

การออกแบบห้องแยกเดี่ยวผู้ป่วย (Isolation Room Design)



นายสุพจน์ เตชะอำนาจวิทย์
ผู้จัดการฝ่ายการตลาด
บริษัท ไทยเอ็นจิเนียร์ริ่งแอนด์สเปเชียลลิซ จำกัด

บทคัดย่อ

บทความนี้มุ่งที่จะสรุปเกี่ยวกับการออกแบบห้องแยกเดี่ยวผู้ป่วย (Isolation Room Design) โดยเฉพาะ ผู้ป่วยแพร่เชื้อในระบบทางเดินหายใจ เช่น วัณโรค หวัดนก ซาร์ เป็นต้น ซึ่งเคยทำให้โลกเกิดความตื่นตัว มีหลายหน่วยงานเสนอแนวทางการออกแบบห้องแยกเดี่ยวผู้ป่วย เช่น สถาบันสถาปนิกอเมริกา (American Institute of Architects), ASHRAE, ศูนย์ควบคุมและป้องกันโรค (Centers for Disease Control and Prevention), การบริหารความปลอดภัยและสุขภาพของผู้ประกอบวิชาชีพ (OSHA) เป็นต้น และเอกสารดังกล่าว มีอยู่จำนวนมาก แม้ว่าโรคดังกล่าวจะสามารถควบคุมได้แล้ว แต่ยังคงต้องเฝ้าระวังและป้องกันไม่ให้เกิดการแพร่ระบาดของโรค ดังนั้นจึงได้รวบรวมและสรุปแนวทางการออกแบบห้องแยกเดี่ยวผู้ป่วยจากข้อมูลต่าง

ที่มีอยู่ กับสภาพความงานจริงพร้อมทั้งปัญหาที่เคยเกิดขึ้นจากการออกแบบและติดตั้งในอดีตที่ผ่านมา ให้มีความเข้าใจได้ง่ายขึ้นและเหมาะสมกับสภาพอากาศในเมืองไทยซึ่งเป็นเขตร้อนชื้น ง่ายต่อการระบาดของโรค เพื่อป้องกันการระบาดของโรคไม่ให้ลุกลามไปได้อย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะเพื่อป้องกัน บุคลากรทางการแพทย์ที่ต้องเกี่ยวข้องกับผู้ป่วย, บุคคลที่มาติดต่อกับทางสถาบันทางการแพทย์ สภาพแวดล้อม และ เจ้าหน้าที่สนับสนุน เช่น ฝ่ายบำรุงรักษาระบบปรับอากาศ พนักงานทำความสะอาด เป็นต้น อย่างไรก็ตามบทความนี้ก็สามารถนำเสนอโดยสรุปเพียงส่วนที่จำเป็นต่อการออกแบบ ซึ่งผู้อ่านที่สนใจสามารถดูรายละเอียดเพิ่มเติมได้จากเอกสารเฉพาะเรื่อง

บทนำ

โรคระบาดที่เกี่ยวข้องกับระบบทางเดินหายใจจากเชื้อไวรัส ไม่ว่าจะเป็น วัณโรค หวัดนก ซา เป็นต้น แม้ว่าจะสามารถควบคุมการแพร่ได้ในระยะเวลาหนึ่ง แต่ก็ยังมีไวรัสชนิดใหม่ๆ เกิดขึ้นอยู่เสมอ และทวีความรุนแรงของโรคต่อผู้ป่วย ไวรัสชนิดใหม่นอกจะทำลายระบบทางเดินหายใจ เช่น ปอดแล้ว ยังอาจลุกลามไปยังไต ซึ่งไวรัสชนิดนี้มีลักษณะคล้ายกับไวรัสที่ทำให้เกิดโรคซาร์ และในอนาคต ก็ยังไม่มีใครรับรองว่าจะไม่มีการระบาดของโรคทางเดินหายใจที่เกิดจากเชื้อไวรัส ดังนั้น ความจำเป็นในการสร้างห้องแยกเดี่ยวผู้ป่วยยังคงต้องดำรงไว้ เพราะปัจจุบันการติดต่อเดินทางระหว่างประเทศเป็นไปได้อย่างรวดเร็ว อีกทั้งยังอาจมีการระบาดของโรคในลักษณะข้ามสายพันธุ์ เช่นจากสัตว์ประเภทหนึ่งไปสัตว์อีกประเภทหนึ่ง หรือ จากสัตว์สู่คน เนื่องจากโรคทางเดินหายใจ ไม่ว่าจะเป็นวัณโรค หรือหวัดต่างๆ สามารถติดต่อกันทางอากาศ โดยละอองจามหรือไอที่ออกมาจากผู้ป่วย ดังนั้น การออกแบบระบบระบายอากาศในสถานพยาบาล จึงนับว่ามีความสำคัญอย่างมากต่อการป้องกันการระบาดของโรคติดเชื้อในระบบทางเดินหายใจ นอกจากนั้นแล้ว ห้องผู้ป่วยฉุกเฉิน ยังมีความสำคัญในการป้องกันการระบาดของโรคทางเดินหายใจเช่น วัณโรค หากมีการจัดระบบการรับผู้ป่วยฉุกเฉินเกี่ยวกับวัณโรคหรือโรคหวัด ทั้งแยกห้องโถง โดยจัดห้องโถงเฉพาะสำหรับผู้ป่วยประเภทนี้ รวมทั้งการแยกระบบระบายอากาศออกจากห้องไม่ให้อากาศที่ดูดออกจากห้องผู้ป่วยทางเดินหายใจปนเปื้อนสู่แผนกอื่น ไม่ว่าจะเป็นห้องพักรักษาผู้ป่วย ห้องผ่าตัด หรือห้องผู้ป่วยที่ต้องดูแลอย่างใกล้ชิด ในกรณีที่ต้องรับผู้ป่วยเพื่อเข้ารับการรักษา ก็จำเป็นต้องมีห้องพิเศษเฉพาะ เป็นห้องแยกเดี่ยวผู้ป่วย เพื่อควบคุมไม่ให้เกิดการแพร่ระบาดของผู้ป่วยไปสู่บุคคลอื่น จึงได้มีหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในระดับสากลกำหนดมาตรฐานของห้องแยกเดี่ยวผู้ป่วยที่เหมาะสมและสามารถป้องกันการระบาดของโรค ทั้งจากการคำนวณแบบจำลองและการทดสอบ เพื่อให้ได้ผลสรุปที่หน่วยงานอื่นๆ นำไปเป็นข้ออ้างอิง อย่างไรก็ตาม หลักเกณฑ์การออกแบบนั้นก็ขึ้นอยู่กับวินัจฉัยของวิศวกรระบบ

