แนวทางการออกแบบและติดตั้งหอผู้ป่วย COVID-19 แบบ Positive/Negative Pressure Cohort Ward เพื่อความปลอดภัยของบุคลากรทางการแพทย์ในสถานการณ์วิกฤต

โดย ผศ.ดร.ภาวิณี ศักดิ์สุนทรศิริ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
กรรมการวิชาการ สมาคมวิศวกรรมปรับอากาศแห่งประเทศไทย วาระ 2564-2565

บทคัดย่อ

จากการแพร่ระบาดของ COVID-19 ในประเทศไทยในช่วงที่ผ่านมาทางภาคสาธารณสุขได้เพิ่มความตระหนักในการจัดการการป้องกันในช่องทางต่างๆ เพื่อดูแลความปลอดภัยของบุคลากรทางการแพทย์และผู้ป่วยอื่นๆที่เข้ามารักษาในโรงพยาบาล การจัดการพื้นที่ในการดูแลรักษาผู้ป่วย COVID-19 แบบที่จัดให้ผู้ป่วยติดเชื้อชนิดเดียวกันอยู่รวมกันในพื้นที่ (Cohort) เป็นวิธีการหนึ่งในการบรรเทาปัญหาการขาดแคลนบุคลากรทางการแพทย์ (Mitigate healthcare staffing shortage) และเพิ่มศักยภาพของโรงพยาบาลในการรับผู้ป่วยที่ติดเชื้อมากขึ้นเกินขีดจำกัดของทรัพยากรทางการแพทย์ที่มีอยู่ อย่างไรก็ตามการจัดให้ผู้ป่วยอยู่รวมกัน (Cohort Ward) จำเป็นต้องมีการควบคุมการแพร่ของเชื้อออกไปยังพื้นที่รักษาส่วนอื่น รวมทั้งพื้นที่ทำการของบุคลากรทางการแพทย์ ลดความเสี่ยงในการปนเปื้อนจากการเดินทางเข้าและออกจากพื้นที่การรักษา รวมทั้งทำการจัดการอากาศขยะและสิ่งปฏิกูลที่ติดเชื้ออย่างเหมาะสม บทความนี้แสดงถึงหลักการ แนวทาง และตัวอย่างในการออกแบบและติดตั้งหอผู้ป่วย COVID-19 แบบ Cohort Ward เพื่อความปลอดภัยของบุคลากรทางการแพทย์ในสถานการณ์วิกฤต รวมทั้งสร้างสภาวะอากาศที่สุขสบายสำหรับบุคลากรทางการแพทย์และคนไข้ในหอผู้ป่วยที่สามารถดำเนินการได้ด้วยระยะเวลาที่สั้นใช้เงินลงทุนที่ต่ำ

1. การแพร่ของไวรัส SARS-CoV-2

ช่องทางในการแพร่ของไวรัส SARS-CoV-2 ซึ่งเป็นไวรัสที่ทำให้เป็นโรค COVID-19 มี 3 ช่องทาง คือ การแพร่ทางตรงผ่านทางการสัมผัส หรือทางฝอยละอองขนาดใหญ่ (Droplet) การแพร่ทางอ้อมผ่านทางพาหะ ประกอบด้วยการแพร่ผ่านตัวนำพา เช่น น้ำ อาหาร เลือด การแพร่ผ่านพาหะ เช่น ยุง เห็บ หมัด แมลง และการแพร่กระจายทางอากาศ (Airborne) [1] ในการติดต่อถึงบุคคลผู้รับเชื้อนั้น ศูนย์ควบคุมโรคติดต่อสหรัฐอเมริกา (Centers for Disease Control

and Prevention, CDC) [2] ได้จัดประเภทการติดต่อเชื้อไวรัส SARS-CoV-2 เป็น 3 รูปแบบ คือ การสูดดมไวรัส (Inhalation of virus) การสะสมของไวรัสบนเยื่อเมือกที่สัมผัส (Deposition of virus on exposed mucous membranes) และการสัมผัสเยื่อเมือกด้วยมือที่เปื้อนไวรัส (Touching mucous membranes with soiled hands contaminated with virus)

ล่าสุด เมื่อวันที่ 7 พฤษภาคม 2564 ศูนย์ควบคุมโรคติดต่อสหรัฐอเมริกา (Centers for Disease Control and Prevention, CDC) ได้มีรายงานการปรับเปลี่ยนจากข้อมูลหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ล่าสุดใน [2] โดยกล่าวว่าการแพร่เชื้อ SARS-CoV-2 และเกิดการติดต่อมายังผู้ได้รับเชื้อนั้นได้รับการจัดอยู่ในประเภทเป็นการสูดดมไวรัส (Inhalation of virus) จากการแพร่ผ่านทางอากาศที่สามารถเกิดขึ้นได้ไกลกว่า 6 ฟุตจากแหล่งติดเชื้อ ซึ่ง CDC ได้พบรายงานจากเหตุการณ์การแพร่กระจายเหล่านี้เกี่ยวข้องกับการปรากฏตัวของผู้ติดเชื้อ เป็นเวลานานมากกว่า 15 นาที และในบางกรณีเป็นชั่วโมง ทำให้เกิดความเข้มข้นของไวรัสในอากาศเพียงพอที่จะแพร่เชื้อไปยังผู้คนที่อยู่ห่างออกไปมากกว่า 6 ฟุต และในบางกรณีผู้ติดเชื้อใหม่เป็นผู้ที่ผ่านพื้นที่นั้นไม่นานหลังจากผู้ติดเชื้อรายเดิมได้ออกไปจากพื้นที่แล้ว ปัจจัยที่เพิ่มความเสี่ยงของการติดเชื้อ SARS-CoV-2 ภายใต้สถานการณ์เหล่านี้ [2] ได้แก่:

1. พื้นที่ปิด หรือพื้นที่มีการจัดการอากาศได้ไม่เพียงพอภายในห้องที่ความเข้มข้นของฝอยละอองขนาดใหญ่ (Droplets) และละอองแขวนลอยขนาดเล็ก (Aerosols) จากของเหลวจากทางเดินหายใจที่หายใจออกมาจากผู้ติดเชื้อ

2. การเพิ่มของละอองจากการหายใจออกของของเหลวในระบบทางเดินหายใจหากผู้ติดเชื้อออกแรงหรือส่งเสียง เช่น ออกกำลังกาย ตะโกน ร้องเพลง

3. มีการสัมผัสกับสภาวะเหล่านี้เป็นเวลานานโดยปกติจะใช้เวลามากกว่า 15 นาที

การระบายอากาศสามารถช่วยลดความเข้มข้นของอนุภาคไวรัสในอากาศได้ ยิ่งความเข้มข้นต่ำ อนุภาคไวรัสจะมีโอกาสน้อยลงที่จะถูกสูดเข้าไปในปอดได้ [3]

จากการเปรียบเทียบการสร้างฝอยละอองจากกิจกรรมต่างๆ โดย Burkett, J. (2021) [1] รายงานว่าตัวเลขจาก Lai, A. C.K. et.al. (2018) พบว่าในการกดโถชักโครก (Toilet flushing) มีการสร้างฝอยละอองจำนวนที่สูงในอันดับต้นๆ เช่นเดียวกับการไอจามแรงๆ การกดชักโครกที่ความดันสูง มีปริมาณฝอยละอองฟุ้งมากกว่าชักโครกความดันต่ำถึง 10 เท่า ดังนั้นในการออกแบบติดตั้งระบบระบายอากาศในหอผู้ป่วย COVID-19 ซึ่งผู้ป่วยจำเป็นต้องมีการขับถ่าย จึงจำเป็นต้องพิจารณาให้มีการปิดฝาก่อนกดชักโครกทุกครั้ง ทำการติดตั้งหน้ากากระบายอากาศที่สามารถกักเก็บเชื้อที่ฟุ้งจากฝอยละอองห้องน้ำผู้ป่วย รวมทั้งบริเวณโถเทสิ่งปฏิกูลซึ่งบุคลากรทางการแพทย์ทำหน้าที่นำหม้อนอนรองสิ่งปฏิกูล (Bedpan) จากผู้ป่วยมาทิ้งและกดน้ำชำระล้าง

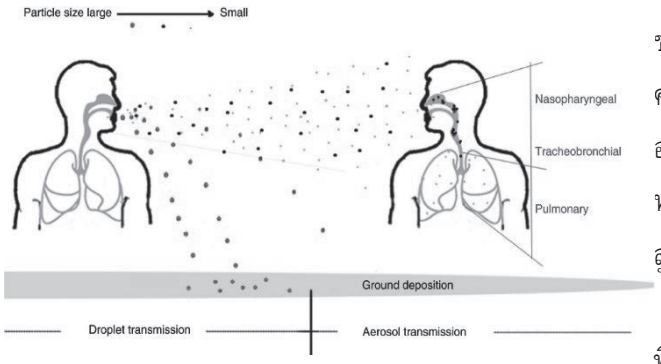
TABLE 1 Droplets produced.

