



ภาคผนวก

การจัดระบบอากาศในคลินิกทันตกรรม

เนื่องจากความรู้เรื่องระบบอากาศในคลินิกทันตกรรมมีข้อมูลความรู้เพิ่มเติมจากหน่วยงานและองค์กรต่างๆ มากขึ้น ทางทันตแพทยสมาคมแห่งประเทศไทยฯ จึงเห็นความสำคัญเพื่อให้ทันตแพทย์เข้าใจในหลักการและมีทางเลือกในการปรับปรุงการจัดระบบอากาศในคลินิกทันตกรรมให้เหมาะสม

อย่างไรก็ตามทันตแพทย์ต้องให้ความสำคัญในการคัดกรองผู้รับบริการและประเมินความเสี่ยงของการควบคุมโรคในพื้นที่เป็นลำดับแรก หากมีผู้สงสัยว่าจะติดเชื้อโคโรนาไวรัสให้พิจารณาส่งต่อไปพบแพทย์ในสถานพยาบาลที่ดูแลในพื้นที่ ผู้รับบริการที่ผ่านการคัดกรองแล้วทันตแพทย์สามารถให้บริการโดยใช้แนวทางนี้ได้ ซึ่งจะรวมถึงบริหารจัดการเพื่อลดละอองฝอยในอากาศตั้งแต่ตรงจุดต้นกำเนิดโดยใช้ Rubber Dam และ High Power Suction และควรจัดให้มีการระบายและหมุนเวียนอากาศที่มีอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศเป็นจำนวนเท่าของปริมาตรห้องในหนึ่งชั่วโมง หรือ Air Change per Hour (ACH) ที่มีค่าสูงเท่าที่จะสามารถทำได้โดยไม่ต่ำกว่าคำแนะนำ⁽¹⁾

จากหลักฐานการแพร่กระจายเชื้อในอากาศของ SARS-CoV-2 หรือ Covid-19 เป็นการแพร่กระจายเชื้อผ่านการสัมผัสและทาง Respiratory Droplets ที่มีขนาดอนุภาคมากกว่า 5 -10 ไมครอน มีการศึกษาพบว่าผู้ป่วย Covid-19 จำนวน 75,465 คนในประเทศจีนไม่พบว่าแพร่กระจายเชื้อทางอากาศ⁽¹⁾ แต่เนื่องจากการรักษาทางทันตกรรมบางหัตถการทำให้เกิด Aerosol หรือ Droplet Nuclei ซึ่งมีขนาดอนุภาคน้อยกว่า 5 ไมครอน ประกอบกับ ASHRAE หรือ American Society of Heating and Ventilating Engineers ซึ่งเป็นองค์กรเอกชนระหว่างประเทศที่มีจุดมุ่งหมายในการพัฒนา ระบบทำความร้อน ระบบระบายอากาศ ระบบปรับอากาศและระบบทำความเย็น ประกอบอาคาร (HVAC) เพื่อประโยชน์แก่มนุษยชาติและเป็นการพัฒนาโลกที่ยั่งยืน ผ่านการวิจัย มาตรฐานในการเขียนแบบ ออกตีพิมพ์และศึกษาอย่างต่อเนื่อง ได้ออกคำแนะนำให้ควบคุมการแพร่กระจายของเชื้อไวรัส COVID-19 ที่เป็น Droplet Nuclei ซึ่งมีอนุภาคเล็กกว่า 5 ไมครอน ในระดับ Airborne⁽²⁾ WHO ยังแนะนำให้เฝ้าระวังในระดับ Airborne Precautions ในสถานการณ์และสภาพแวดล้อมที่มีการสร้างละอองฝอยในการรักษา⁽¹⁾ และทั้ง WHO และ CDC แนะนำให้ใช้การควบคุมทางวิศวกรรมเพื่อลดความเข้มข้นของอนุภาคไวรัสและ Droplets⁽³⁾ ดังนั้นในทางทันตกรรมจึงควรจะมีการจัดการควบคุมการแพร่กระจายเชื้อในลักษณะของ Airborne