และนายแพทย์หรือผู้บริหารสถาบันทางการแพทย์ที่เกี่ยวข้องจะนำไปใช้ให้สอดคล้องกับภูมิสถานที่และงบประมาณที่มีอยู่ เนื่องจากมาตรการของแต่ละประเทศที่ใช้ นั้นแตกต่างกัน ซึ่งอาจเนื่องมาจากภูมิประเทศและภูมิอากาศต่างกัน ตลอดจนถึงมาตรการป้องกันด้านอื่นๆ เช่น การอบห้องแยกเดี่ยวผู้ป่วยเพื่อฆ่าเชื้อหลังจากผู้ป่วยออกจากห้องแล้ว หรือ การให้มีเครื่องป้องกันสำหรับบุคลากรที่ต้องดูแลผู้ป่วย

การป้องกันการระบาดของโรคควรรเริ่มต้นไว้

การป้องกันการระบาดของโรคระบบทางเดินหายใจอันเนื่องมาจากเชื้อโรค ควรรวมตั้งแต่ผู้ป่วยเริ่มเดินเข้ามาสู่สถานพยาบาล เช่นโรงพยาบาล เนื่องจากการจามหรือไอแต่ละครั้งของผู้ป่วยสามารถปล่อยอนุภาคนับล้านและมีส่วนผสมของอนุภาคที่มีจุลินทรีย์ปนเปื้อนด้วยอยู่ถึง 39,000 อนุภาค ซึ่งจำเป็นต้องเจือจางให้น้อยกว่า 1 ส่วนใน 1 แสนส่วน จึงจะเป็นอัตราส่วนที่ร่างกายสามารถต่อสู้กับเชื้อได้ หากเชื้อมีส่วนผสมที่เข้มข้นก็จะทำให้ผู้มีภูมิคุ้มกันต่ำเกิดอาการ เมื่อผู้ป่วยด้วยโรคหวัดหรือโรคไอเข้าสู่โรงพยาบาล จะต้องไปรอที่ห้องโถงรวมกับผู้ป่วยประเภทอื่นๆ ซึ่งการรอแต่ละครั้งนั้นอาจใช้เวลาเป็นชั่วโมง จุดนี้เป็นจุดที่อาจทำให้การระบาดของโรคเป็นไปได้อย่างรวดเร็วหากห้องโถงผู้ป่วยรอการตรวจนั้นมีผู้ป่วยอยู่หนาแน่นและผู้ป่วยด้วยโรคทางเดินหายใจนั้น ไม่ทราบว่าเป็นตัวเองนั้นเป็นผู้ป่วยด้วยเชื้อหรือใช้หวัดที่เป็นอันตรายรุนแรง ดังนั้นหากโรงพยาบาลสามารถมีที่เพียงพอเพื่อแยกแผนกสำหรับผู้ป่วยระบบทางเดินหายใจออกจากผู้ป่วยทั่วไปที่ไม่ได้มีอาการจากเชื้อจุลินทรีย์แล้ว ก็อาจสามารถช่วยป้องกันการระบาดของโรคก่อนลุกลามบานปลาย นี่เป็นข้อคิดเห็นหนึ่งเพื่อผู้ออกแบบพิจารณา โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อป้องกันการระบาดของโรคติดเชื้อในระบบทางเดินหายใจ ซึ่งเชื่อว่าจะกลายพันธุ์อยู่เสมอ และทนต่อยาที่พัฒนาขึ้น

ประเภทของห้องพักรักษาผู้ป่วย

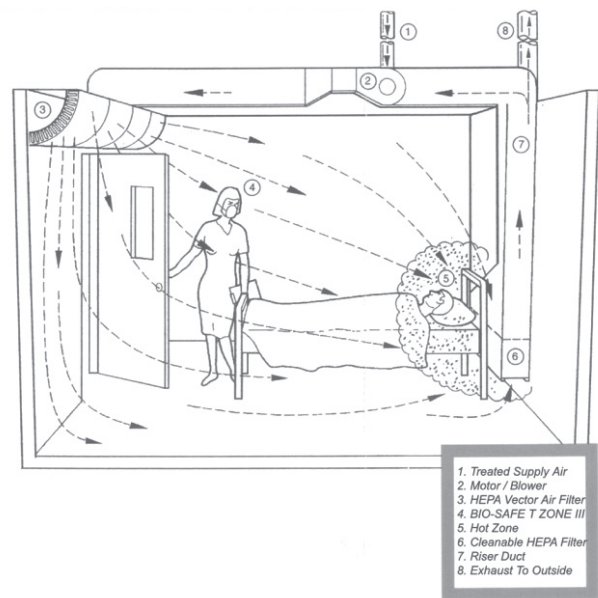
ประเภทของผู้ป่วยที่มีผลต่อการออกแบบห้องพักรักษาผู้ป่วยแบ่งเป็น 3 ประเภท คือ ผู้ป่วยแพร่เชื้อ คือ ผู้ป่วยที่ติดเชื้อ และสามารถแพร่เชื้อสู่อีกคนหนึ่งและมีโอกาสทำให้อีกคนหนึ่งเกิดติดเชื้อต่อได้ และ ผู้ป่วยที่ปัญหาเรื่องภูมิคุ้มกันอาจเนื่องมาจากร่างกายที่เป็นโรคร้ายแต่ไม่แพร่เชื้อ แต่สามารถติดเชื้อได้ง่าย ซึ่งลักษณะของผู้ป่วยมีผลต่อการออกแบบห้องพักรักษา ผู้ป่วยแพร่เชื้อโดยเฉพาะเชื้อที่รุนแรงและติดต่อได้รวดเร็ว จำเป็นต้องออกแบบห้องให้มีแรงดันอากาศในห้องต่ำกว่ารอบข้าง (Negative Pressure) ในขณะที่ผู้ป่วยที่มีปัญหาเรื่องภูมิแพ้หรือรับเชื้อได้ง่ายแต่ไม่ใช่โรคติดต่อ จำเป็นต้องอยู่ในห้องที่มีแรงดันอากาศภายในห้องสูงกว่าภายนอก (Positive Pressure) และผู้ป่วยทั่วไป ที่ไม่มีปัญหาเรื่องการแพร่เชื้อหรือติดเชื้อง่าย จะอยู่ในห้องแรงดันอากาศปกติ อย่างไรก็ตาม บทความนี้จะมุ่งเน้นที่ห้องแยกเดี่ยวผู้ป่วยสำหรับผู้ป่วยแพร่เชื้อ หรือ ห้องแรงดันอากาศต่ำกว่ารอบข้างหรือแรงดันเป็นลบ ลักษณะของห้องแยกเดี่ยวผู้ป่วยแพร่เชื้อที่ดีนั้น จะสามารถป้องกันการระบาดของโรคไปสู่บุคลากรทางการแพทย์ที่เข้าไปทำการรักษาตลอดจนถึงญาติมิตรของผู้ป่วยที่เข้าไปเยี่ยม และยังป้องกันเชื้อไม่ให้ลุกลามไปสู่สภาพแวดล้อม ทั้งภายในโรงพยาบาลเอง โดยระบาดไปสู่พื้นที่อื่นของโรงพยาบาล หรือ ภายนอก