ACTIVITY	NUMBER OF DROPLETS PRODUCED
Projectile Vomiting[35]	3×10^7
Sneeze[25,36]	40,000 to 1 million
Toilet Flush (High Pressure)[37]	145,000 to 287,000
Toilet Flush (Low Pressure Tank)[37]	14,500
Cough[25,36]	3,000 to 5,000
Loudly Speaking (5 min)[38]	3,000
Loudly Speaking (100 words)[36]	250
Breathing (In Through Nose and Out Through Mouth)[39]	98/L

รูปที่ 1 ปริมาณการสร้างฝอยละออง [1]

นอกจากนี้ในสถานพยาบาล มีการทำหัตถการที่ก่อให้เกิดการฟุ้งละอองแขวนลอยขนาดเล็ก (Aerosol generating procedure) จำนวนมาก โดยหลักการแล้วจะต้องทำในห้องแยกโรค (AIIR) เพื่อลดการฟุ้งกระจาย จากการทบทวนรายงานการวิจัยต่างๆ โดยศูนย์ควบคุมโรคติดต่อสหรัฐอเมริกา (CDC) รายงานว่าขนาดของอนุภาคไวรัส SARS-CoV-2 มีขนาดประมาณ 0.1

ไมโครเมตร แต่ไวรัสไม่สามารถเดินทางผ่านอากาศได้ด้วยตนเองและมีขนาดใหญ่ได้ถึง 5 ไมโครเมตร เนื่องจากถูกหุ้มห่อด้วยของเหลวจากทางเดินหายใจของมนุษย์ที่ส่งผ่านการพูดคุย ร้องเพลง ไอหรือจาม โดยองค์การอนามัยโลก (WHO) และศูนย์ควบคุมโรคติดต่อสหรัฐอเมริกา (CDC) ได้ใช้ขนาด 5 ไมโครเมตร เป็นการแบ่งนิยามของฝอยละอองขนาดใหญ่ (Droplets) และละอองแขวนลอยขนาดเล็ก (Aerosols) คือ อนุภาคที่ใหญ่กว่า 5 ไมโครเมตร นิยามว่าเป็นฝอยละอองขนาดใหญ่ (Droplets) และอนุภาคที่มีขนาดเท่ากับหรือน้อยกว่า 5 ไมโครเมตร นับว่าเป็นละอองแขวนลอยขนาดเล็ก (Aerosols) ดังนั้นการกรองด้วยแผ่นกรองประสิทธิภาพสูง (High Efficiency Particulate Air :HEPA) ที่สามารถดักจับอนุภาพขนาด 0.3 ไมโครเมตร ที่มีประสิทธิภาพไม่ต่ำกว่า 99.97% จะสามารถดักจับอนุภาคของไวรัส SARS-CoV-2 ที่ส่งออกมาจากมนุษย์ได้ [3]



รูปที่ 2 ประเภทและการแพร่ตามขนาดของอนุภาคละออง [4]

2. การจัดการทางวิศวกรรมเพื่อลดความเสี่ยงจากการแพร่ของไวรัส SARS-CoV-2 ทางอากาศในโรงพยาบาล

การแพร่กระจายทางอากาศ (Airborne) เป็นการส่งผ่านในช่องทางที่สามารถจัดการได้โดยระบบการปรับอากาศและระบายอากาศ [1] ในการพิจารณาโอกาสของการแพร่กระจายเชื้อจุลชีพที่ติดต่อได้ทางการสัมผัสทางการแพทย์จะดำเนินการจัดวางผู้ป่วยที่มีความเสี่ยงสูงต่อการแพร่กระจายเชื้อสู่ผู้อื่นได้ในห้องแยกเดี่ยว (Isolation room) หรือการจัดให้ผู้ป่วยที่ติดเชื้อชนิดเดียวกันอยู่ห้องเดียวกัน (Cohort) โดยหากเป็นการแพร่ทางฝอยละอองขนาดใหญ่ (Droplet) หากอยู่ห้องเดียวกันจะต้องจัดเตียงห่างมากกว่า 3 ฟุต และควบคุมทิศทางการไหลของอากาศ สำหรับการป้องกันการแพร่กระจายทางอากาศ (Airborne) ควรจะต้องเป็นห้องแยกที่มีการปรับความดันภายในห้องให้เป็นลบ (Negative Pressure Room) สำหรับห้องที่ทำขึ้นใหม่ CDC แนะนำให้มีการระบายอากาศ 12 air change ห้องที่ทำการปรับปรุงจากห้องเดิมให้มีการระบายอากาศ 6 ถึง 12 air change [5] และมีการกรองอากาศที่จะระบายออกจากห้อง หากเป็นห้องธรรมดาให้มีอากาศถ่ายเทที่ดี กำหนดทิศทางการไหลของอากาศ และปิดประตูทุกครั้งหลังเข้าออกจากห้อง หลีกเลี่ยงการใช้พัดลมโคจร สำหรับกรณีที่ไม่มีห้องแยก ให้จัดให้ผู้ป่วยติดเชื้อชนิดเดียวกันอยู่บริเวณเดียวกัน (Cohort Area) สร้างความดันอากาศเป็นลบบริเวณที่รองรับผู้ป่วย ระบายอากาศสู่ภายนอกโดยตรงห่างจากผู้คน และทางลมเข้าหรือนำอากาศทั้งหมดผ่าน HEPA filter ก่อนปล่อยออกสู่ภายนอก [6]

จากการระบาดของ COVID-19 ในประเทศไทย ที่พบผู้ป่วยติดเชื้อจำนวนมากกว่าจำนวนห้องแยกเดี่ยวที่พร้อมสำหรับการดูแลรักษาผู้ป่วยติดเชื้อในสถานพยาบาล และจำนวนบุคลากรทางการแพทย์ไม่เพียงพอต่อการเข้ารักษาในห้องแยกโรคที่ต้องการบุคลากรจำนวนมาก ทำให้โรงพยาบาลต่างๆจำเป็นต้องจัดให้ผู้ป่วยเข้ารับการรักษาในหอผู้ป่วย ที่ติดเชื้อชนิดเดียวกันอยู่ห้องเดียวกัน (Cohort Ward) แทนการเข้ารักษาในห้องแยกโรคเพื่อให้สามารถทำการรักษาจำนวนผู้ป่วยติดเชื้อ COVID-19 ได้ทั่วถึงมากยิ่งขึ้น ในที่นี้จะเรียกว่า หอผู้ป่วยติดเชื้อผ่านการแพร่กระจายทางอากาศ (Airborne Infected Cohort Ward)

ท่ามกลางการระบาดของ COVID-19 ในประเทศไทยที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว การสร้างหอผู้ป่วยใหม่ซึ่งใช้เวลาและงบประมาณที่สูงย่อมไม่ทันการณ์ นับเป็นความท้าทายของวิศวกรในการดำเนินการปรับปรุงระบบระบายอากาศให้แก่พื้นที่การรักษาในโรงพยาบาลต่างๆ ท่ามกลางการระบาดที่มีจำนวนผู้ป่วย COVID-19 เพิ่มขึ้นมากเกินขีดจำกัดของห้องแยกโรคที่มีอยู่ ประกอบไปด้วยระยะเวลาในการดำเนินการที่ต้องทำให้ทันและพร้อมต่อการนำมาใช้งานในการรับผู้ป่วยเข้ารับการรักษา ความปลอดภัยของบุคลากรทางการแพทย์ที่จำเป็นต้องได้รับการดูแลอย่างสูงสุด และการใช้งบประมาณในการดำเนินการที่จำกัด ภายใต้ระยะเวลาที่จำกัด

การนำหอผู้ป่วยเดิมของโรงพยาบาลที่มีอยู่แล้วมาปรับปรุงระบบระบายอากาศและปรับอากาศให้เป็นหอผู้ป่วยติดเชื้อผ่านการแพร่กระจายทางอากาศ (Airborne Infected Cohort Ward) นับเป็นทางออกที่รวดเร็ว ประหยัดค่าใช้จ่าย และสามารถดำเนินการได้รวดเร็วทันต่อการรับมือในสถานการณ์ที่เร่งด่วน อีกทั้งเมื่อสถานการณ์การแพร่ระบาดลดลงแล้ว การใช้งานในพื้นที่เดิมยังสามารถใช้งานได้ดี และมีการระบายอากาศที่ดีขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนการปรับปรุง ในการออกแบบติดตั้งใช้งานจะเป็นไปตามมาตรฐาน ANSI/ASHRAE/ASHE Standard 170-2017 [7] และในส่วนของการปรับปรุงห้องแยกโรค (AII room) ที่ทำการปรับปรุงติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติม (Retrofitting) จากห้องคนไข้เดิม ซึ่งทาง ANSI/ASHRAE/ASHE Standard 170-2017 [7] ได้ให้แนวทางว่าอากาศจากห้องคนไข้ควรทำการกรองด้วยแผ่นกรองอากาศประสิทธิภาพสูง (HEPA Filter) ในระดับ H14 [8] ซึ่งสามารถกรองอนุภาคขนาด 0.3 ไมโครเมตร ได้ในประสิทธิภาพ 99.995% ซึ่งเป็นระดับที่ผ่านเกณฑ์ค่าที่ทางศูนย์ควบคุมโรคติดต่อสหรัฐอเมริกา (CDC) กำหนด คือ 99.97% การระบายอากาศออกไม่ต่ำกว่า 12 air change ให้ห้องที่มีแหล่งเชื้อปนเปื้อนในอากาศมีความดันต่ำกว่าพื้นที่อื่นข้างเคียง สำหรับห้องที่เป็นพื้นที่ปลอดภัยสำหรับบุคลากรทางการแพทย์ ทำการเติมอากาศที่กรองด้วยแผ่นกรอง H13 (ประสิทธิภาพ 99.95%) เนื่องจากเป็นพื้นที่ในโรงพยาบาลที่อาจมีเชื้อปนเปื้อนในอากาศระดับหนึ่ง โดยเติมอากาศสะอาดในอัตรา 6 air change เพื่อรักษาความดันที่สูงกว่าพื้นที่ข้างเคียงที่มีอากาศปนเปื้อน