การจัดระบบอากาศมีความสำคัญอย่างยิ่งในลดหรือเจือจางจำนวนเชื้อโรคในอากาศ หลักการที่สำคัญคือ การทำให้มีการระบายอากาศ (Ventilation) โดยการเติมอากาศเข้ามาและระบายออกไปภายนอก ร่วมกับการใช้การหมุนเวียนอากาศภายในห้อง (Recirculation) ผ่านระบบ HEPA Filtration ที่มี HEPA Filter (High Efficiency Particulate Air Filter) ซึ่งจะช่วยกรองกำจัดเชื้อโรค

แนวทางฉบับนี้จะใช้หลักการ Ventilation โดยเติมอากาศเข้าอย่างน้อย 3 ACH, ระบายอากาศออกอย่างน้อย 3 ACH และใช้การ Recirculation ผ่าน HEPA Filter 9 ACH หรือ 21 ACH จะได้ระบบการระบายอากาศที่ 12 ACH หรือ 24 ACH ตามลำดับ⁽⁴⁾ แต่คลินิกทันตกรรมและสถานพยาบาลสามารถเลือกใช้ระบบระบายอากาศวิธีอื่นๆ เช่น การเติมอากาศเข้า ≥ 12 ACH และระบายอากาศออก ≥ 12 ACH หรือทำเป็น Negative Pressure Room ได้ตามความเหมาะสม ในกรณีที่ต้องการจัดเตรียมห้องทันตกรรมให้มีลักษณะคล้ายห้องแรงดันลบ “Negative Pressure Room” เพื่อป้องกันเชื้อโรคแพร่กระจายออกจากห้องทันตกรรม อาจจะต้องให้มีการดูดอากาศออกเป็นปริมาณมากกว่าที่เติมเข้าประมาณ 20-30%⁽⁵⁾ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับบริบท ทรัพยากร และศักยภาพของคลินิกทันตกรรมหรือสถานพยาบาลนั้นๆ และถ้าที่ใดเป็นห้องรวมหลายยูนิตหากมีความเป็นไปได้ ควรพิจารณาทำการกั้นห้องทั้งหมดให้เป็นห้องแยกเดี่ยว แต่ถ้ายังไม่มีความพร้อมในการปรับปรุงได้ทั้งหมด แนะนำว่าควรจะมีอย่างน้อย 1 ห้องที่มีการปรับปรุงระบบระบายอากาศเพื่อใช้ในการรักษาผู้ป่วยที่มีการฟุ้งกระจายของละอองฝอยในอากาศ ซึ่งความเสี่ยงในการติดเชื้อจะลดลงเป็นอย่างมากหากการทำหัตถการเกิดขึ้นในห้องแยกเดี่ยวที่มีการระบายอากาศและฟอกอากาศอย่างถูกต้อง



ทางเลือกการจัดระบบอากาศของคลินิกทันตกรรม

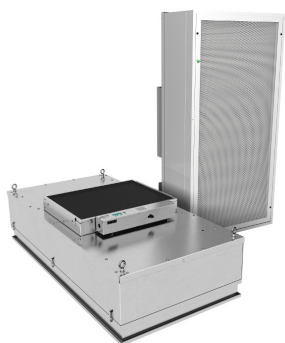
1. การใช้ระบบ Ventilation ร่วมกับ HEPA circulation ให้ใช้แนวทางดังนี้

1.1 การทำระบบ Ventilation จะต้องทำทั้งการเติมอากาศเข้าและดูดอากาศออกดังนี้

1.1.1 การเติมอากาศ หรือการเติม Fresh Air เป็นการนำเข้าอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกอย่างถูกต้อง ควรคำนวณให้มีการเติมอากาศเข้าอย่างน้อย 3 ACH ซึ่งสอดคล้องกับการคำนวณตามมาตรฐาน ASHRAE Standard 62.1 Ventilation for Acceptable IAQ⁽²⁾ ทั้งนี้ Fresh Air ที่นำเข้าดังกล่าวมีความจำเป็นต่อการลดความเข้มข้นของมลพิษในอากาศ (เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซซัลเฟอร์ Volatile Organic Compound (VOC)) ให้อยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัย

การเติมอากาศเข้าสามารถเลือกใช้อุปกรณ์ดังต่อไปนี้ OAU (Outdoor Air Unit), HEPA FFU (Fan Filter Unit) หรือ Fresh Air Unit เป็นต้น โดยเครื่องดังกล่าวควรมี HEPA Filter เพื่อเป็นการป้องกันฝุ่นขนาดเล็กเข้ามาในห้อง สำหรับการติดตั้งนั้นสามารถติดตั้งในบริเวณใดก็ได้ ทั้งนี้เนื่องจากการเติมอากาศเพียง 3 ACH จะไม่สามารถกำหนดทิศทางลมได้อย่างสมบูรณ์เนื่องจากมีแรงลมเป่าและดูดเข้าของเครื่องปรับอากาศทำให้เกิดการหมุนวนของอากาศในปริมาณมากกว่าหลายเท่าตัว อย่างไรก็ตามเอกสารเลขที่ ก.45/เม.ย./63 ของกองแบบแผน กรมสนับสนุนบริการสุขภาพ กระทรวงสาธารณสุข กำหนดให้ตำแหน่งของช่องเติมอากาศบริสุทธิ์ อยู่บริเวณหัวเตียงด้านหลังของทันตบุคลากรซึ่งจะสามารถควบคุมทิศทางลมได้บางส่วน

การเติมอากาศบริสุทธิ์ 3 ACH ซึ่งมีอุณหภูมิสูงกว่า เข้ามาภายในห้องอาจจะเป็นการระเหยเพิ่มเติมให้แก่เครื่องปรับอากาศ ทำให้การทำงานของระบบเครื่องปรับอากาศหนักขึ้น ดังนั้นทางคลินิกหรือสถานพยาบาลจึงควรพิจารณาทบทวนขนาดของเครื่องปรับอากาศให้เหมาะสม



HEPA FFU



Fresh Air Unit



ช่องเติมอากาศเข้าห้อง

กรณีที่มีข้อจำกัดไม่สามารถเติม Fresh Air จากภายนอกอาคารเข้ามาในห้องทำการรักษาได้โดยตรง แนะนำให้เติมอากาศหรือ Fresh Air จากภายในอาคารแทน เช่น บริเวณห้องโถง หรือ บริเวณที่นั่งรอของผู้ป่วย แต่ต้องมีการเติม Fresh Air จากภายนอกอาคารมายังบริเวณห้องโถง หรือ บริเวณที่นั่งรอของผู้ป่วยดังกล่าว เพื่อเจือจางความเข้มข้นของมลพิษในอากาศ (เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซซัลเฟอร์ Volatile Organic Compound (VOC)) ทั้งนี้อากาศในบริเวณโถงต้องได้รับการเติม Fresh Air อย่างน้อย 3 ACH แม้ว่าอากาศที่เติมเข้ามาจะมีอุณหภูมิสูง แต่ได้ถูกทำให้เย็นลงโดยเครื่องปรับอากาศ จากนั้น HEPA FFU ซึ่งติดตั้งที่ผนังด้านในห้องทำฟันจะดูดอากาศจากห้องโถงเข้ามาในห้องทำฟัน และ ใช้ HEPA FFU อีกหนึ่งชุดดูดและกรองอากาศจากในห้องทำฟันให้สะอาดปล่อยออกมายังห้องโถงเพื่อนำกลับมาวนใช้ใหม่⁽⁶⁾



1.1.2 การระบายอากาศออก (Exhaust) อย่างน้อย 3 ACH ควรเป็นการระบายอากาศออกอย่างปลอดภัยตามคำแนะนำของ CDC⁽⁷⁾ โดยตำแหน่งที่ระบายอากาศออกควรกำหนดให้เหมาะสมเพื่อช่วยให้อากาศที่ไหลออกจากผู้ป่วยไม่ผ่านทันตบุคลากร หากสามารถปรับปรุงทางระบายอากาศออกได้ ตำแหน่งระบายอากาศเสียออกจากห้องทันตกรรม ควรจะอยู่บริเวณปลายเท้าผู้ป่วยทันตกรรม^{(8),(9)}