การระบายอากาศ

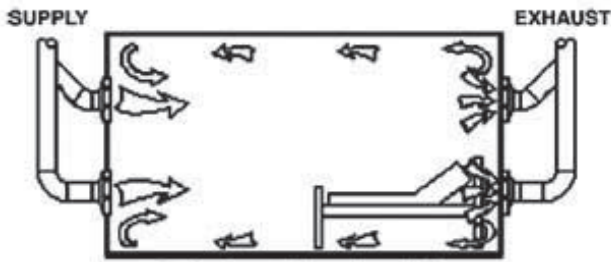
การระบายอากาศในห้องแยกเดี่ยวผู้ป่วยนั้นมีความสำคัญต่อการป้องกันการระบาดของโรค เพราะการระบายอากาศสามารถลดความเสี่ยงต่อการระบาดของโรคได้ 2 แนวทาง คือ การเจือจาง (Dilute) และ การนำออก (Removal)

หลักการระบายอากาศสำหรับห้องแยกเดี่ยวผู้ป่วย คือ

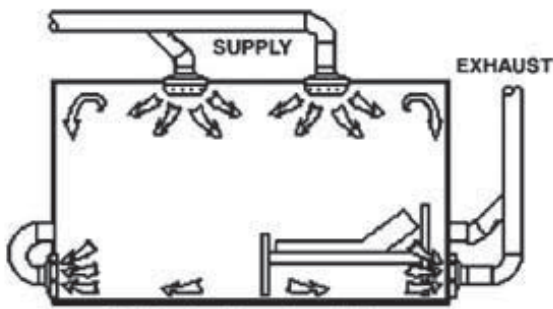
1. ทิศทางของกระแสลม นับว่ามีความสำคัญต่อการป้องกันบุคลากรทางการแพทย์ที่เข้าดูแลผู้ป่วยจากการติดเชื้อ คือ อากาศใหม่ (Fresh Air) ที่เติมเข้าจะต้องผ่านจากบุคลากรทางการแพทย์ที่เข้าดูแลผู้ป่วย จึงไปยังผู้ป่วย และทิศทางของกระแสลม มีความสำคัญสูงกว่า แรงดันอากาศภายในห้อง กระแสลมควรไหลเข้าจากอากาศที่มีความสะอาดกว่า แล้วผ่านพยาบาล จึงไปสู่จุดที่มีละอองเชื้อจากผู้ป่วยบนเบื่อนอยู่ ซึ่งก็คือ ส่วนหัวเตียงของผู้ป่วย และหัวดูดลมออก ในห้องผู้ป่วย ควรอยู่ใกล้จุดที่ผู้ป่วยจามหรือไอ เพื่อให้ละอองจากการจามหรือไอถูกดูดออกในทันทีที่มีการจามหรือไอและไม่ฟุ้งกระจายไปสู่ส่วนอื่นของห้อง ในกรณีของห้องตรวจผู้ป่วยฉุกเฉิน สำหรับผู้ป่วยเช่นวัณโรค ควรจัดให้กระแสลมผ่านจากบุคลากรของสถาบันไปสู่ผู้ป่วย



รูปที่ 1ก แสดงทิศทางการไหลของกระแสลมสำหรับห้องแยกเดี่ยวผู้ป่วย



รูป 1ข. แสดงทิศทางกระแสลมทางเดียวในแนวนอน



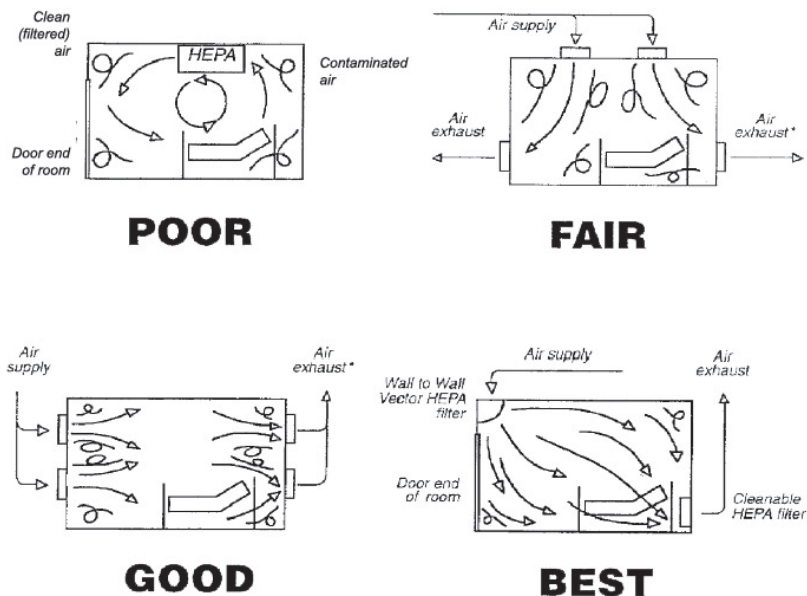
รูป 1ค. แสดงทิศทางกระแสลมทางเดียวในแนวตั้ง

จากรูป 1ก, 1ข หรือ 1ค ข้างต้น เป็นตัวอย่างการออกแบบที่อลมเข้าและออกจากห้องเพื่อควบคุมทิศทางกระแสลมให้ไหลไปในทางเดียวกัน เพื่อควบคุมไม่ให้อากาศจากผู้ป่วยมากระทบคนที่ต้องเข้าใกล้ผู้ป่วย

จากรูปที่ 2 เป็นลักษณะการออกแบบการกระจายลมและทิศทางการไหลของลมทั้งดีและไม่ดีซึ่งเสนอโดยหน่วยงานหลายแห่งเช่น ศูนย์ควบคุมโรคอเมริกัน, OSHA เป็นต้น