ภาวะอากาศที่เหมาะสมต่อความสุขสบายของผู้ป่วย และบุคลากรทางการแพทย์ที่เข้ารักษาผู้ป่วยติดเชื้อมีความสำคัญเป็นอันดับต้นๆ เช่นกัน เนื่องจากผู้ป่วยต้องเข้ารับการรักษาในหอผู้ป่วยรายละอย่างน้อย 2 สัปดาห์ซึ่งเป็นเวลานาน หากหอผู้ป่วยมีภาวะอากาศที่ดีย่อมส่งผลที่ดีต่อสุขภาพทางร่างกายและจิตใจ ในส่วนของบุคลากรทางการแพทย์นั้นจะต้องมีขั้นตอนการปฏิบัติงานที่มากขึ้นจากการดำเนินงานตามปกติ เพื่อลดความเสี่ยงในการติดเชื้อจากผู้ป่วย เช่น การสวมชุดป้องกันและการถอดชุดป้องกันที่มีจำนวนหลายขั้นตอน และสภาวะอากาศที่เป็นปกติของประเทศไทยนั้นไม่เอื้ออำนวยต่อความสุขสบายในการสวมชุดป้องกันที่ต้องเข้าปฏิบัติงานในหอผู้ป่วยเป็นเวลานาน การปรับอากาศในห้องผู้ป่วยให้มีอุณหภูมิที่เหมาะสมในขณะเข้าการปฏิบัติงานในชุดที่หนาหลายชั้นจึงเป็นสิ่งที่จำเป็นต้องพิจารณาเป็นอย่างยิ่ง สิ่งที่ต้องคำนึงถึงสำหรับการปรับปรุงระบบ (Retrofitting) โดยการเพิ่มการระบายอากาศออกจากห้องผู้ป่วย รวมทั้งการเติมอากาศสะอาดด้วยอากาศภายนอก ในสภาวะอากาศที่ร้อนชื้นของประเทศไทย คือ การเพิ่มขึ้นของภาระในการทำความเย็น ทั้งในส่วนของความร้อนสัมผัสและความร้อนแฝงจากอากาศที่เข้ามาแทนที่ใน Cohort Ward

3. หลักการออกแบบหอผู้ป่วยติดเชื้อผ่านการแพร่กระจายทางอากาศ (Airborne Infected Cohort Ward) แบบครบวงจร

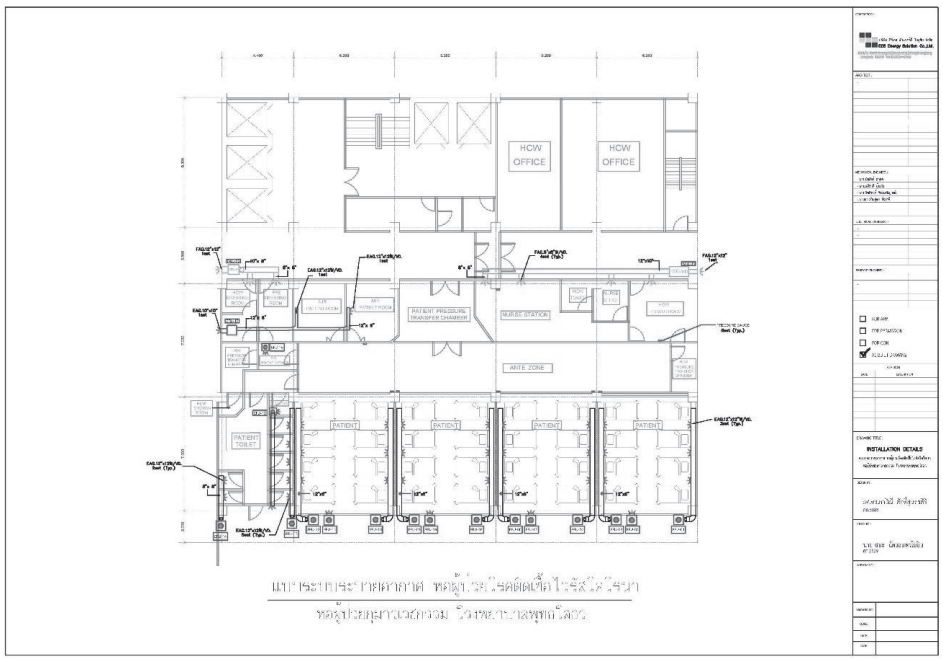
ด้วย COVID-19 เป็นโรคอุบัติใหม่ที่การศึกษาวิจัยอยู่ในช่วงที่ยังมีรายงานเพิ่มเติมมาอยู่เสมอ แนวทางการออกแบบควรเป็นไปตามมาตรฐาน ANSI/ASHRAE/ASHE Standard 170-2017 [7] และคำแนะนำขององค์การอนามัยโลก และ CDC ฉบับล่าสุดที่มีการรายงาน และการพิจารณาควรมีการเสริมแฟกเตอร์ความปลอดภัยเพื่อป้องกันความปลอดภัยในระดับสูงที่สุดด้วยความไม่ประมาท

องค์ประกอบของหอผู้ป่วยติดเชื้อผ่านการแพร่กระจายทางอากาศ (Airborne Infected Cohort Ward) มีพื้นที่หลักคือ ห้องผู้ป่วยติดเชื้อซึ่งเป็นพื้นที่ปนเปื้อน และห้องสังเกตการณ์ (Nurse station) ที่เป็นพื้นที่สะอาด เพื่อลดการปนเปื้อนจากพื้นที่ปนเปื้อนมายังพื้นที่สะอาด การจัดมีเส้นทางในการเดินทางของผู้ป่วยและเส้นทางของบุคลากรทางการแพทย์แยกออกจากกันไม่ทับซ้อนกัน การจัดให้มีเส้นทางบุคลากรทางการแพทย์ ประกอบด้วย ห้องปรับความดันอากาศ ห้องถอดชุดปนเปื้อน ห้องอาบน้ำชำระสิ่งปนเปื้อนแก่บุคลากรทางการแพทย์ โดยเส้นทางสะอาดของบุคลากรทางการแพทย์และเส้นทางของผู้ป่วยต้องแยกออกจากกันอย่างชัดเจน ตัวอย่างของแบบหอผู้ป่วยติดเชื้อผ่านการแพร่กระจายทางอากาศ (Airborne Infected Cohort Ward) แบบครบวงจรของหอผู้ป่วยติดเชื้อ COVID-19 แผนกกุมารเวชกรรม โรงพยาบาลพุทธโสธร เป็นตัวอย่างของระบบที่ได้จัดวางห้องต่างๆ และเส้นทางไว้ครบถ้วนแห่งหนึ่ง แสดงในรูปที่ 3

สำหรับห้องผู้ป่วยที่มีการทำหัตถการที่มีการสร้างขึ้นของ ละอองแขวนลอยขนาดเล็ก (Aerosol) มาก เช่น การใส่ท่อช่วยหายใจ (Intubation) การกู้ชีพ (Cardiopulmonary resuscitation) ห้องผ่าตัด (Surgery) เป็นโหมดการส่งผ่าน ละอองแขวนลอยขนาดเล็ก (Aerosol) (Transmission route) [9] ที่ต้องพิจารณาเป็นพิเศษ

หลักการในการออกแบบระบบระบายอากาศสำหรับหอผู้ป่วยติดเชื้อ จึงมีองค์ประกอบของพื้นที่ที่จำเป็นต้องพิจารณา 4 พื้นที่ ดังนี้

1. ห้องผู้ป่วยติดเชื้อ (Patient room)
2. ห้องสังเกตอาการผู้ป่วย (Nurse station)
3. เส้นทางผู้ป่วยติดเชื้อ (Patient route)
4. เส้นทางบุคลากรทางการแพทย์ (Healthcare worker route)



รูปที่ 3 หอผู้ป่วยติดเชื้อผ่านการแพร่กระจายทางอากาศแบบครบวงจรของหอผู้ป่วยติดเชื้อ COVID-19 แผนกกุมารเวชกรรม โรงพยาบาลพุทธโสธร อ.เมือง จ.ฉะเชิงเทรา

ทั้งนี้เพื่อความปลอดภัยแก่บุคลากรทางการแพทย์ ควรเป็นไปตามหลักการ และมาตรฐานในการออกแบบติดตั้ง เพื่อจัดให้การไหลของอากาศเป็นไปตามหลักการที่ให้อากาศสะอาดไหลไปยังอากาศปนเปื้อน และเมื่ออากาศปนเปื้อนแล้วจะต้องจัดให้มีการนำอากาศปนเปื้อนถูกจัดการนำออกไปจากพื้นที่อย่างรวดเร็ว เพื่อลดโอกาสในการแพร่เชื้อไปยังบุคลากรที่ปฏิบัติงานและผู้ป่วยท่านอื่น

การจัดทิศทางการไหลของอากาศให้อากาศไหลจากพื้นที่สะอาดก่อนแล้วจึงไหลไปทางที่ปนเปื้อน (clean-to-dirty) กล่าวคือให้อากาศที่สะอาดไหลสู่ศีรษะของบุคลากรทางการแพทย์เป็นอันดับแรก และเมื่ออากาศได้รับการปนเปื้อนจะต้องทำการจัดการให้มีการดูดเข้าสู่อุปกรณ์กักเก็บเชื้อด้วยความระมัดระวัง และอาจจัดให้มีการทำลายเชื้อด้วยเทคโนโลยีที่ได้รับการยืนยันทางวิชาการว่ามีความปลอดภัยต่อบุคลากรทางการแพทย์และผู้ป่วย กล่าวคือเทคโนโลยีในการกำจัดเชื้อในอากาศ จะต้องไม่ก่อให้เกิดอันตรายหรือมีการปนเปื้อนของสารหรือรังสีใดใดที่ส่งผลต่อสุขภาวะของผู้ป่วยและบุคลากรทางการแพทย์ที่ปฏิบัติงานในพื้นที่ที่ทำการรักษาหรือพื้นที่ที่ปฏิบัติงาน รวมทั้งพื้นที่อื่น ๆ ที่อาจได้รับผลกระทบจากรังสีหรือแก๊สใดใดที่เป็นผลกระทบจากการเปิดใช้งานอุปกรณ์ในระยะยาว

ตำแหน่งของช่องหน้ากากระบายอากาศ (Exhaust air grill, EAG) ต้องอยู่ในระยะที่ใกล้กับแหล่งของเชื้อ เช่น ศีรษะของคนไข้ที่ทำการรักษา ถังทิ้งขยะติดเชื้อ โถชักโครก โถสำหรับเทสิ่งปฏิกูล เป็นต้น เพื่อลดการฟุ้งกระจายและมีการตกค้างของอากาศติดเชื้อ (Infected airborne) หรือ ละอองแขวนลอยขนาดเล็ก (Aerosol) ในอากาศภายในห้อง ซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อบุคลากรทางการแพทย์และผู้ป่วยรายอื่นในพื้นที่