1.1.3 การจัดการทิศทางอากาศ ควรให้ไหลจากบริเวณสะอาดไปยังบริเวณที่สกปรก ในกรณีที่เป็นเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) ลมที่ออกจากเครื่องปรับอากาศจะเป็นตัวกำหนดทิศทาง การไหลของอากาศภายในห้อง หากติดตั้งเครื่องปรับอากาศด้านหลังของทันตบุคลากร ให้ปรับกระบังลมกดลงมาเพื่อให้อากาศไหลผ่านบุคลากรก่อนที่จะไปยังผู้ป่วย แต่ถ้าติดตั้งเครื่องปรับอากาศด้านปลายเท้าของผู้ป่วย ให้ปรับกระบังลมขึ้นเพดานห้องให้อากาศไหลขนานกับเพดานห้องเพื่อให้ไหลย้อนมายังทันตบุคลากรก่อนที่จะผ่านไปยังผู้ป่วย

1.2 การทำ Circulation โดยใช้ HEPA Filter (High Efficiency Particulate Air Filter) แนะนำให้ใช้ Industrial Grade FFU หากจะใช้ Commercial Grade FFU ต้องศึกษาให้รอบคอบก่อนนำมาใช้ และ ควรมีการทดสอบ HEPA Filter Installation Leaks Test เพื่อความปลอดภัยในการใช้งาน แนะนำให้ใช้ HEPA Filter ที่เป็น H13 หรือ H14 ที่สามารถกำจัดอนุภาคที่มีขนาดใหญ่กว่าหรือเท่ากับ 0.3 ไมครอน ได้มากกว่าหรือเท่ากับ 99.95%⁽¹⁰⁾ การใช้ HEPA Circulation อาจเลือกปฏิบัติได้ดังนี้

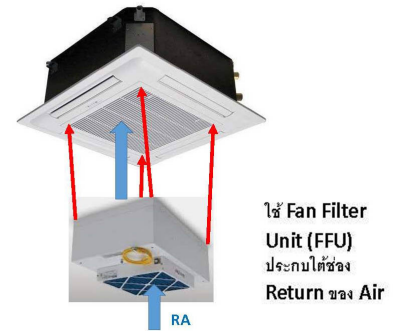
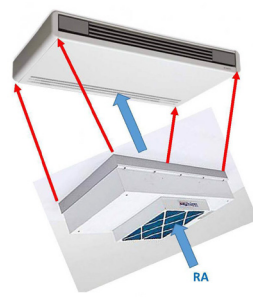
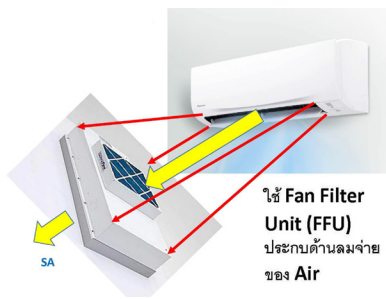
1.2.1 การกรองอากาศผ่านเครื่องกรองอากาศที่วางในห้อง (Portable HEPA Filter Unit) เป็นการกรองให้เกิดอากาศที่ดีหมุนเวียนในห้องทันตกรรม เป้าหมายเพื่อเจือจาง (Dilution) เชื้อโรคในอากาศ สามารถเลือก HEPA FFU ที่จะหมุนเวียนอากาศได้ 9 ACH หรือ 21 ACH (เมื่อรวมกับ Ventilation 3 ACH ในข้อ 1.1.1 จะได้ระบบอากาศที่ 12 ACH หรือ 24 ACH) โดยที่ตำแหน่งการวางของเครื่องกรองอากาศควรจัดวางอยู่ชิดกับเก้าอี้ทันตกรรมบริเวณหัวเข้าผู้ป่วยหรือปลายเตียง⁽⁴⁾