2. จะต้องออกแบบการกระจายการหมุนเวียนอากาศภายในห้อง ให้อากาศใหม่ผสมกับอากาศเดิมภายในห้องมากที่สุด (Maximum Mixing Rate) ไม่ก่อให้เกิดจุดอับหรือจุดที่อากาศนิ่งภายในห้อง มีบางความเห็น กำหนดถึงการวิเคราะห์อายุของอากาศ (Age-Of-Air Analysis) หมายถึง เวลาของอากาศที่หยุดนิ่งอยู่กับที่ โดยไม่หมุนเวียนหรือระบายออก หากนานเกินกว่าการหมุนเวียนของอากาศแต่ละรอบ เช่น กำหนดการหมุนเวียนอากาศเท่ากับ 12 รอบต่อชั่วโมง อายุของอากาศที่จะอยู่ภายในห้อง ย่อมเท่ากับ $60 \text{ นาที} \div 12 \text{ รอบต่อ นาที} = 5 \text{ นาที}$ หากมีอากาศหยุดนิ่งอยู่ ณ จุดใดจุดหนึ่งนานเกินกว่า 5 นาที ย่อมถือว่าจุดนั้นคือ จุดอับ ดังนั้นจึงควรจัดเครื่องเรือนเครื่องใช้ภายในห้องอย่าให้มีสิ่งกีดขวางกระแสลม หัวจ่ายลม นับว่ามีผลต่อทิศทางและระยะทางของกระแสลมภายในห้อง หัวจ่ายที่มีคอเล็ก ช่วยเพิ่มความเร็วลม ทำให้ลมไปได้ไกล แต่มีข้อเสีย คือ การกระจายลมอาจไม่สามารถกระจายไปทั่วห้อง

NEGATIVE AIR T.B. ISOLATION ROOM DESIGNS
CDC, OSHA, OSHPD, NIOSH STANDARD



รูปที่ 2 แสดงการจัดวางแนวหัวจ่ายและดูดออกสำหรับห้องแยกเดี่ยวผู้ป่วยแบบแรงดันลบที่กำหนดโดยสถาบันต่างๆ

การออกแบบห้องแยกเดี่ยวผู้ป่วย

อาจเกิดจุดอับภายในห้องได้ ในขณะที่หัวจ่ายลมแบบสี่ทิศทาง ก็มีส่วนช่วยให้กระแสการหมุนเวียนอากาศไปได้ทั่วห้อง แต่มีข้อด้อย คือ ความเร็วลมจะต่ำกว่า เหตุผลในการกำหนดอัตราหมุนเวียนของอากาศที่ 6 – 12 รอบ/นาที่ นั้นมาจากการทดสอบและคำนวณประสิทธิภาพการกำจัดอนุภาคฝุ่นที่ปนเปื้อน ดังตารางที่ 2

จากตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่าอัตราหมุนเวียนของอากาศที่มีเหมาะสมในการดึงอนุภาคปนเปื้อนออกจะอยู่ที่ 12 รอบ/นาที่ ดังนั้นหลายหน่วยงาน เช่น ศูนย์ควบคุมโรคแห่งอเมริกา หรือ สถาบันสถาปนิกอเมริกา ก็กำหนดให้มีอากาศหมุนเวียนภายในห้องแยกเดี่ยวผู้ป่วยที่ 12 รอบต่อชั่วโมง แต่ไม่น้อยกว่า 6 รอบต่อชั่วโมง ส่วนประเทศออสเตรเลียกำหนดเพิ่มเติมให้มีอากาศหมุนเวียนไม่น้อยกว่า 145 ลิตรต่อวินาที (310 ลบ.ฟุตต่อนาที) สำหรับผู้ป่วย 1 คน และอีกสิ่งหนึ่งคือ ควรคำนวณปริมาณอากาศหมุนเวียนที่ผู้ป่วยรู้สึกสบายไม่อึดอัด

ตารางที่ 1 แสดงเวลาที่ต้องใช้ไปเพื่อดึงอนุภาคปนเปื้อนออกจากห้องผู้ป่วย เป็น นาที่ เมื่อเปลี่ยนอัตราหมุนเวียนของอากาศภายในห้อง (รอบ/นาที่)

อัตราหมุนเวียน รอบ/ชั่วโมง	เวลาเป็น นาที่ ที่ ระบายออกได้ 90%	เวลาเป็นนาที่ ที่ ระบายออกได้ 99%	เวลาเป็นนาที่ ที่ ระบายออกได้ 99.9%
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
12	12	23	35
14	10	20	30
16	9	17	26
18	8	15	23
25	6	11	17
30	5	9	14
40	3	7	10
50	3	6	8

3. หัวจ่ายลมออก ควรอยู่ใกล้กับส่วนหัวของผู้ป่วยข้างเตียงผู้ป่วย และควรอยู่เหนือจากพื้นห้องประมาณ 6 นิ้ว (150 มม.) ไม่ควรติดตั้งอยู่ในตำแหน่งที่สูงกว่าผู้ป่วยมาก เหตุผลคือ เพื่อดึงเอาอากาศที่มีส่วนผสมของละอองจามหรือไอของผู้ป่วยออกจากห้องให้เร็วที่สุด (Removal) ในกรณีของมาตรฐานของประเทศออสเตรเลีย AS 1668.2 กำหนดท่อลมดูดออกในแนวตั้งควรมีความเร็วลมอยู่ที่ประมาณ 5 เมตร/วินาที หรือ 1,000 ฟุต/นาที และปลายปล่องของท่อลมดูดออกอยู่เหนือหลังคาจุดที่ดูดออกไม่น้อยกว่า 3 เมตรหรือสูงกว่าหลังคาของอาคารหรือสิ่งปลูกสร้างอื่น (ในแนวนอน) ในแนวรัศมีไม่เกิน 15 เมตรในแนวตั้งไม่น้อยกว่า 3 เมตร เพื่อมีความเร็วเพียงพอที่จะนำพาละอองเชื้อไปสู่บรรยากาศภายนอกโดยไม่ย้อนกลับเข้ามาปนเปื้อนอาคารใกล้เคียง ในขณะที่สถาบันสถาปนิกอเมริกันกำหนดให้อากาศที่ถูกดูดออก (Exhaust) นั้นสามารถกระทำได้ 2 วิธี คือ ออกทางปล่องที่อยู่ห่างจากช่องเติมอากาศใหม่ของระบบปรับอากาศหรือระบายอากาศภายในสถานพยาบาลหรือ จุดที่มีคนเดินผ่าน มากกว่า 25 ฟุตขึ้นไป (ตามข้อกำหนดของสถาบันสถาปนิกอเมริกัน) หรือ อากาศที่ดูดออกจะต้องผ่านระบบกรองอากาศที่มีแผ่นกรองอากาศประสิทธิภาพสูง(HEPA-High Efficiency Particulate Air Filter) ในการกรองฝุ่นขนาด 0.3 ไมครอนได้ไม่น้อยกว่า 99.99% เมื่อทดสอบโดยสาร DOP หรือ PAO เนื่องจากขนาดของอนุภาคที่มีเชื้อ (Droplet Nuclei) มีขนาด 1 – 5 ไมครอน และในกรณีที่เสี่ยงไม่ได้ อาจสามารถนำลมที่ดูดออกกลับมาสู่ห้องอีกได้ โดยต้องผ่านแผ่นกรองอากาศประสิทธิภาพสูงข้างต้น ส่วนการใช้หลอดอุลตราไวโอเลตเพื่อการฆ่าเชื้อ (UVGI-Ultraviolet Germicidal Irradiation) สามารถใช้ได้เพื่อเสริมแผ่นกรองอากาศแต่ไม่ควรใช้เดี่ยวๆ แต่ก็มีบางสถาบันไม่ยอมรับให้มีการนำอากาศที่ดูดออกนี้กลับมาหมุนเวียนภายในห้องอีก ซึ่งต้องขึ้นอยู่กับพิจารณาของวิศวกรผู้ออกแบบหรือแพทย์ฝ่ายบริหารที่รับผิดชอบ ในบางแห่งกำหนดให้ระบบดูดอากาศออกที่มี