ในการควบคุมการแพร่กระจายของเชื้อจากพื้นที่ที่มีแหล่งของเชื้อ มิให้เล็ดลอดออกไปยังพื้นที่อื่นๆ สามารถกระทำได้โดยการปรับให้พื้นที่ห้องผู้ป่วย และห้องทำหัตถการให้เป็นห้องที่มีความดันต่ำกว่าพื้นที่ข้างเคียง ซึ่งพื้นที่ดังกล่าว เรียกว่า ห้องความดันลบ (Negative Pressure Room) ห้องผู้ป่วยติดเชื้อและห้องทำหัตถการควรติดตั้งเครื่องปรับอากาศที่มีขนาดการทำความเย็นที่เพียงพอต่อความสุขสบายทั้งในขณะที่บุคลากรทางการแพทย์สวมชุดป้องกันเข้ารักษาคนไข้และในขณะที่คนไข้นอนพักรักษาในหอผู้ป่วย โดยพิจารณาภาระในการทำความเย็นเพิ่มจากกรณีปกติ เนื่องจากมีการติดตั้งระบบระบายอากาศที่มีอากาศไหลออกจากพื้นที่ในอัตราที่มากกว่าปกติ ทำให้มีอากาศใหม่ไหลเข้ามาแทนที่ ซึ่งส่งผลต่อภาระความร้อนของเครื่องปรับอากาศ

สำหรับพื้นที่ห้องปฏิบัติการของบุคลากรทางการแพทย์ รวมทั้งห้องพักแพทย์ ห้องพักพยาบาล และเจ้าหน้าที่ ห้องพักทานอาหาร ซึ่งอยู่ในพื้นที่ติดต่อกับพื้นที่ที่มีอากาศปนเปื้อน จำเป็นต้องปกป้องมิให้เชื้อเล็ดลอดเข้ามายังพื้นที่ จึงควรทำให้มีอากาศสะอาดที่มีความดันอากาศสูงกว่าพื้นที่ข้างเคียง โดยเติมอากาศสะอาดอย่างน้อย 6 air change เพื่อรักษาความดันให้เป็น ห้องความดันบวก (Positive Pressure Room)

ในการเข้าทำการรักษา หรือการนำคนไข้หรืออุปกรณ์ต่างๆเข้าและออกยังพื้นที่การรักษา บุคลากรทางการแพทย์จะสวมชุดป้องกันในพื้นที่สะอาดนี้ให้ครบถ้วนเสียก่อนที่จะมีการเปิดประตูเพื่อเข้าหรือออกจากพื้นที่ การจัดให้มีห้องปรับความดัน (Pressure Transfer Chamber) จะช่วยในการลดการหลุดรั่วของเชื้อจากพื้นที่ปนเปื้อนออกไปยังพื้นที่สะอาดหรือพื้นที่ปกติที่ห้องที่ติดกันได้

การจัดเส้นทางสะอาดจากพื้นที่อากาศสะอาดไปยังพื้นที่อากาศปนเปื้อน (Clean to Dirty Route) จะต้องเป็นเส้นทางที่แยกออกจากเส้นทางในทางตรงกันข้ามคือ เส้นทางจากพื้นที่ปนเปื้อนกลับมายังพื้นที่สะอาด (Dirty to Clean Route)

เส้นทางจากพื้นที่ปนเปื้อนกลับมายังพื้นที่สะอาดจะต้องมีกระบวนการปลดชิ้นส่วนที่ปนเปื้อนและกำจัด

หรือป้องกันการฟุ้งของอากาศปนเปื้อนมายังบุคลากรทางการแพทย์ที่สวมใส่ชุดป้องกันที่ลดลง เช่น จัดให้มีเครื่องดูดกรองอากาศ แบบกรองอากาศติดเชื้อแบบหมุนวน ณ ตำแหน่งที่ถอดชุดป้องกัน เช่น ชุดอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล (Personal Protective Equipment : PPE) ฯลฯ โดยให้ช่องทางดูดอากาศติดเชื้ออยู่ใกล้ตำแหน่งถอดชุดและถังทิ้งชุดในระยะไม่เกิน 50 เซนติเมตร หรืออาจทำเป็นห้องความดันลบเพื่อป้องกันอากาศที่ติดเชื้อจากการถอดชุดไหลเวียนกลับเข้าสู่ศีรษะของบุคลากรทางการแพทย์ที่ได้ถอดชุดป้องกันออกไปแล้ว

4. องค์ประกอบของห้องต่างๆ ในหอผู้ป่วยติดเชื้อ COVID-19 Cohort Ward แบบครบวงจร

4.1 ห้องผู้ป่วยติดเชื้อ

สิ่งที่ต้องพิจารณาในห้องผู้ป่วยติดเชื้อ คือ ตำแหน่งช่องดูดอากาศติดเชื้อ และทิศทางของอากาศเพื่อควบคุมการแพร่กระจายของเชื้อจากห้องผู้ป่วยติดเชื้อมิให้เล็ดลอดออกไปยังพื้นที่ข้างเคียง จำเป็นต้องทำการปรับให้พื้นที่เป็นห้องที่มีความดันต่ำกว่าพื้นที่ข้างเคียง โดยการจัดให้มีการนำอากาศติดเชื้อออกจากห้องในอัตราเปลี่ยนอากาศ 9 ถึง 12 air change โดยอากาศที่นำออกจากห้องต้องมีการดำเนินการมิให้แพร่กระจายออกไปกระทบต่อความเสี่ยงของพื้นที่ล้อมรอบ

ปกติแล้วการนำหอผู้ป่วยเดิมที่มีอยู่ในโรงพยาบาลมาทำการปรับปรุงให้เป็นห้องความดันลบ มิสามารถนำอากาศออกไปปล่อยยังพื้นที่ที่ปลอดภัยได้โดยง่าย การทำการกรองอากาศด้วยแผ่นกรองอากาศประสิทธิภาพสูงในระดับที่ไม่น้อยกว่า 99.97% ตามคำแนะนำของ CDC (2020) และ ANSI/ASHRAE/ASHE Standard 170-2017 จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง โดยเฉพาะการรับมือกับเชื้อ SAR-Cov2 ซึ่งเป็นเชื้อไวรัสที่เป็นโรคอุบัติใหม่

ในการติดตั้งช่องหน้ากากระบายอากาศ (EAG) ที่เหมาะสมที่สุดคือ จัดให้อยู่ในระดับที่ใกล้ศีรษะของผู้ป่วยให้มากที่สุด โดยต้องไม่มีการวางสิ่งของใดใดบังทิศทางของอากาศระหว่างศีรษะของผู้ป่วยไปยังช่องหน้ากากระบายอากาศ (EAG) ในระหว่างการปฏิบัติการรักษา ไม่แนะนำให้บุคลากรทางการแพทย์ยืนบดบังทิศทางอากาศติดเชื้อ เพื่อป้องกันการฟุ้งของ ละอองแขวนลอยขนาดเล็ก (Aerosol) หรือ การแพร่กระจายทางอากาศ (airborne) รูปที่ 4 แสดงตัวอย่างการจัดวางตำแหน่งติดตั้งช่องหน้ากากระบายอากาศในห้องผู้ป่วยแบบ Cohort Ward และการติดตั้งเครื่องกรองประสิทธิภาพสูง (HEPA filter)

เนื่องจากหอผู้ป่วยติดเชื้อเป็นหอผู้ป่วยที่จำเป็นต้องจัดให้สามารถทำการรักษาในสถานการณ์ที่พบผู้ป่วยติดเชื้อจำนวนมาก แต่จำนวนบุคลากรทางการแพทย์มีจำกัด เพื่อให้สามารถดูแลสังเกตอาการได้อย่างทั่วถึงและช่วยเหลือผู้ป่วยได้ทันการณ์โดยที่ยังคงรักษาระดับความปลอดภัยจากความเสี่ยงในการติดเชื้อให้แก่บุคลากรทางการแพทย์ได้มากที่สุด ห้องผู้ป่วยติดเชื้อจึงแนะนำให้เป็นห้องที่กั้นด้วยกระจกใส ที่สามารถมองสังเกตอาการณ์ได้สะดวกจากห้องสถานีสังเกตอาการ (Nurse station) ซึ่งมีแพทย์และพยาบาลประจำการอยู่ตลอดเวลา

รูปที่ 4 การจัดวางตำแหน่งติดตั้งช่องหน้ากากระบายอากาศในห้องผู้ป่วยแบบ Cohort Ward และการติดตั้งเครื่องกรองประสิทธิภาพสูง (HEPA filter)

4.2 สถานีสังเกตอาการผู้ป่วย (Nurse station)

ห้องที่จัดให้เป็นห้องสถานีสังเกตอาการ (Nurse station) ซึ่งมีแพทย์และพยาบาลประจำการอยู่ตลอดเวลา แนะนำให้เป็นห้องที่กั้นด้วยกระจกใสเพื่อให้สามารถสังเกตอาการของผู้ป่วยผ่านทางกระจกได้ เป็นการเพิ่มช่องทางในการสังเกตอาการผ่านกล้องวงจรปิดอีกชั้นหนึ่ง

เนื่องจากห้องสถานีสังเกตอาการ (Nurse station) เป็นห้องที่มีผนังติดกับห้องปนเปื้อน การจัดให้เป็นห้องที่มีอากาศสะอาดที่มีความดันสูงกว่าห้องข้างเคียงจะเป็นการป้องกันการหลุดรั่วของอากาศจากพื้นที่ข้างเคียงได้เป็นอย่างดี ควรจัดให้มีการเติมอากาศสะอาด 6 air change เพื่อรักษาความดันของห้องให้เป็นบวก ในการติดตั้งระบบปรับอากาศให้มีการเผื่อภาระความร้อนจากการเติมอากาศให้เพียงพอต่อสภาพอากาศที่ความสุขสบาย สำหรับบุคลากรทางการแพทย์สวมชุดปฏิบัติงานปกติ สามารถสังเกตอาการคนไข้ผ่านกระจกและผ่านระบบกล้องวงจรปิดได้ตลอดเวลา การสั่งการอุปกรณ์ต่างๆในห้องผู้ป่วยและทุกๆห้องในหอผู้ป่วย แนะนำให้ทำการติดตั้งไว้ในห้องนี้เนื่องจากเป็นพื้นที่สะอาดและสามารถมองเห็นพื้นที่อื่นๆได้ทั่วถึง เช่น ตู้ควบคุมการเปิดเครื่องดูดกรองอากาศสำหรับห้องความดันลบ ห้องสถานีสังเกตอาการ (Nurse station) เป็นห้องเดียวใน Cohort Ward ที่สามารถเข้าหรือออกจากพื้นที่ได้โดยมิต้องสวมชุดป้องกัน รูปที่ 5 แสดงภาพมุมมองและการสั่งการอุปกรณ์ต่างๆจากห้อง Nurse station ความดันบวกไปยังห้อง cohort ผู้ป่วยความดันลบ ผ่านกระจกห้องปรับความดัน

