห้องแยกฯ ของโรงพยาบาลอื่น ๆ ดังต่อไปนี้

1. เป็นแบบสำหรับใช้ปรับปรุงจากห้องพิเศษในอาคารพักผู้ป่วย 114 เตียง ซึ่งโรงพยาบาลพระปกเกล้าได้ใช้ชั้นบนสุดทั้งชั้นเป็นหอผู้ป่วยแยกโรคติดต่อ

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบห้องสะอาดกับห้องแยกผู้ป่วยโรคติดต่อที่แพร่กระจายทางอากาศ

	ห้องสะอาด	ห้องแยกฯ
ตัวการของปัญหา	Airborne particles	Droplet nuclei
แหล่งกำเนิดปัญหา	จากภายนอกห้อง	จากตัวผู้ป่วยในห้อง
ปริมาณอนุภาค	น้อย ถ้าปิดผนึกห้องได้ดี	เกิดใหม่อยู่ตลอดเวลา
ระดับความปลอดภัย	Particles per cu f.	ACH + exhaustion
มาตรการสำคัญ-เรียงตามลำดับ	1. Pressure differential 2. Filtration 3. air humidity 4. constructive materials	1. ACH — mixing factor 2. airflow direction 3. air velocity 4. negative pressure 5. decontamination of exhaust air

เชื้อที่แพร่กระจายทางอากาศอยู่แล้ว, มีห้องสำหรับผู้ป่วยวัณโรคอยู่ก่อน, และมีแผนจะพัฒนาต่อไปจนครอบคลุมครบทุกห้อง ตลอดจนมีการควบคุมสภาพแวดล้อมเต็มพื้นที่ทั้งชั้น โดยอาศัยคำแนะนำของ CDC ตาม MMWR เป็นหลัก

2. จัดสร้างด้วยงบประมาณโครงการลดผลกระทบฯ จากการระบาดของโรคติดเชื้ออุบัติใหม่ ซึ่งจัดสรรให้กับโรงพยาบาลศูนย์ และโรงพยาบาลทั่วไป พร้อมกันทั่วประเทศ ในวงเงิน 2,961,000 บาท สำหรับห้องแยกฯ จำนวน 3 ห้อง ในปีงบประมาณ 2547

3. ทางสถาปัตยกรรม มีการย้ายห้องน้ำ ปรับแต่งรูปทรงของห้องพักผู้ป่วย ห้องน้ำ และระเบียง เพื่อความเหมาะสมในการควบคุมทิศทางการกระจายอากาศ ปรับปรุง air mixing factor เพื่อแบ่งพื้นที่ห้องด้านหน้ากันเป็น anteroom สำหรับบุคลากรเปลี่ยนหน้ากาก N95 + เลือคลวม และเก็บอุปกรณ์ รวมทั้งเพื่อความสะดวกในการสังเกตผู้ป่วยจากหน้าห้องผ่านผนังกระจก

4. ระบบการระบายอากาศ มีการทำงานได้ 2 แบบ คือ

4.1 ในขณะที่มีผู้ป่วยอยู่ในห้องคนเดียว เครื่องปรับอากาศและลดความชื้นในอากาศจะทำงานตามปกติ มีการหมุนเวียนอากาศกลับมาใช้ใหม่ (recirculating system) ผ่านเครื่องกรอง HEPA filter โดยห้องพักผู้ป่วยกับ anteroom จะมีการหมุนเวียนอากาศแยกจากกัน ทั้งการปรับอุณหภูมิและการกรองอากาศ ซึ่งแต่ละห้องมีการหมุนเวียนอากาศประมาณ 15 ACH มีความดันอากาศในห้องพักผู้ป่วยต่ำกว่า anteroom และใน anteroom ต่ำกว่าอากาศภายนอก

4.2 ในขณะที่ประตูเปิดหรือมีผู้อื่นอยู่ในห้อง พร้อมกับผู้ป่วย ระบบจะปรับเปลี่ยนการระบายอากาศเป็น single pass system คือ อากาศในห้องจะถูกดูดทิ้งไปทั้งหมด ทดแทนด้วยอากาศใหม่ล้วน ๆ (100 percent fresh air) พร้อมกับเพิ่มรอบการแลกเปลี่ยนอากาศขึ้นมาเป็น 35 ACH ในระหว่างนี้เครื่องทำความเย็นและลดความชื้นจะหยุดทำงานชั่วคราวเพื่อประหยัดพลังงานไฟฟ้า และด้วยอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ 35 ACH จะได้