การกรองอากาศจะได้ผลดีก็ต่อเมื่อบริเวณหรือห้องต่างๆเป็นห้องปิดไม่ควรมียารั่วหรือรูรั่วที่ไม่จำเป็น มิฉะนั้น HEPA Filter ของเครื่องกรองอากาศจะตันเร็ว และการกรองจะไม่มีประสิทธิภาพตามที่ควร ดังนั้นจึงควรทำการสำรวจและแก้ไขจุดต่างๆที่อาจจะมีปัญหาดังกล่าว และในระหว่างที่มีการปฏิบัติงานไม่ควรที่จะมีการเปิดประตูค้างทิ้งไว้ เป็นต้น⁽⁴⁾

ตัวอย่างการคำนวณเพื่อเลือกเครื่องกรองอากาศที่เหมาะสม เช่น ห้องทันตกรรมที่มีขนาด 3 ม. x 4 ม. x 2.8 ม. มีปริมาตรของห้อง 33.6 ลูกบาศก์เมตร มีการเติมอากาศจากภายนอกเข้าไปในห้อง 3 ACH และดูดลมออก 3 ACH

ถ้าใช้เครื่องกรองอากาศที่มีค่า CADR 320 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ใช้สูตรคำนวณ (ดูในคำอธิบายเพิ่มเติมท้ายเอกสาร) ได้ดังนี้ $320 \div 33.6 = 9.50$ ACH ดังนั้นถ้าเติม Fresh Air เข้ามา 3 ACH และ Recirculation ด้วยเครื่องกรองอากาศนี้จำนวน 1 เครื่อง จะได้ห้องที่มีระบบระบายอากาศที่ 12 ACH โดยประมาณ

1.2.2 การกรองอากาศผ่าน HEPA FFU ที่เชื่อมต่อเข้ากับเครื่องปรับอากาศ เพื่อป้องกันเชื้อไปสะสมที่เครื่องปรับอากาศ หรือ ต้องการอากาศที่สะอาดจากเครื่องปรับอากาศ เป็นการนำอากาศที่ฟอกแล้วเข้าไปยังช่องดูดอากาศของเครื่องปรับอากาศ หรือช่องปล่อยลมโดยต้องดัดแปลง HEPA FFU ต่อเชื่อมกับเครื่องปรับอากาศ ในลักษณะนี้จะเป็นการป้องกันไม่ให้เครื่องปรับอากาศมีเชื้อโรคสะสมภายในเครื่อง⁽¹¹⁾ และ/หรือดัดแปลง HEPA FFU เชื่อมต่อกับช่องจ่ายลม ทำให้สามารถจ่ายเป็นลมที่สะอาดออกมาในห้องดังรูป Concept Design⁽¹¹⁾ ซึ่งจำเป็นที่จะต้องหาผู้มีความรู้ด้านวิศวกรรมมาดำเนินการ ทั้งนี้การต่อเชื่อม HEPA FFU กับเครื่องปรับอากาศจะต้องให้อัตราการไหลของลมของเครื่องปรับอากาศสัมพันธ์กับ HEPA FFU



Concept Design



การนำ Concept Design มาใช้ในทางปฏิบัติ (รูปภาพจาก นพ.ทพ.สุรภูมิ คลอศิริโรจน์)

1.2.3 ในกรณีที่ห้องกันตกรวมหลายยูนิต หากไม่สามารถกันเป็นห้องแยกเดี่ยว 1 ยูนิตได้ CDC แนะนำให้ทำฉากกั้น (Physical Barrier) ระหว่างยูนิตกันตกรวมโดยมีความสูงจากพื้นถึงระดับเพดาน⁽⁷⁾ ซึ่งจะช่วยให้เครื่องกรองอากาศทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น แต่อย่างไรก็ตามการจัดการระบบอากาศที่เหมาะสมในกรณีเช่นนี้ จะมีการศึกษาเพิ่มเติมและนำเสนอในโอกาสต่อไป