4.3 ห้องปรับความดัน (Pressure Transfer Chamber)

ห้องปรับความดันเป็นห้องเสริมความปลอดภัยในเส้นทางในการนำผู้ป่วยเข้าสู่พื้นที่รักษาในหอผู้ป่วยติดเชื้อ เพื่อป้องกันอากาศติดเชื้อจากหอผู้ป่วยรั่วออกสู่พื้นที่สาธารณะภายในโรงพยาบาล การจัดทำประตู 2 ชั้นในเส้นทางจากพื้นที่ภายนอกก่อนเข้าสู่ Anteroom ของหอผู้ป่วยแบบ Cohort Ward เป็นการเพิ่มความปลอดภัย ลดความเสี่ยงต่อการแพร่เชื้อ เนื่องจาก Anteroom ของหอผู้ป่วย แม้ว่าจะมีความดันต่ำกว่าพื้นที่ภายนอก แต่เป็นเส้นทางที่มีการปนเปื้อน เนื่องจากถูกใช้เป็นเส้นทางที่บุคลากรทางการแพทย์ที่สวมชุดที่ปนเปื้อนออกจากห้องผู้ป่วยหลังเข้ารักษาเดินทางผ่าน Anteroom เพื่อไปยังห้องถอดชุดป้องกัน รูปที่ 6 แสดงภาพตัวอย่างของห้องปรับความดันที่เป็น

รูปที่ 5 มุมมองและการสั่งการอุปกรณ์ต่างๆจากห้อง Nurse station ความดันบวกไปยังห้อง cohort ผู้ป่วยความดันลบ ผ่านกระจกห้องปรับความดัน

รูปที่ 6 ห้องปรับความดันในเส้นทางเข้าสู่หอผู้ป่วย COVID-19 โรงพยาบาลชลบุรี และ โรงพยาบาลพุทธโสธร

ทางเข้าของผู้ป่วยติดเชื้อ สำหรับห้องปรับความดันในเส้นทางเข้าสู่หอผู้ป่วยติดเชื้อแสดงในรูปที่ 7

สำหรับห้องปรับความดันในส่วนของบุคลากรทางการแพทย์ในการเข้าสู่พื้นที่การรักษา และการเดินทางกลับออกจากพื้นที่การรักษา แนะนำให้จัดให้มีห้องปรับความดัน แยกออกเป็น 2 ส่วนคือ ห้องปรับความดันสำหรับการเดินทางจากห้องสะอาดไปยังห้องปนเปื้อน เรียกว่าเส้นทางสะอาดไปยังพื้นที่ปนเปื้อน (clean-to-dirty route) ถูกจัดไว้ต่างหากในส่วนที่ติดกับ Nurse station (รูปที่ 7) และห้องปรับความดันสำหรับการเดินทางจากพื้นที่รักษาผู้ป่วยติดเชื้อเพื่อทำความสะอาดร่างกายและเปลี่ยนชุดสะอาดก่อนกลับออกมายังพื้นที่สะอาด (รูปที่ 8)

รูปที่ 7 ห้องสังเกตอาการ ห้องปรับความดัน และ Anteroom หน้าห้องผู้ป่วยแบบ Cohort Ward หอผู้ป่วยกุมารเวชกรรม โรงพยาบาลพุทธโสธร

ก่อนที่บุคลากรทางการแพทย์จะเดินทางจากห้องสะอาดไปยังห้องปนเปื้อน จะต้องทำการสวมชุดป้องกันด้วยความรอบคอบระมัดระวัง จากนั้นเปิดประตูจากพื้นที่สะอาดเข้าสู่ห้องปรับความดันที่ทำเป็นประตู 2 ชั้น ในขณะที่เปิดประตูความดันในห้องปรับความดันจะมีความดันเท่ากับห้องในด้านที่ถูกเปิดประตูออก ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทำการปิดประตูในอีกด้านหนึ่งเสมอก่อนที่จะเปิดประตูอีกด้านหนึ่ง เมื่อประตูในฝั่งสะอาดได้ปิดลง จึงทำการเปิดประตูในฝั่งที่เป็นทิศทางเข้าสู่ห้องผู้ป่วย ซึ่งอาจจะจัดให้มีห้องสำหรับจัดเตรียมอุปกรณ์ผู้ป่วยที่เรียกว่า Anteroom ซึ่ง Anteroom นี้จะมีส่วนช่วยในการปรับความดันให้ได้อีกชั้นหนึ่งด้วย

เมื่อบุคลากรทางการแพทย์ได้เสร็จภารกิจในการเข้าทำการรักษาผู้ป่วยแล้ว ในเส้นทางการเดินทางกลับจากพื้นที่รักษาผู้ป่วยติดเชื้อออกมายังพื้นที่สะอาดเป็นจุดที่เสี่ยงต่อการนำเชื้อที่ติดอยู่บนชุดและอุปกรณ์ของบุคลากรทางการแพทย์กลับมาปนเปื้อนในพื้นที่สะอาด และมีโอกาสจะทำให้เกิดการแพร่กระจายได้มาก เนื่องจากพื้นที่สะอาดได้ถูกจัดให้เป็นห้องความดันบวกไว้แล้ว ขั้นตอนในการปลดสิ่งปนเปื้อนจึงมีความสำคัญที่สุด โดยขั้นตอนการถอดชุดป้องกันในห้องปรับความดันที่มีเครื่องดูดกรองอากาศประสิทธิภาพก่อนออกจากหอผู้ป่วย แสดงในรูปที่ 8

รูปที่ 8 ห้องปรับความดัน และถอดชุด PPE มีกระจก เครื่องดูดกรองอากาศ HEPA fan filter unit หอผู้ป่วยกุมาร 1 โรงพยาบาลชลบุรี

4.4 เส้นทางและขั้นตอนในการลดความปนเปื้อน (Dirty-to-clean route)

การออกจากพื้นที่การรักษาที่ปนเปื้อนของบุคลากรทางการแพทย์ จึงต้องใช้เส้นทางที่เรียกว่าเส้นทางปนเปื้อนไปยังพื้นที่สะอาด (Dirty-to-clean route) โดยจัดให้มีห้องปรับความดันแบบประตู 2 ชั้น และในห้องปรับความดันนี้ให้จัดให้มีเครื่องดูดกรองอากาศติดเชื้อจัดวางไว้หน้าถังสำหรับทิ้งชุดปนเปื้อน เพื่อลดความเสี่ยงจากการฟุ้งกลับสู่บุคลากรทางการแพทย์หลังจากได้ทำการปลดชุดออกแล้ว ห้องนี้จะต้องติดตั้งกระจกบานใหญ่เพื่อให้บุคลากรทางการแพทย์สามารถมองเห็นชุดของตนเองในแต่ละขั้นตอนของการปลดชุดป้องกันแต่ละชิ้น และติดตั้งเครื่องป้อนแอลกอฮอล์ล้างมือสำหรับทำความสะอาดมือ ทั้งนี้พบว่ามีรายงานว่ามีความเสี่ยงในการติดเชื้อจากกระบวนการในการถอดชุดป้องกันอยู่เป็นระยะ ห้องนี้เรียกว่า ห้องถอดชุดอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล (PPE)

เมื่อสิ้นสุดกระบวนการปลดชุดชั้นนอกที่ปนเปื้อนที่สุดออกในห้องถอดชุดอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล (PPE) ให้ออกจากห้องโดยทำการเปิดประตูออกในฝั่งไปยังพื้นที่ทำความสะอาดร่างกายและเปลี่ยนเสื้อผ้า

ในขั้นตอนสุดท้ายหลังจากถอดชุด PPE และก่อนเดินทางกลับเข้าสู่พื้นที่สะอาด จะต้องทำการล้างมือ อาบน้ำ สระผม และเปลี่ยนเสื้อผ้าชุดใหม่ให้ปลอดเชื้อก่อนกลับเข้าสู่พื้นที่สะอาดเสมอ

4.5 ห้องน้ำผู้ป่วย และห้องเทสิ่งปฏิกูล

ห้องน้ำ หรือห้องส้วมของผู้ป่วย โถสำหรับเทสิ่งปฏิกูลที่เป็นสิ่งขับถ่ายจากผู้ป่วยติดเชื้อ เป็นห้องที่มีความเสี่ยงสูงที่สุด เนื่องจากพบว่าผู้ป่วยจำเป็นต้องมีการถอดหน้ากากอนามัยในกิจกรรมส่วนตัวบางประการ และการปลดทุกข์ ที่เชื้อที่อยู่ในร่างกายสามารถแพร่กระจายได้จากการขับถ่าย และพบว่าในการกดชักโครกจะเร่งการฟุ้งกระจายของเชื้อ การจัดให้ห้องน้ำผู้ป่วยมีช่อง ช่องหน้ากากระบายอากาศ (EAG) ในตำแหน่งที่เหมาะสม และทำการดูดกรองอากาศติดเชื้อด้วยแผ่นกรองอากาศประสิทธิภาพสูง จะช่วยป้องกันการแพร่กระจายของเชื้อได้เป็นอย่างดี (รูปที่ 9)