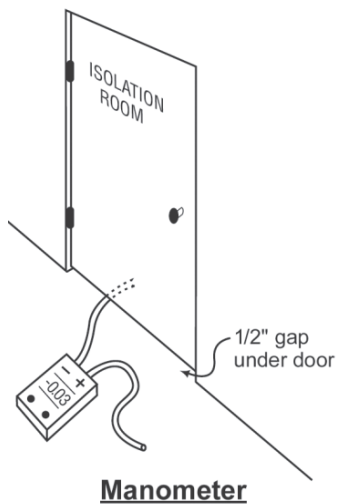
แผ่นกรองอากาศประสิทธิภาพสูง (HEPA Filter) ต้องมีระบบการถอดเข้าออกแผ่นกรองอากาศผ่านถุง พิวีซี (Bag-In Bag-Out) โดยไม่ต้องให้ฝ่ายบำรุงรักษาแตะต้องแผ่นกรองอากาศที่ใช้แล้ว เนื่องจากแผ่นกรองอากาศมีการปนเปื้อนเชื้อวัณโรคหรือจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการแพร่ระบาดของโรคหรือติดตั้งหลอดอุลตราไวโอเลตซี ควบคู่กับแผ่นกรองอากาศประสิทธิภาพสูง เพื่อทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่แผ่นกรองอากาศดักไว้ได้ เป็นการป้องกันเจ้าหน้าที่ฝ่ายบำรุงรักษา

4. ปริมาณลมหมุนเวียนภายในห้อง ที่กำหนดโดยสถาบันหลายแห่งทั้ง ศูนย์ควบคุมและป้องกันโรค หรือสถาบันสถาปนิกอเมริกัน กำหนดอากาศหมุนเวียนที่ 12 รอบต่อชั่วโมง (12 Air Change Per Hour) แต่ไม่ควรจะน้อยกว่า 6 รอบต่อชั่วโมง ความหมายของการหมุนเวียนอากาศเป็นรอบต่อชั่วโมงนั้น หมายถึง การดึงอากาศออกจากห้อง 12 รอบโดยปริมาตรของห้อง เช่น ห้องขนาด 4 x 6 x 2.5 เมตร ปริมาตรห้องเท่ากับ 60 ลบ.เมตร เมื่อกำหนดปริมาณลมหมุนเวียนอากาศ 12 รอบต่อชั่วโมง อากาศที่ควรดูดออกเท่ากับ $60 \times 12 = 720$ ลบ.เมตรต่อชั่วโมง (CMH) สำหรับ ASHRAE มีทัศนะอีกด้านหนึ่งเพื่อวิเคราะห์อัตราหมุนเวียนอากาศ โดยพิจารณาจากอายุของอากาศแต่ละจุดภายในห้อง (Age-Of-Air Analysis) หากอากาศในจุดใดภายในห้องมีอายุหรือหยุดนิ่งนานเกินกว่าอายุของอากาศที่ออกจากห้อง ถือว่า จุดนั้นมีอัตราการหมุนเวียนอากาศต่ำ ในกรณีนี้ อายุของอากาศเฉลี่ยภายในห้องเท่ากับ 5 นาที และในส่วนของอัตราการหมุนเวียนอากาศในห้องนี้ควรคำนวณแยกต่างหาก

5. อัตราส่วนระหว่างปริมาณอากาศที่เติมเข้าสู่ห้องและดูดออกจากห้อง ควรมีการดูดอากาศออกจากห้องในปริมาณที่สูงกว่าอากาศที่เติมเข้าอยู่ร้อยละ 10-15 แต่ต้องต่างกันไม่น้อยกว่า 50 ลบ.ฟุต/นาที ตามข้อกำหนดของศูนย์ควบคุมโรคแห่งอเมริกา

6. โดยรอบห้องจำเป็นต้องมีการอุดกันการรั่วซึมของ

อากาศของอากาศในทุกจุด และในส่วนของวงกบรอบประตู ต้องมีการติดปะเก็นกันการรั่วของอากาศระหว่างประตูกับวงกบในส่วนบนและด้านข้างทั้งสองด้าน ยกเว้น ช่องว่างใต้ประตูเข้าห้อง ซึ่งอาจมีช่องว่างได้ไม่เกิน 1/2 นิ้ว อากาศได้ประตูจะชดเชย (Offset) อากาศที่ถูกดูดออกในปริมาณที่สูงกว่าการนำเข้าอากาศ จึงทำให้ห้องแรงดันเป็นลบ(Negative Pressure) ความเร็วลมที่ผ่านเข้าทางใต้ประตูไม่ควรจะต่ำกว่า 100 ฟุต/นาที



รูปที่ 3 แสดงช่องว่างใต้ประตูเข้าห้องแยกเดี่ยวผู้ป่วยสูงไม่เกิน 1/2 นิ้ว และการใช้เครื่องวัดแรงดันต่าง หรือ การใช้เครื่องสร้างควัน (Aerosol Generator) เพื่อทดสอบทิศทางการไหลของกระแสลม

สำหรับการตรวจสอบทิศทางการไหลของกระแสลมว่ามีลมเล็ดลอดออกจากห้องผู้ป่วยหรือเป็นไปตามที่ออกแบบไว้ คือ เข้าทางใต้ประตูนั้น อาจใช้เครื่องสร้างควัน (Aerosol Generator) หรือวัสดุที่ทำให้เกิดควัน เช่น ก๊าซไนโตรเจนเหลว น้ำแข็งแห้ง ควันรูป ถือไว้ใต้ประตูตรงช่องว่างสังเกตดูว่าควันนั้นไหลจากที่ใดไปสู่อะไร หากไหลจากห้องเฉลี่ยง (Anteroom) ไปสู่ห้องผู้ป่วย ก็ถือว่าเป็นไปตามที่ออกแบบไว้ หรืออาจใช้เครื่องวัดแรงดันต่าง (Manometer) เพื่อวัดความต่างของแรงดันระหว่างห้องพักและเฉลี่ยง ตามรูปที่ 3