ความเร็วกระแสอากาศบริเวณเตียงผู้ป่วย และใกล้ประตูประมาณ 0.35 m/sec ในทิศทางพัดจากบุคลากรไปสู่ผู้ป่วยก่อนหลุดออกจากห้อง

5. ปรับระดับมาตรฐานของวัสดุก่อสร้างตามมาตรฐานของ ASHRAE ลดลงให้เหมาะสมกับความจำเป็นของ airborne isolation โดยยังคงรักษามาตรฐานความปลอดภัยได้ตามคำแนะนำของ CDC ซึ่งทำให้ประหยัดค่าก่อสร้างได้อย่างมาก สามารถนำเงินมาใช้เพิ่มมาตรฐานการระบายอากาศที่ได้กำหนดเพิ่มขึ้นในข้อ 4 โดยไม่จำเป็นต้องเพิ่มงบประมาณในการปรับปรุงดังกล่าว

6. มาตรฐานการกรองอากาศด้วย HEPA filtration, การเติม fresh air การปล่อยอากาศทิ้งจากอาคารสามารถทำได้ตามมาตรฐานของทั้ง CDC และ ASHRAE ทุกประการ นอกจากนี้ยังสามารถเสริมด้วยแสง UV, trivalent oxygen, กล้องพักขยะพร้อมระบบฆ่าเชื้อในตัว และ mobile fumigation unit โดยไม่ต้องเพิ่มงบประมาณแต่ประการใด

7. ตัวเครื่องปรับอากาศมีระบบปรับความชื้นสัมพัทธ์และใช้มาตรฐานเครื่องปรับอากาศสำหรับห้องสะอาดของ ASHRAE ซึ่งกำหนดไว้สูงกว่าเครื่องปรับอากาศทั่วไปมาก เช่น เครื่องส่งลมเย็น (AHU) แบบผนัง 2 ชั้น (double skin) ซึ่งให้ความปลอดภัยทั้งในการใช้งานและขณะซ่อมบำรุง เป็นต้น

8. โรงพยาบาลพระปกเกล้า ได้ใช้เงินบำรุงสมทบอีก 289,542 บาท เพื่อเพิ่มเติม CDU พร้อมระบบกรองอากาศและชุดควบคุมให้มีเป็น 2 ชุด ในทุก ๆ ห้อง ซึ่งจะทำงานเป็นระบบคู่ขนานผลัดเปลี่ยนกันไปตลอดเวลา ทำให้สามารถยืดอายุการทำงานและประกันได้ว่าระบบจะยังคงใช้งานได้อย่างสมบูรณ์ แม้ว่าเครื่องใดเครื่องหนึ่งจะชำรุด ซึ่งจะมีการปรับการทำงานโดยอัตโนมัติ พร้อมทั้งมีสัญญาฉุกเฉินแจ้งให้เจ้าหน้าที่ทราบได้ทันที

สำหรับห้องผู้ป่วยอีก 9 ห้องในหอผู้ป่วยแยกโรคฯ นี้ โรงพยาบาลพระปกเกล้าได้เริ่มพัฒนาระบบควบคุมสภาพแวดล้อมโดยไม่มีการปรับอุณหภูมิอากาศมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2540 (ตารางที่ 1) โดยยึดหลักการตามแนวทางของ

CDC และเน้นความประหยัดเพราะสร้างด้วยเงินบำรุงของโรงพยาบาลเอง ขณะนี้ได้ข้อยุติเป็นที่น่าพอใจพอสมควรแล้ว [ห้องดันแบบ 2/2 (2546)] และมีสาระสำคัญดังต่อไปนี้

1. เป็นห้อง negative pressure ที่ไม่เน้น pressure – differential แต่เน้น high flow, high exchange (≥ 30 ACH), เป็นระบบ single pass system และไม่มีเครื่องปรับอากาศ

2. เหตุผลที่ใช้หลักการตามข้อ 1 ก็เพราะผู้ป่วยสามัญในหอผู้ป่วยอื่น ๆ ก็ไม่ได้พักในห้องปรับอากาศแต่อย่างใด การตัดปัญหายุงยากของการปรับอุณหภูมิอากาศออกไปได้ จะช่วยให้เกิดผลดีต่อเนื่องตามกันมาอีกหลาย ๆ อย่าง คือ