4.6 ห้องทิ้งขยะติดเชื้อ

ห้องเทขยะติดเชื้อ เป็นห้องที่มีความเสี่ยงต่อบุคลากรของโรงพยาบาลที่ทำหน้าที่ทิ้งและเก็บขยะมากที่สุด ในระหว่างเปิดปิดฝาถังขยะ เชื้อจากขยะในถังสามารถแพร่กระจายขึ้นมาได้ การจัดให้มีช่อง

รูปที่ 9 ช่องหน้ากากระบายอากาศเหนือโถเทสิ่งปฏิกูล โรงพยาบาลชลบุรี และห้องน้ำผู้ป่วย โรงพยาบาลพุทธโสธร

หน้ากากระบายอากาศ (EAG) ในตำแหน่งเหนือถังขยะ และทำการดูดกรองอากาศติดเชื้อด้วยแผ่นกรองอากาศประสิทธิภาพสูง (รูปที่ 10) จะช่วยป้องกันการแพร่กระจายของเชื้อและปกป้องบุคลากรของโรงพยาบาลที่ทำหน้าที่เก็บขยะได้มากยิ่งขึ้น

4.7 ห้องทำหัตถการที่ก่อให้เกิดละอองแขวนลอยขนาดเล็ก

ในหอผู้ป่วยที่มักจะมีการทำหัตถการที่ก่อให้เกิดละอองแขวนลอยขนาดเล็ก (Aerosol-generating procedures) เช่น หอผู้ป่วยวิกฤต หอผู้ป่วยกึ่งวิกฤต และแผนกฉุกเฉิน การทำหัตถการที่ก่อให้เกิดละอองแขวนลอยขนาดเล็ก เช่น การใส่ท่อช่วยหายใจ (Tracheal Intubation) การใช้เครื่องช่วยหายใจชนิดไม่ใส่ท่อ (Non-Invasive Ventilation) การเจาะคอ (tracheostomy) การกู้ชีพ (CPR) การส่องกล้องตรวจหลอดลม (Bronchoscopy) ทางองค์การอนามัยโลก (WHO) [8] ได้ให้คำแนะนำว่ามีความเสี่ยงมากขึ้นในการแพร่กระจายไวรัสโคโรนาในระหว่างการทำหัตถการเหล่านี้ นอกจากบุคลากรทางการแพทย์จะต้องทำการสวมชุดป้องกันทั้งส่วนใบหน้า ดวงตา สวมชุดป้องกันทั้งตัวและถุงมือ และจำกัดจำนวนคนในห้องแล้ว มีคำแนะนำให้ทำหัตถการในห้องที่มีอากาศถ่ายเทหมุนเวียนอย่างน้อย 160 ลิตร/วินาที/คน หรือทำในห้องความดันลบที่มีการถ่ายเทอากาศอย่างน้อย 12 air change และมีการควบคุมทิศทางของอากาศให้ไหลออกจากบริเวณสะอาดไปยังบริเวณปนเปื้อน

รูปที่ 10 ช่องหน้ากากระบายอากาศ และเครื่องดูดกรองอากาศประสิทธิภาพภาพสูง สำหรับถังทิ้งขยะติดเชื้อ หอผู้ป่วย COVID-19 กุมารเวชกรรม 1 โรงพยาบาลชลบุรี

ตำแหน่งในการติดตั้งช่องหน้ากากระบายอากาศ (EAG) ที่เหมาะสมที่สุดคือ จัดให้อยู่ในระดับที่ใกล้ศีรษะของผู้ป่วยซึ่งเป็นแหล่งที่เกิดฝอยละออง ให้มากที่สุด เพื่อป้องกันการฟุ้งของละออง ต้องไม่มีการวางสิ่งของใดๆ หรือยืนบังทิศทางของอากาศระหว่างศีรษะของผู้ป่วยไปยังช่องหน้ากากระบายอากาศ (EAG) ในระหว่างการปฏิบัติการรักษา ตัวอย่างการติดตั้งหน้ากากระบายอากาศห้องพ่นยาความดันลบในแผนกฉุกเฉิน ของโรงพยาบาลชลบุรี ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของแผนกฉุกเฉินที่ได้รับการดำเนินการปรับปรุงระบบระบายอากาศอย่างครบถ้วนทั้งในพื้นที่รักษาผู้ป่วย ห้องสถานีสังเกตอาการ ห้องพักบุคลากรทางการแพทย์ ห้องปรับความดันในรูปแบบ Cohort Ward แสดงในรูปที่ 1

5. ตัวอย่างการดำเนินการการออกแบบติดตั้งระบบระบายอากาศสำหรับการรักษาผู้ป่วยติดเชื้อในหอผู้ป่วยชนิดต่างๆ ในโรงพยาบาล

5.1 การออกแบบติดตั้งระบบระบายอากาศในหอผู้ป่วยวิกฤต

หอผู้ป่วยวิกฤต COVID-19 แบบ Cohort Ward ชลาธาร1 โรงพยาบาลชลบุรี ได้รับการดำเนินการโดยนำหอผู้ป่วยวิกฤตเดิมในโรงพยาบาลมาปรับเป็นหอผู้ป่วย COVID-19 แบบ Cohort Ward เป็นครั้งแรกในประเทศไทย ในช่วงเดือนเมษายน 2564 จากสถานการณ์ที่มีผู้ป่วยวิกฤต COVID-19 เพิ่มขึ้นเกินขีดความสามารถของห้องแยกเดี่ยววิกฤตสำหรับผู้ป่วยติดเชื้อทั่วประเทศ โดยดำริของท่านผู้อำนวยการและผู้บริหารโรงพยาบาลชลบุรี การคัดเลือกหอผู้ป่วยวิกฤตเดิมที่มีอยู่มาใช้ในการปรับเป็นหอผู้ป่วยวิกฤต COVID-19 จำเป็นต้องได้รับการพิจารณาจากทีมแพทย์และผู้บริหารของโรงพยาบาลอย่างรอบคอบ เนื่องจากการนำหอผู้ป่วยวิกฤตมาใช้ในการรับคนไข้ติดเชื้อต้องใช้องค์ความรู้และประสบการณ์ทางการแพทย์ด้านการรักษาผู้ป่วยวิกฤตในการพิจารณาความพร้อมของอุปกรณ์ที่มีอยู่เดิมของหอผู้ป่วย เช่น ท่อแก๊สทางการแพทย์ที่พร้อมใช้งาน ท่อล้างไต เครื่องมือทางการแพทย์ รวมถึงพิจารณาด้านบุคลากรทีมแพทย์พยาบาลที่ชำนาญด้านการดูแลรักษาผู้ป่วยวิกฤต นอกจากนี้การนำหอผู้ป่วยเดิมมาใช้เป็นหอผู้ป่วย COVID-19 ย่อมส่งผลต่อการรักษาผู้ป่วยวิกฤตปกติที่มีอยู่เดิม การปรับปรุงหอผู้ป่วยจึงควรจัดทำให้สามารถปรับการใช้งานกลับมาใช้ได้ในกรณีรับรักษาคนไข้ที่ไม่ใช่คนไข้ติดเชื้อตามเดิมหลังสถานการณ์การระบาดได้คลี่คลายแล้วอย่างคล่องตัวด้วย โครงการนี้เป็นโครงการเร่งด่วน การออกแบบติดตั้ง การดำเนินงานปรับปรุงการกั้นห้องและปรับปรุงระบบระบายอากาศและเส้นทางต่างๆ ใช้เวลาในการติดตั้งและทดสอบระบบ รวมทั้งจัดอบรมการใช้งานแก่ทีมบุคลากรทางการแพทย์เพื่อความพร้อมในการปฏิบัติหน้าที่ แล้วเสร็จในเวลา 1 สัปดาห์ ด้วยค่าใช้จ่ายในส่วนของวัสดุอุปกรณ์งานระบบงานทางวิศวกรรมเพียงประมาณ 50,000 ถึง 60,000 บาท ต่อเตียงคนไข้ (รูปที่ 11)

เนื่องจากผู้ป่วยวิกฤตไม่สามารถช่วยเหลือตนเองได้ จึงเป็นหน้าที่ของบุคลากรทางการแพทย์ในการดูแลสารขับถ่ายของผู้ป่วยติดเชื้อ การจัดทำห้องความดันลบนอกจากต้องพิจารณาการเปลี่ยนอากาศในห้องผู้ป่วยแล้ว ยังต้องดำเนินการในจุดเทสิ่งปฏิกูลและห้องทิ้งขยะอย่างรอบคอบเพื่อป้องกันการแพร่กระจายของเชื้อออกสู่พื้นที่อื่น มีการจัดทำประตูสองชั้นเพื่อใช้ในการส่งผู้ป่วยเข้าสู่ห้องผู้ป่วย พื้นที่ Anteroom ซึ่งลากสายของจอเครื่องให้ออกซิเจน High Flow มายังนอกห้องผู้ป่วย เพื่อให้แพทย์สามารถปรับค่าของเครื่องได้จากนอกห้องผู้ป่วย การกั้นห้องแบ่งโซนโดยใช้กระจกอลูมิเนียมเพื่อเพิ่มทัศนวิสัยในการมองสังเกตอาการผู้ป่วยจากห้องสังเกตอาการ (Nurse station) เป็นการเสริมการมองสังเกตอาการผ่านระบบกล้องวงจรปิด จัดทำห้องสังเกตอาการ

รูปที่ 11 การปรับปรุงหอผู้ป่วยวิกฤต เป็น COVID-19 Cohort Ward โรงพยาบาลชลบุรี

โดยการเติมอากาศสะอาดเป็นห้องความดันบวก และจัดวางเส้นทางที่ปลอดภัยสำหรับบุคลากรทางการแพทย์ ห้องถอดชุด PPE

5.2 การออกแบบติดตั้งระบบระบายอากาศในหอผู้ป่วยผู้ใหญ่ และหอผู้ป่วยกุมารเวชกรรม

การออกแบบติดตั้งระบบระบายอากาศในหอผู้ป่วยผู้ใหญ่เป็น Cohort Ward จะคล้ายคลึงกับหอผู้ป่วยวิกฤติ แต่จะมีการปรับปรุงห้องน้ำผู้ป่วยให้เป็นห้องความดันลบเพิ่มขึ้นมาเพื่อป้องกันการแพร่เชื้อจากการกดชักโครกและการใช้อ่างล้างหน้าของผู้ป่วย รูปที่ 12 แสดงภาพการปรับปรุงหอผู้ป่วยเป็น COVID-19 Cohort Ward ของอาคารชลาทิศ 1 โรงพยาบาลชลบุรี และ อาคารอายุรกรรมหญิง 2 โรงพยาบาลราชวิถี