7. สำหรับทางประเทศออสเตรเลียกำหนดให้ดูด

อากาศออกถึง 100% โดยไม่มีการหมุนเวียนน้ำกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งในข้อนี้จะต่างจากข้อกำหนดของสถาบันสถาปนิกอเมริกา ที่อนุญาตให้มีการนำอากาศที่ผ่านแผ่นกรองอากาศประสิทธิภาพสูง (HEPA Filter) มาใช้ใหม่ได้ตามที่กล่าวแล้วในข้อ 3

8. ห้องแยกเดี่ยวผู้ป่วยควรมีห้องน้ำสำหรับผู้ป่วย

ในตัว เพื่อป้องกันการแพร่ของโรคอันเนื่องมาจากผู้ป่วยต้องออกจากห้องไปใช้ห้องน้ำรวม ซึ่งอาจทำให้มีเชื้อติดอยู่ภายนอกห้องแยกเดี่ยวผู้ป่วย

9. ฝ้าเพดานของห้องควรเป็นแบบฝ้าฉาบเรียบ และ

อุดกันรั่วซึมของอากาศ ไม่ควรใช้ฝ้าแบบเคลื่อนย้ายได้ ส่วนโคมไฟควรใช้แบบติดตั้งที่ผิวฝ้าเพดาน ควรติดปะเก็นที่รอบข้างประตูและส่วนบนของประตู ประตูต้องใช้อุปกรณ์แบบปิดเองได้

10. พัดลมที่ดูดออกควรอยู่ในตำแหน่งที่ใกล้กับ

ปล่องทางออก เพื่อให้มั่นใจว่าท่อลมดูดอากาศออกจากห้องจะมีแรงดันเป็นลบหรือต่ำกว่าบรรยากาศภายนอกเพื่อป้องกันเชื้อแพร่กระจายอันเนื่องมาจากท่อลมรั่ว

11. ควรแยกระบบท่อลมเข้าและท่อลมออกเฉพาะ สำหรับห้องแยกเดี่ยวผู้ป่วยที่ต้องใช้เป็นแรงดันลบออกจาก ระบบท่อลมสำหรับห้องอื่นของโรงพยาบาล

12. ปริมาณลมดูดเข้าและออกจากห้องผู้ป่วยควรเป็น แบบคงที่

13. พัดลมดูดอากาศควรเชื่อมระบบให้สัมพันธ์กับพัดลม จ่ายลมเข้าห้อง ให้ตัดการทำงานของพัดลมจ่ายเข้าห้องเมื่อ พัดลมที่ดูดอากาศไม่ทำงาน พร้อมทั้งมีระบบสัญญาณแจ้ง เตือนว่าระบบดูดอากาศบกพร่อง เพื่อป้องกันการแพร่ กระจายของเชื้อ เนื่องจากหากพัดลมดูดอากาศออกไม่ ทำงาน จะมีแต่การจ่ายลมเข้า ทำให้ภายในห้องมีแรงดัน เป็นบวก กระแสลมจะไหลจากห้องสู่ภายนอก

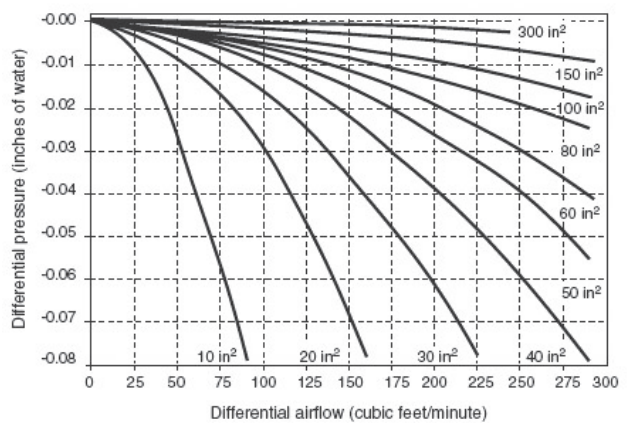
14. ระบบต่างๆ ทั้งระบบไฟฟ้าหรือเครื่องกล ควรติด ตั้งให้สามารถบำรุงรักษาได้โดยง่าย และหากเป็นไปได้ ควร บำรุงรักษาได้จากภายนอกห้องผู้ป่วย

15. ควรมีการติดตั้งป้ายแจ้งเตือนลักษณะห้องให้เห็น ชัดเจน ว่า “ห้องนี้ เป็น ห้องแยกเดี่ยวผู้ป่วย แรงดันลบ” อีกทั้งควรมีป้ายแจ้งเตือนไม่ให้ผู้ไม่เกี่ยวข้องทำการปิดพัดลม ดูดอากาศออก ตลอดระยะเวลาที่มีผู้ป่วยพักภายในห้อง

ข้อกำหนดเรื่องแรงดันลบของห้อง

ศูนย์ควบคุมโรคอเมริกา ได้กำหนดแรงดันลบภายใน ห้องแยกเดี่ยวผู้ป่วยต้องมีระดับต่ำกว่าห้องรอบข้าง ไม่น้อยกว่า 0.25 ปาสคาล (0.001 นิ้วน้ำ) ซึ่งนับว่ามีระดับ น้อยมาก โดยกำหนดให้ใช้ติดตั้งเครื่องมือวัดความดันต่าง (Differential Pressure Gauge) ซึ่งมีทั้งชนิดแสดงผลอย่าง เดี่ยว หรือ แบบสามารถส่งสัญญาณไปสู่ระบบควบคุมอาคาร อื่น หรือ เป็นแบบสวิตช์ ซึ่ง เปิด-ปิด ด้วยการตั้งค่าแรงดัน ต่าง (Differential Pressure) เมื่อเบี่ยงเบนจากค่าที่ตั้งไว้ โดยทำสัญญาณเตือนความผิดปกติของแรงดันห้องทำงาน ไม่ว่าจะป็นสัญญาณเสียงหรือสัญญาณแสง

สำหรับในเมืองไทยนั้น ได้มีวิศวกรผู้ออกแบบงาน ระบบบางท่าน กำหนดค่าแรงดันต่างภายในห้องผู้ป่วยต้อง ต่ำกว่าภายนอกไม่น้อย 10-15 ปาสคาล เช่น ต้องต่ำกว่า ห้องเฉลี่ย (Anteroom) ไม่น้อยกว่า 10-15 ปาสคาล และ ห้องเฉลี่ยต้องมีแรงดันต่างต่ำกว่าแนวทางเดินไม่น้อยกว่า 5 ปาสคาล ซึ่งการออกแบบห้องเฉลี่ยให้มีแรงดันระดับนี้ ก็เพื่อให้เป็นการออกแบบที่มีข้อดี คือ ป้องกันการแพร่ของ เชื้อจากห้องผู้ป่วยสู่ห้องเฉลี่ย ในขณะเดียวกัน หากห้อง เฉลี่ยเกิดปนเปื้อนก็ไม่แพร่กระจายไปสู่ทางเดิน เนื่องจาก มีแรงดันต่ำกว่าแนวทางเดิน



* Black solid lines indicate leakage areas.