2. การใช้ระบบการไล่อากาศ (Air Purge System) ใช้กับห้องแยกเดี่ยวหรือห้องรวมที่ต้องการไล่อากาศเป็นรอบๆ เนื่องจากในกรณีห้องกันตกรวมทั้งสองแบบมีข้อจำกัดที่ทำให้ไม่สามารถจัดให้เกิด Ventilation ได้ในข้อ 1 หรือไม่สามารถทำให้เกิด Ventilation ร่วมกับ HEPA Circulation ในข้อ 1.2 สามารถใช้ระบบไล่อากาศเป็นทางเลือกโดยเฉพาะในห้องกันตกรวมที่มีหน้าต่างกว้างๆ เมื่อทำการรักษาในผู้ป่วยที่ทำหัตถการที่มีละอองฟุ้งกระจายเสร็จสิ้นแล้ว ให้เปิดหน้าต่างทั้งหมดออก ใช้พัดลมตั้งพื้นขนาด 16 นิ้ว 2 ตัว ตัวหนึ่งพัดเข้าในห้อง และอีกตัวหนึ่งดูดอากาศออกนอกห้อง (หากหน้าต่างอยู่คนละด้านของห้องจะทำให้การไล่อากาศดีขึ้น) คำนวณกำลังแรงของพัดลม หากสามารถไล่อากาศได้ 20-50 ACH ก็จะใช้เวลา 10-15 นาทีในการทำให้อากาศในห้องมีความปลอดภัย สามารถให้บริการทันตกรรมสำหรับผู้ป่วยรายถัดไปได้⁽¹²⁾



คำอธิบายเพิ่มเติม

ทิศทางการไหลของอากาศ (Direction Flow)

การควบคุมทิศทางการไหลของอากาศเป็นมาตรการสำคัญ ในการควบคุมคุณภาพอากาศภายในอาคาร ทำได้โดยควบคุมให้อากาศไหลจากพื้นที่ซึ่งมีความสะอาดมาก ไปพื้นที่ที่อากาศสะอาดน้อย ก่อนปล่อยออกจากอาคาร หรือหมุนวนกลับเข้าระบบ ทำโดยการสร้างความแตกต่างของแรงดันในแต่ละห้อง

ในกรณีที่ เป็นเครื่องปรับอากาศแบบใช้ในบ้าน ก็จะไม่สามารถควบคุมทิศทางลมได้ เนื่องจากเครื่องปรับอากาศในบ้านจะมีทั้งส่วนที่ดูดอากาศเข้าและจ่ายอากาศออก ทำให้มีการหมุนวนของอากาศ ซึ่งต่างกับระบบปรับอากาศของห้องแยกโรคที่จะแยกส่วนของอากาศที่จ่ายออก และส่วนที่ดูดเอาอากาศออกไปนอกห้อง

การระบายอากาศ (Ventilation) ⁽¹³⁾

การระบายอากาศ หมายถึง การทำให้อากาศเกิดการไหลเวียนและถ่ายเทภายในอาคารโดยการออกแบบตัวอาคารให้มีช่องระบายอากาศเข้า-ออก หรือการเติมอากาศบริสุทธิ์เข้าไปภายในอาคารโดยตรง โดยผ่านระบบท่อลม (Air Duct Distributions System) หรือการเติมโดยพัดลมติดผนัง (Wall Fan) และขณะเดียวกันจะต้องระบายอากาศออกสู่ภายนอกด้วยวิธีธรรมชาติหรือวิธีทางกล การเติมและการระบายอากาศจะต้องมีปริมาณที่เหมาะสมสามารถระบายและถ่ายเทอากาศได้อย่างเพียงพอ การระบายอากาศในบางครั้งอาจจำเป็นต้องมีการกำจัดฝุ่นหรือมลพิษก่อนปล่อยออกสู่บรรยากาศ เพราะในปัจจุบันมีกฎหมายควบคุมด้านสิ่งแวดล้อม ดังนั้นการออกแบบและติดตั้งควรคำนึงให้ครอบคลุมถึงด้านสิ่งแวดล้อมด้วย