2.1 เมื่อไม่ต้องห่วงเรื่องความสิ้นเปลืองกระแสไฟฟ้า จึงสามารถเลือกระบายอากาศแบบ single pass system ได้

2.2 การใช้ single pass system ช่วยให้อากาศไม่ต้องใช้ HEPA filtration แต่สามารถปล่อยอากาศออกทิ้งเหนือหลังคาอาคาร โดยปล่อยให้สูงเหนือหลังคามากกว่า 2 เมตร และต้องไม่มีประตูหน้าต่างหรือช่องรับอากาศอื่นใดอยู่ภายในระยะ 25 ฟุต ทุก ๆ ทิศทางตามมาตรฐานของ CDC

2.3 จึงช่วยลดปัญหาในการจัดสร้างได้อย่างมาก ตั้งแต่การออกแบบ การคำนวณทางวิศวกรรมวัสดุอุปกรณ์ & เทคโนโลยี และช่างเทคนิค เราสามารถจัดหาได้เองภายในท้องถิ่น หรือในประเทศไทยได้ทั้งสิ้น

2.4 ประหยัดมากตั้งแต่การก่อสร้าง ซึ่งใช้งบประมาณต่อห้องไม่ถึง 1 ใน 10 ของห้องแบบปรับอากาศ ค่าบำรุงรักษาระบบไม่ถึงร้อยละ 2 ของแบบปรับอากาศ + HEPA filtration ในเวลาใช้งานที่เท่ากัน และค่ากระแสไฟฟ้าก็ใช้ไม่ถึงร้อยละ 10 ของห้องแบบปรับอากาศ ตลอดระยะเวลาใช้งาน เช่นกัน

2.5 ถ้าเกิดการชำรุดขัดข้องก็สามารถแก้ไขซ่อมแซมได้เองโดยเจ้าหน้าที่ของโรงพยาบาลร่วมกับช่างในท้องถิ่น นอกจากนี้ยังสามารถปรับเปลี่ยนให้

เหมาะสมกับสถานการณ์ที่อาจมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นในอนาคตได้อีกด้วย

2.6 สามารถทยอยสร้างปีละ 1-3 ห้องตามอัตราการครองเตียงโดยไม่กระทบกระเทือนการใช้งานของห้องอื่น ๆ และเมื่อทุกห้องถูกปรับปรุงเป็น negative pressure หมดแล้ว จะสามารถเพิ่มเติมการควบคุมสภาพอากาศในโถงทางเดินหน้าห้อง เพื่อเพิ่มระดับความปลอดภัยให้แก่บริเวณ nurse station ได้ง่ายและประหยัดมากอีกด้วย

สรุป

ห้องแยกกักเชื้อเป็นส่วนหนึ่งของมาตรการป้องกันการแพร่กระจายของโรคในกลุ่มที่สามารถติดต่อระหว่างคนต่อคนผ่านทางอากาศหายใจ ซึ่งมาตรการสำคัญที่สุดและต้องดำเนินการเป็นอันดับแรก คือ การบริหารจัดการฯ ส่วนมาตรการที่ได้ผลน้อยที่สุดคือ การป้องกันส่วนบุคคล

ห้องกักเชื้อ นั้นเป็นเพียงแบบหนึ่งของการควบคุมสภาพแวดล้อม ซึ่งมีความสำคัญเป็นอันดับที่ 2 โดยมีหลักการและวิธีการคล้ายคลึงกับห้องสะอาดและ protective positive pressure rooms แต่มีข้อแตกต่างหลายประการ ซึ่งความแตกต่างเหล่านี้ได้ทำให้เกิดปัญหาในการดำเนินการจัดสร้างห้องกักเชื้อ ในโรงพยาบาลต่างๆ ในช่วง 2-3 ปีที่ผ่านมา