กราฟที่ 1 แสดงปริมาณลมที่รั่วเทียบกับแรงดันต่างระหว่าง ตามพื้นที่ของการรั่ว

กราฟที่ 1 แสดงให้เห็นถึงรอยรั่วที่เกิดขึ้นต่อการรักษา ระดับแรงดันภายในห้องและปริมาณลมรั่วที่เกิดขึ้น เพื่อ ป้องกันไม่ให้เกิดการรั่วของอากาศภายในห้องผู้ป่วยแรงดัน ลบสู่ภายนอก แม้มีรอยรั่วเพียงเล็กน้อย อากาศที่เกิดการ รั่วซึมก็อาจทำให้แรงดันห้องเกิดปัญหา ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการอุดรอยรั่วตามแนวต่อต่างๆภายในห้อง และควรมี ห้องเฉลี่ย (Anteroom) เหมือนห้องกันชน

ประโยชน์ของการจัดให้มีห้องเฉลี่ย (Anteroom) ก่อน เข้าห้องผู้ป่วยนั้น เพื่อเป็นกันชนป้องกันห้องผู้ป่วยไม่ให้เกิด แรงดันเป็นบวกหรือมีอากาศเล็ดลอดจากห้องผู้ป่วยสู่บริเวณ

การออกแบบห้องแยกเดี่ยวผู้ป่วย

ข้างเคียงเมื่อมีผู้เปิดประตูเข้าสู่ห้อง ในขณะเดียวกัน ก็อาจใช้เป็นห้องเปลี่ยนชุดสำหรับผู้ที่ต้องเข้าไปในห้อง ไม่ให้ฝุ่นปนเปื้อนที่อาจเกาะอยู่ตามเสื้อผ้าแพร่อุ้งภายนอก และยังเป็นห้องพักในกรณีที่มีการขนถ่ายอุปกรณ์ที่ใช้ภายในห้องผู้ป่วย

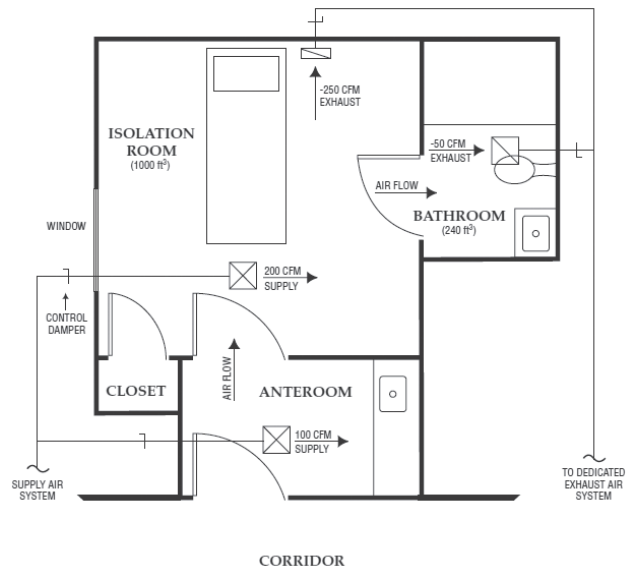
สำหรับห้องเหลียงนั้น ทางสถาบันสถาปนิกอเมริกา, สำนักงานวางแผนและพัฒนาสุขภาพทั่วมลรัฐแคลิฟอร์เนีย (OSHPD-Office of Statewide Health Planning and Development (California)), ASHRAE เป็นต้น กำหนดอัตราหมุนเวียนอากาศภายในห้องไม่น้อยกว่า 10 รอบต่อชั่วโมง และควรมีแรงดันสูงกว่าห้องผู้ป่วยแต่ต่ำกว่าภายนอกหรือทางเดิน ตามข้อกำหนดของสถาบันสถาปนิกอเมริกา ส่วน OSHPD กำหนดให้มีแรงดันเท่ากับทางเดินภายนอก

นอกจากนั้นภายในห้องผู้ป่วยควรมีห้องน้ำเฉพาะซึ่งได้กล่าวถึงแล้ว และควรมีแรงดันต่ำกว่าห้องผู้ป่วยเพื่อให้อากาศไหลจากห้องผู้ป่วยเข้าสู่ห้องน้ำ ในบางแห่งเช่น บทบัญญัติเกี่ยวกับเครื่องกลของแคลิฟอร์เนีย กำหนดอัตราหมุนเวียนของอากาศภายในห้องน้ำของผู้ป่วยนี้เท่ากับ 10 รอบต่อชั่วโมง มีแรงดันต่างเป็นลบเมื่อเทียบกับห้องผู้ป่วย และ ดูดออกสู่ภายนอกอาคารโดยตรง และปริมาณอากาศที่ชดเชย (Offset) เท่ากับ 50 ลบ.ฟุตต่อนาที ระหว่างห้องผู้ป่วยและห้องน้ำก็เพียงพอ

สิ่งสำคัญ คือ อากาศที่ถูกดูดออกโดยรวมทั้งจากห้องผู้ป่วยและห้องน้ำต้องสูงกว่าอากาศที่เติมเข้าสู่ห้องผู้ป่วย และ ปริมาณอากาศที่ดูดออกจากห้องผู้ป่วยเองจะต้องสูงกว่าอากาศที่จ่ายเข้าสู่ห้อง

ตัวอย่างกรณีศึกษาการออกแบบห้องแยกเดี่ยวผู้ป่วยแบบแรงดันลบ

รูปต่อไปนี้เป็นเพียงตัวอย่างส่วนหนึ่งเพื่อให้เห็นภาพและเข้าใจหลักการ เพื่อให้ผู้อ่านสามารถนำไปปรับใช้ตามความเหมาะสมกับสภาพพื้นที่และงบประมาณ



รูปที่ 4 ตัวอย่างการออกแบบห้องแยกเดี่ยวผู้ป่วยแบบแรงดันลบ

ข้อกำหนดเบื้องต้น

ห้องข้างต้นเป็นห้องที่ประกอบด้วยห้องเหลียงและห้องน้ำในตัว ขนาดห้อง กว้าง 3 เมตร x ยาว 3.5 เมตร x สูง 2.75 เมตร ดังนั้นปริมาตรห้องเท่ากับ 28.875 ลบ.เมตร หรือ ประมาณ 1,000 ลบ.ฟุต