สำหรับหอผู้ป่วยกุมารเวชกรรมที่ติดเชื้อ COVID-19 ได้ถูกดำเนินการเป็นครั้งแรกในเดือนกรกฎาคม 2564 ในโรงพยาบาลชลบุรี เนื่องจากการเปิดภาคเรียนและการติดเชื้อจากครอบครัวมาสู่เด็ก หอผู้ป่วยกุมารเวชกรรม เป็นหอผู้ป่วยที่มีกิจกรรมมาก เนื่องจากผู้ป่วยเด็กมีอายุตั้งแต่ 1 เดือนไปถึงอายุ 12 ปี การดูแลผู้ป่วยเด็ก ในหลายวัยมีทั้งการอาบน้ำ เช็ดตัวเด็กอ่อน การชงนม การป้อนนม การป้อนอาหาร พยาบาลในหอผู้ป่วยเด็กจะต้องสวมชุดป้องกันและเข้าไปดูแลผู้ป่วยเด็กในแต่ละครั้งเป็นเวลาที่นานมาก การปรับสภาวะอากาศในหอผู้ป่วยเด็กนอกจากจัดทำเป็นห้องความดันลบติดตั้งหน้ากากระบายอากาศบริเวณใกล้หัวเตียงคนไข้แล้ว จึงจำเป็นต้องพิจารณาการติดตั้งเครื่องปรับอากาศเพิ่มเติมเพื่อให้สามารถรับภาระความร้อนจากการเปลี่ยนอากาศ และภาระความร้อนแฝงที่เพิ่มจากการเปลี่ยนอากาศและมวลน้ำที่เพิ่มจากกิจกรรมการดูแลผู้ป่วยเด็ก ปัญหาของมวลน้ำในอากาศในหอผู้ป่วยเด็ก COVID-19 จะมีมากกว่าหอผู้ป่วยอื่นๆ เป็นที่สังเกตว่าหากไม่มีการนำน้ำออกจากอากาศ กระจกของห้องผู้ป่วยจะเป็นฝ้าตลอดเวลา วิธีการแก้ไขคือติดตั้งเครื่องลดความชื้นในห้องสังเกตอาการ ซึ่งเป็นต้นทางของอากาศที่เติมเข้าสู่ห้องผู้ป่วย จะสามารถลดมวลน้ำที่ควบแน่นเกาะบนกระจกห้องผู้ป่วยได้ รูปที่ 13 แสดงการปรับปรุงหอผู้ป่วยกุมารเวชกรรม 1 เป็น COVID-19 Cohort Ward ของโรงพยาบาลชลบุรี

รูปที่ 12 การปรับปรุงหอผู้ป่วย เป็น COVID-19 Cohort Ward โรงพยาบาลชลบุรี และโรงพยาบาลราชวิถี

รูปที่ 13 การปรับปรุงหอผู้ป่วยกุมารเวชกรรม1 เป็น COVID-19 Cohort Ward โรงพยาบาลชลบุรี

5.3 การออกแบบติดตั้งระบบระบายอากาศในแผนกฉุกเฉิน

ห้องฉุกเฉินของโรงพยาบาลต่างๆ ในประเทศไทย จะมีพื้นที่เดิมที่ค่อนข้างจำกัด ในการปรับปรุงแบ่งโซนพื้นที่มักจะส่งผลกระทบต่อการทำงานของบุคลากรทางการแพทย์ที่จะต้องเข้าดูแลผู้ป่วยอย่างเร่งด่วน ห้องฉุกเฉิน ปกติแล้วจะประกอบไปด้วย

1) พื้นที่โซนด้านหน้าเพื่อใช้ในการตรวจรักษาในเบื้องต้น ซึ่งเป็นเตียงที่รับการรักษาคนไข้ฉุกเฉินที่แพทย์และพยาบาลจะต้องเร่งเข้ามาซักอาการโดยทันที มักจะมีเตียงอย่างน้อย 2 ถึง 3 เตียง จะมีท่อแก๊สทางการแพทย์ และอุปกรณ์วัดสัญญาณชีพ

2) โซนเตียงสังเกตอาการ เป็นเตียงในพื้นที่ที่จัดไว้ให้ผู้ป่วยนอนรอเพื่อคอยการสังเกตอาการ มักจะอยู่ด้านในของแผนกฉุกเฉิน

3) ห้องกู้ชีพ เป็นห้องที่ใช้ในการกู้ชีพให้แก่ผู้ป่วย ห้องกู้ชีพจะมีอุปกรณ์ทางการแพทย์ที่ใช้ในการกู้ชีพอย่างครบถ้วน ในการกู้ชีพมักจะมีความเสี่ยงเนื่องจากผู้ป่วยหมดสติและต้องทำการรักษาในขณะที่ผู้ป่วยมิได้สวมหน้ากากอนามัย

4) จุดพ่นยา เพื่อช่วยเหลือผู้ป่วยที่มีปัญหาในการหายใจ ในการพ่นยาผู้ป่วยจะต้องถอดหน้ากากอนามัย และจะมีการฟุ้งกระจายออกมาสู่อากาศ

5) เคาเตอร์พยาบาล มักจะอยู่ในพื้นที่เดียวกับพื้นที่โซนด้านหน้าที่ใช้รับการตรวจรักษาในเบื้องต้น เพื่อความคล่องตัวในการเข้ารักษาผู้ป่วยอย่างทันท่วงที เป็นศูนย์ในการรับส่งข้อมูลผู้ป่วยและจัดทำเอกสารรายงานต่างๆ

6) ห้องพักทานอาหารบุคลากรทางการแพทย์

7) ห้องเก็บของสะอาด

8) ห้องทิ้งขยะ เทสิ่งปฏิกูล และล้างทำความสะอาดเครื่องมือแพทย์ ปกติแล้วแม่บ้านจะอยู่ในห้องนี้เป็นประจำ

9) ห้องน้ำผู้ป่วย

10) ห้องพักเวรบุคลากรทางการแพทย์

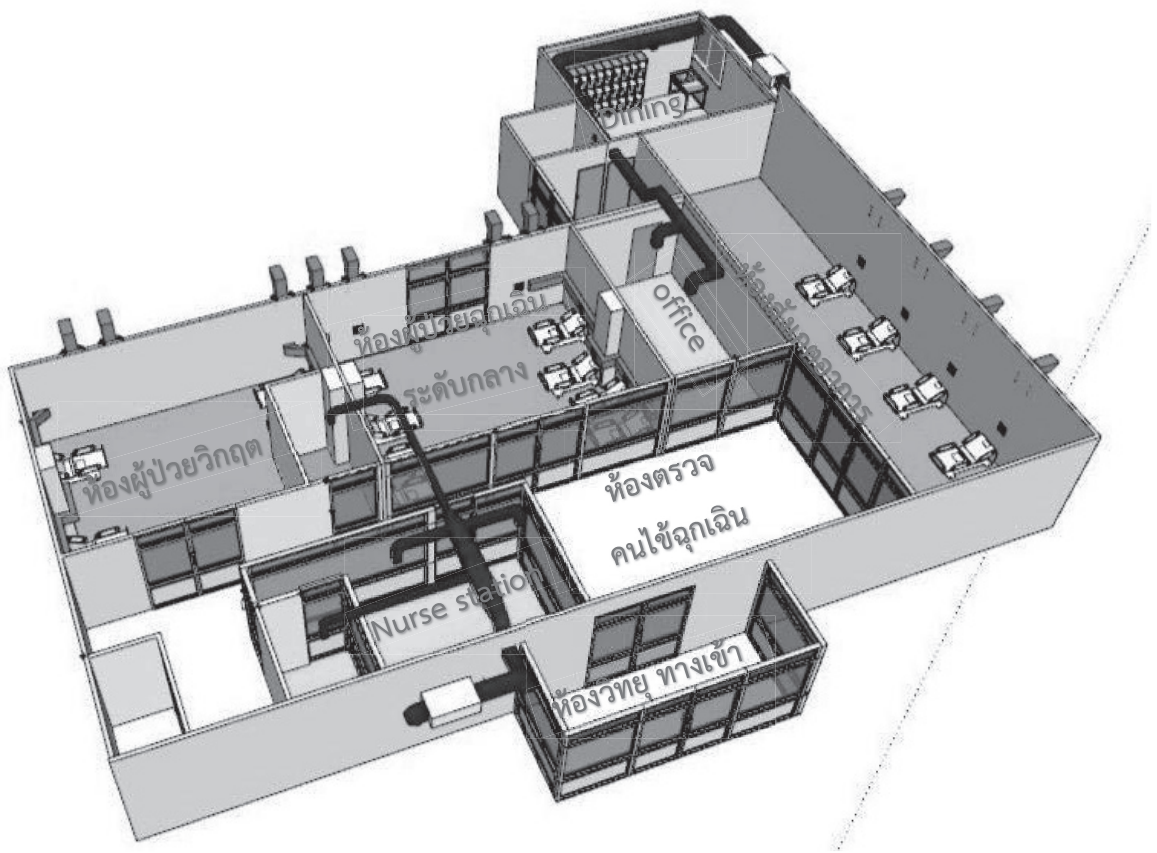
ด้วยลักษณะของพื้นที่ในแผนกฉุกเฉิน และจากสถานการณ์การแพร่ระบาดของ COVID-19 จะพบว่ามีผู้ป่วยที่ติดเชื้อจำนวนมากที่ทั้งทราบและไม่ทราบว่าตนติดเชื้อ ได้เจ็บป่วยแบบฉุกเฉินเข้ารับการรักษาในแผนกฉุกเฉินในหลายๆ โรงพยาบาล จนเกิดสถานการณ์ที่บุคลากรทางการแพทย์สัมผัสผู้ป่วยติดเชื้อ จำเป็นต้องปิดแผนกเพื่อกักตัวบุคลากรทางการแพทย์จำนวนมาก ส่งผลให้ไม่สามารถให้บริการรักษาผู้ป่วยได้ และส่งผลต่อการบริการสาธารณสุข การดำเนินการปรับปรุงแบ่งโซนพื้นที่ โดยการปรับความดันของแต่ละโซนจะช่วยลดระยะเวลาในการสัมผัสผู้ป่วย เพื่อเพิ่มความปลอดภัยจากการติดเชื้อในอากาศในพื้นที่ได้ดียิ่งขึ้น