โรงพยาบาลพระปกเกล้าเองก็ได้ประสบกับปัญหาเหล่านี้ จึงประสานความร่วมมือกับกองแบบแผนเพื่อร่วมกันกำหนดคุณลักษณะสำหรับสร้างห้องกักเชื้อสำหรับผู้ป่วยโรค SARS และไข้หวัดนก โดยได้ปรับปรุงจากแบบนี้มีอยู่ก่อนให้มีความปลอดภัยและประหยัดมากขึ้น ขณะนี้ได้สร้างเสร็จแล้วได้ผลเป็นที่น่าพอใจ นอกจากนี้โรงพยาบาลพระปกเกล้ายังมีห้องกักเชื้อสำหรับผู้ป่วยโรคติดต่ออื่น ๆ ที่แพร่กระจายได้ทางอากาศร่วมอยู่ในหอผู้ป่วยแยกโรค ซึ่งมีความปลอดภัยตามมาตรฐานการควบคุมสภาพแวดล้อม โดยไม่มีเครื่องปรับอากาศ ซึ่งพบว่าประหยัดค่าใช้จ่ายได้อย่างมาก และสามารถสร้างได้เองโดยไม่ต้องจ้าง

ผู้เชี่ยวชาญภายนอก นอกจากนี้ยังบำรุงรักษาและปรับเปลี่ยนแก้ไขได้ง่ายอีกด้วย

กิตติกรรมประกาศ

ผลการปฏิบัติงานทั้งหมดเกิดจากการทำงานร่วมกันอย่างยาวนานของคณะกรรมการควบคุมโรคติดเชื้อในโรงพยาบาล คณะกรรมการควบคุมโรคติดเชื้อทางการหายใจ และหน่วยงานต่าง ๆ ของโรงพยาบาลพระปกเกล้า ผู้รายงานเป็นเพียงผู้มีส่วนร่วมเช่นเดียวกับผู้ร่วมงานท่านอื่นๆ

ขอขอบคุณ คุณประจวบ สุโพธิ์ คุณเสรี ใจชื่อ และเจ้าหน้าที่ท่านอื่น ๆ ในกองแบบแผน ที่ได้กรุณาร่วมออกข้อกำหนด และเป็นผู้ออกแบบรายละเอียดงานปรับปรุงห้องแยกโรคผู้ป่วยติดเชื้อ ด้วยความร่วมมืออย่างดียิ่ง โดยการประสานงานของฝ่ายพัสดุ และงาน IC ของโรงพยาบาลพระปกเกล้า ซึ่งสมควรได้รับความขอบคุณเช่นกัน

เอกสารอ้างอิง

1. Andrew F. Streifel; Design and maintenance of hospital ventilation systems and the prevention of airborne nosocomial infections; Hospital Epidemiology and infection control, 2e, edited by C. Glen May hall. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia co., 1999; 1211-22.
2. ดารณี วิริยกิจจา, ปนต รัตนดิลล ญ ภูเก็ต. บรรณาธิการ, “แนวทางการป้องกันและควบคุมการแพร่กระจายเชื้อโรคในสถานพยาบาล”; กรมควบคุมโรคติดต่อ กระทรวงสาธารณสุข; พิมพ์ครั้งที่ 2, โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จก, กรุงเทพฯ : 2539; 3-8.
3. นรวิรี จั่วแจ่มใส; การป้องกันโรคในบุคลากรการแพทย์; วารสารศูนย์การศึกษาแพทยศาสตร์คลินิก โรงพยาบาลพระปกเกล้า, ปีที่ 20 ฉบับที่ 1, ม.ค. - มี.ค. 2546, 13-28.
4. MMWR Vol. 43/No. RR-13 Oct. 28, 1994; Supplement 3 : Engineering Controls, (Avalable on internet)
5. CDC + HICPAC; Draft guideline for environmental infection control in healthcare facilities, 2001.
6. คำสั่งจังหวัดจันทบุรี ที่ 9/2548 เรื่อง แต่งตั้งคณะกรรมการดำเนินการจ้างปรับปรุงห้องแยกโรคโดยวิธีการประมูลด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์, ลงวันที่ 24 พฤษภาคม 2548.
7. เอกสารเลขที่ ก.166/ก.ย.47; งานปรับปรุงห้องแยกโรคผู้ป่วยติดเชื้อ โรงพยาบาลพระปกเกล้า จังหวัดจันทบุรี; ผู้กำหนดรายการ : นางประจวบ สุโพธิ์ นายสมชาย ปุณยรัตน์ นายเสรี ใจชื่อ, กองแบบแผน กรมสนับสนุนบริการสุขภาพ กระทรวงสาธารณสุข, 2547.