การคำนวณปริมาณลม

จากปริมาตรข้างต้นเท่ากับ 1,000 ลบ.ฟุต กำหนดให้ มีอากาศหมุนเวียนภายในห้องไม่น้อยกว่า 12 รอบต่อชั่วโมง ดังนั้น ปริมาณลมที่ต้องจ่ายเข้าสู่ห้องต้องไม่น้อยกว่า 12,000 ลบ.ฟุตต่อชั่วโมง หรือ 200 ลบ.ฟุตต่อนาที (12,000 ÷ 60 = 200) กรณีตามรูปที่ 4 หากกำหนดให้มีการดูดอากาศ ออกรวมเท่ากับ 300 ลบ.ฟุตต่อนาที มีข้อพิจารณาว่า ควร ดูดออกจากหัวดูดลมออกภายในห้องผู้ป่วยและดูดลมออก ทางห้องน้ำเท่าไรจึงจะเหมาะสม

1. ควรจะดูดลมออกจากภายในห้องเองที่ 250 ลบ.ฟุตต่อนาที และจากออกน้ำอีก 50 ลบ.ฟุตต่อนาที หรือ
2. ดูดลมจากภายในห้อง 200 ลบ.ฟุตต่อนาทีและ ดูดลมออกจากห้องน้ำ 100 ลบ.ฟุตต่อนาที

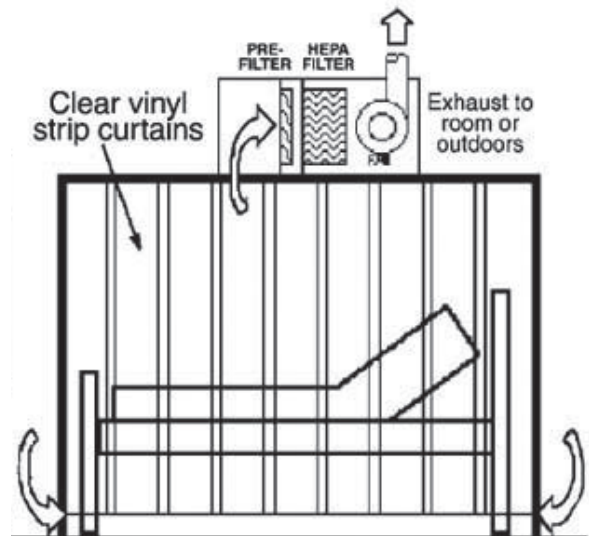
ทางเลือกที่เหมาะสมและเหตุผล

ควรดูดลมห้องจากห้อง 250 ลบ.ฟุตต่อนาที และ ดูดลมออกจากห้องน้ำอีก 50 ลบ.ฟุตต่อนาที เนื่องจาก จะ ทำให้ห้องผู้ป่วยนั้นมีสภาวะแรงดันภายในห้องเป็นลบ หรือ ต่ำกว่าห้องเฉลี่ยหรือห้องข้างเคียง ในขณะที่แบบที่ 2 นั้น จะทำให้แรงดันภายในห้องเท่ากับห้องข้างเคียง ซึ่งไม่ สอดคล้องกับบทบัญญัติตามที่หลายหน่วยงานกำหนด

ตัวอย่างโรครณีห้องแยกเดี่ยวผู้ป่วย ไม่เพียงพอ

ในกรณีที่เกิดโรคระบาดรุนแรง ทำให้เกิดผู้ป่วยมาก โรงพยาบาลบางแห่งอาจมีห้องแยกเดี่ยวผู้ป่วยไม่เพียงพอ การจะให้ผู้ป่วยแพร่เชื้อนอนในห้องพักผู้ป่วยรวมนั้นนับว่า มีความเสี่ยงสูงต่อการระบาดของโรคไปสู่ผู้ป่วยอื่นที่ไม่ได้ เป็นโรคติดต่อร้ายแรง การทำซุ้มแยกต่างหากเพื่อคลุม เฉพาะเตียงก็อาจทำได้รวดเร็วและค่าใช้จ่ายก็ไม่สูงดังเช่น การเพิ่มห้องผู้ป่วย ซึ่งต้องใช้งบประมาณและสถานที่มาก

รูปต่อไปแสดงถึงแบบของซุ้มผู้ป่วยชั่วคราวเพื่อเป็น ทางเลือกกรณีที่ขาดทั้งสถานที่และงบประมาณสนับสนุน



รูปที่ 5 ซุ้มแยกผู้ป่วยแพร่เชื้อที่ประกอบด้วยชุดดูดอากาศ พร้อมแผ่นกรองอากาศประสิทธิภาพสูง (HEPA Filter)



รูปที่ 6 การใช้ตู้ปลอดเชื้อ (Laminar Flow Cabinet) เพื่อ ป้องกันการแพร่เชื้อของผู้ป่วย

จากรูปที่ 5 และ 6 เป็นรูปแบบตัวอย่างการหา อุปกรณ์เพื่อนำมาใช้ไม่ว่าจะเป็นกรณีทั่วไปหรือฉุกเฉินเพื่อ ป้องกันการระบาดของโรค ซึ่งผู้บริหารสถานพยาบาลรวมทั้ง ผู้ออกแบบระบบระบายอากาศจำเป็นต้องพิจารณาให้เหมาะสม กับงบประมาณและสถานที่ ตามความเหมาะสมต่อไป

สรุป

ห้องแยกเดี่ยวผู้ป่วยชนิดแรงดันลบนั้นควรมีการออกแบบเพื่อป้องกันการแพร่ระบาดของโรค ซึ่งต้องพิจารณาตามความเหมาะสมกับสถานที่มาตรฐานกลาง โดยยึดหลักการสำคัญ คือ การปกป้องบุคลากรทางการแพทย์

แพทย์ที่เกี่ยวข้อง ผู้ป่วยอื่นๆ ภายในโรงพยาบาล ญาติมิตรของผู้ป่วยที่มาเยี่ยม ฝ่ายบำรุงรักษาตลอดจนถึงสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะบริเวณใกล้เคียงที่เป็นชุมชน โดยไม่ดูดอากาศที่ปนเปื้อนเข้าสู่บรรยากาศในรัศมีต่ำกว่าที่กำหนดไว้

เอกสารอ้างอิง

- [1] Francis J. Curry National Tuberculosis Center, Isolation Room; Design, Assessment, and Upgrade (1999)
- [2] Pranab K. Chowdhury & Samta Bajaj; HVAC Design Criteria for Isolation Rooms, July-September 2002
- [3] Mar Ortega, Josep Mensa; Preventive Isolation in the Emergency Department, Emergencias 2009, 21:36-41
- [4] Duncan Phillips, and Glenn Schuyler; Infectious Disease Control Issues; Principles of Isolation Room Design; Technotes, Issue No.22
- [5] Duncan Phillips, Ray J. Sinclair, and Glenn D. Schuyler; Isolation Room Ventilation Design Case Studies.
- [6] Kevin Moon; Design of Hospital Isolation Rooms; Business Briefing; Hospital Engineering & Facility Management 2004
- [7] Victoria Advisory Committee on Infection Control 2007; Guideline for the Classification and Design of Isolation Rooms in Health Care Facilities.