แนวทางในการออกแบบปรับปรุงระบบระบายอากาศ คือ จัดให้พื้นที่ตรวจรักษาผู้ป่วยในห้องลำดับที่ 1) 2) และ 3) โดยเฉพาะอย่างยิ่งห้อง 4) ที่มีการฟุ้งกระจายของอากาศติดเชื้อที่สูงที่สุด ติดตั้งหัวดูดอากาศใกล้กับหัวเตียงผู้ป่วย แล้วนำอากาศติดเชื้อไปกรองด้วยแผ่นกรองอากาศประสิทธิภาพสูง และจัดให้โซนนี้มีความดันต่ำกว่าโซนอื่นและพื้นที่ภายนอก เพื่อป้องกันการแพร่กระจายของเชื้อ

ห้องทิ้งขยะ เทสิ่งปฏิกูล และล้างทำความสะอาดเครื่องมือแพทย์ ในข้อ 8) รวมทั้ง ห้องน้ำผู้ป่วยในข้อ 9) เป็นจุดที่มีการปนเปื้อนและอาจจะมีเชื้อตกค้างในอากาศเป็นเวลานานจากการกดชักโครกที่ฟุ้งกลับออกมา แนะนำให้ทำการจัดให้มีระบบดูดกรองอากาศและให้มีความดันอากาศต่ำกว่าพื้นที่สะอาดและพื้นที่ภายนอก เพื่อป้องกันการแพร่กระจายของเชื้อ

รูปที่ 14 เป็นตัวอย่างในการออกแบบติดตั้งระบบระบายอากาศในห้องพ่นยา ห้องสังเกตอาการ จุดเทสิ่งปฏิกูล ในแผนกฉุกเฉิน โรงพยาบาลชลบุรี สำหรับรูปที่ 15 เป็นตัวอย่างในการออกแบบเพื่อดำเนินงานปรับปรุงติดตั้งระบบระบายอากาศทั้งระบบในแผนกฉุกเฉิน โรงพยาบาลพุทธโสธร

รูปที่ 14 การปรับปรุงพื้นที่ตำแหน่งช่องระบายอากาศ ห้องพ่นยาและห้องสังเกตอาการในแผนกฉุกเฉินโรงพยาบาลชลบุรี



รูปที่ 15 การปรับปรุงระบบระบายอากาศในแผนกฉุกเฉินเพื่อรองรับการรักษาผู้ป่วยติดเชื้อโรงพยาบาลพุทธโสธร

6. สรุปและข้อเสนอแนะ

การจัดทำหอผู้ป่วยแบบให้ผู้ป่วยติดเชื้อชนิดเดียวกันอยู่ร่วมกันแบบที่มุ่งเน้นการป้องกันการแพร่เชื้อในพื้นที่ต่างๆ ในโรงพยาบาลเป็นไปเพื่อเสริมความปลอดภัยในการปฏิบัติหน้าที่ของบุคลากรทางการแพทย์ในโรงพยาบาล และป้องกันการแพร่ของเชื้อทางอากาศไปยังพื้นที่อื่นในแนวทางที่กล่าวมานี้เป็นไปตามหลักการความปลอดภัยในการป้องกันการแพร่เชื้อ เน้นการติดตั้งที่รวดเร็ว ประหยัด เพื่อให้สามารถรับมือกับสถานการณ์การแพร่ระบาดที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว

อย่างไรก็ตาม ด้วยสภาวะอากาศของประเทศไทยซึ่งอากาศร้อนชื้น การระบายอากาศด้วยการเติมอากาศสะอาดและระบายอากาศออกจากหอผู้ป่วยนั้น จะส่งผลต่อการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศมากขึ้น และมีผลต่อความชื้นภายในหอผู้ป่วย ดังจะพบได้โดยทั่วไปในหอผู้ป่วย COVID-19 คือ จะพบเห็นกระจกเป็นฝ้าเนื่องจากการควบแน่นของน้ำในอากาศบนแผ่นกระจกที่มีอุณหภูมิต่ำในห้องผู้ป่วยที่เป็นห้องปรับอากาศ นอกจากจะส่งผลต่อการเพิ่มการเจริญเติบโตของเชื้อโรคต่างๆในสถานพยาบาลแล้ว ยังส่งผลต่อทัศนวิสัยในการสังเกตอาการผู้ป่วยผ่านสถานีสังเกตอาการ (Nurse station) การแก้ปัญหาเฉพาะหน้าอาจสามารถทำได้โดยการติดตั้งเครื่องลดความชื้น (Dehumidifier) ที่ต้นทางของการนำอากาศภายนอกที่กรองสะอาดป้อนเข้าห้องความดันบวก เมื่ออากาศที่มีมวลน้ำลดลงถูกดึงเข้าห้องผู้ป่วยปริมาณน้ำในอากาศจะลดลงและน้ำที่เกาะบนกระจกจะลดลง แม้ว่าการควบคุมสภาวะอากาศด้วยวิธีนี้แม้จะยังทำได้ไม่ดีเท่าที่ควร แต่พิจารณาจากการแก้ไขปัญหาที่เร่งด่วนด้วยงบประมาณที่เหมาะสม ถือได้ว่าสามารถแก้ปัญหาความชื้นในหอผู้ป่วยไปได้ในระดับที่น่าพอใจ และคุ้มค่าต่อการลงทุน อีกทั้งการปรับห้องรักษาให้กลับมาสู่สถานการณ์ปกติหลังการระบาดของ COVID-19 สามารถทำได้โดยคล่องตัว และมีความพร้อมที่จะถูกนำกลับมาใช้ได้ใหม่ในสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อทางอากาศอื่นๆต่อไปได้ในระยะยาว

Acknowledgements

ขอขอบคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา และมหาวิทยาลัยบูรพา ในการส่งเสริมและสนับสนุนการดำเนินงานโครงการตู้ความดันลบเพื่อผู้ป่วย COVID-19

ขอขอบคุณ บริษัท ชีคิว จำกัด ที่ร่วมดำเนินการทดสอบเครื่องดูดกรองอากาศติดเชื้อประสิทธิภาพสูงในโครงการโครงการตู้ความดันลบเพื่อผู้ป่วย COVID-19 ตามมาตรฐาน ISO14644-3 ทุกเครื่องตลอดโครงการโดยไม่คิดค่าใช้จ่าย

ขอขอบคุณบริษัท อีซีเอสเอ็นเนอร์ยี่โซลูชั่น จำกัด ที่ร่วมสนับสนุนงานทางวิศวกรรมในการร่วมออกแบบติดตั้งและควบคุมงานงานระบบ Cohort Ward สำหรับหอผู้ป่วย COVID-19 ร่วมกับคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

ขอขอบคุณ ทีมงานจิตอาสาคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา คุณสิรวุฒิ จันทร์พร คุณธนายุทธ ไพศาลอัศวเสนี คุณณัฐพงษ์ ศรีจริยา คุณอารีรัตน์ พึ่งเย็น คุณอรอำไพ ศรีสุวรรณ และทีมงานทุกๆท่าน ทั้งบุคลากรและศิษย์เก่า ศิษย์ปัจจุบัน

ขอขอบคุณ บริษัทต่างๆ และประชาชนคนไทยทั่วประเทศที่ร่วมบริจาคกับมหาวิทยาลัยบูรพาในการผลิตอุปกรณ์เพื่อสนับสนุนการปฏิบัติงานของบุคลากรทางการแพทย์แก่โรงพยาบาลต่างๆทั่วประเทศกว่า 60 แห่งทั่วประเทศ

เอกสารอ้างอิง

[1] Burkett, J. (2021) “Virus transmission modes and mitigation strategies, part 1: Defining viruses and droplet release.” ASHRAE Journal (3):24— 29.

[2] CDC (2021) “Scientific Brief: SARS-CoV-2 Transmission”, Updated May 7, 2021 https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/science/science-briefs/sars-cov-2-transmission.html

[3] CDC (2021) “Ventilation in Buildings, Updated June, 2021 https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/community/ventilation.html

[4] M. Pan,J.A. Lednicky,C.-Y. Wu. (2019) Collection, particle sizing and detection of airborne viruses. Journal of Applied Biology, Volume127, Issue6, December 2019, pages 1596-1611 https://doi.org/10.1111/jam.14278

[5] CDC (2007) Guideline for Isolation Precautions: Preventing Transmission of Infectious Agents in Healthcare Settings. https://www.cdc.gov/infectioncontrol/guidelines/isolation/index.html

[6] แพทย์หญิงจริยา แสงสัจจา และคณะ (2563) การป้องกันการแพร่กระจายเชื้อ (Isolation Precuations) และการจัดเตรียมห้อง AIIR (Airborne Infection Isolation Room) เพื่อรองรับผู้ป่วยติดเชื้อทางอากาศและผู้ป่วย Covid-19, บทความทางวิชาการสมาคมวิศวกรรมปรับอากาศ ชุดที่ 25

[7] ASHRAE (2017) ANSI/ASHRAE/ASHE Standard 170-2017, Ventilation of Health Care Facilities

[8] EUROPEAN STANDARD (2019) EN 1822-1 High efficiency air filters (EPA, HEPA and ULPA) - Part 1: Classification, performance testing, marking

[9] WHO (2020) Infection prevention and control during health care when coronavirus disease (COVID-19) is suspected or confirmed Interim guidance, 29 June 2020