ระบบระบายอากาศมักจะมาคู่กับระบบปรับอากาศ ในระบบปรับอากาศเองก็มีความจำเป็นที่จะต้องเติมอากาศบริสุทธิ์เข้าไปภายในอาคาร โดยปกติจะอยู่ประมาณ 2-3 Air Change หรือประมาณ 5-15% ของปริมาณอากาศที่ไหลเวียนอยู่ในระบบ การนำอากาศจากภายนอก (Outdoor Air) เข้ามาภายในอาคารมีวัตถุประสงค์เพื่อลดความเข้มข้นของเชื้อโรคที่ฟุ้งกระจายในรูปของอนุภาคละออง (Dilution Principle) ทั้งนี้ปริมาณการนำอากาศเข้ามาจะมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับระดับการปนเปื้อนของอากาศภายใน และระดับความสะอาดของอากาศที่ต้องการ ปริมาณอากาศบริสุทธิ์ที่ต้องนำเข้านี้มีกำหนดอยู่ในมาตรฐานหลายฉบับ เช่น มาตรฐาน ASHARE 62.1 Ventilation for Acceptable IAQ เป็นต้น

หลักในการออกแบบระบบระบายอากาศให้มีประสิทธิภาพ

- ๑ เติมอากาศบริสุทธิ์ให้เพียงพอและเหมาะสม
- ๑ อัตราการระบายอากาศ “Air Change” จะถูกกำหนดและออกแบบให้เป็นไปตามมาตรฐาน วสท.3010 และมาตรฐาน “ASHRAE” Standard 62.1
- ๑ คำนึงถึงสภาวะแรงดันในห้อง อาจเป็นบวกหรือลบ ขึ้นอยู่กับข้อกำหนดและลักษณะการใช้งาน
- ๑ คำนึงถึงมาตรฐานการกรองฝุ่นละอองและสารแขวนลอยในอากาศ โดยจะพิจารณาตามความจำเป็น ข้อกำหนดด้านการผลิต หรือ มาตรฐานที่ต้องการขออนุญาต
- ๑ ออกแบบให้มีกำลังการใช้งานที่เหมาะสม เน้นการอนุรักษ์พลังงาน

หลักการทำงานของระบบระบายอากาศ เริ่มจากการเติมอากาศบริสุทธิ์เข้าไปในอาคารโดยอาจมีมาตรฐานการกรองอากาศก่อนเติม ตามข้อกำหนดหรือลักษณะการใช้งาน การเติมอาจเติมเข้าโดยพัดลมติดผนังโดยตรง หรืออาจเป็นการเติมโดยระบบจ่ายลมผ่านท่อส่งลม (Air Duct System) หลังจากนั้นเมื่อเติมแล้วจะต้องมีการระบายออกนอกอาคารเพื่อให้เกิดการหมุนเวียนและถ่ายเทอากาศ เช่นเดียวกับการเติม การดูดก็มีลักษณะลำเลียงอากาศที่เหมือนกัน เพียง



แต่จะมีอุปกรณ์เพิ่มขึ้นบ้าง เช่น พัดลมแบบติดหลังคา หรือผ้าชีเรบายอากาศ (Hoods) และอาจจะต้องมีระบบกำจัดฝุ่นร่วมด้วยในบางครั้ง

การหมุนเวียนของอากาศ (Recirculation)

เป็นการที่อากาศภายในห้องหมุนเข้าไปผ่านระบบปรับและระบายอากาศ ซึ่งติดตั้งแผงกรองอากาศที่มีประสิทธิภาพเหมาะสม เมื่ออากาศถูกดึงให้หมุนเวียนแผงกรอง เชื่อที่แขวนลอยก็จะถูกกรองออกจากกระแสอากาศมากขึ้นด้วย ควรเลือกใช้แผงกรองอากาศชนิด HEPA (High Efficiency Particulate Air Filter) ซึ่งมีประสิทธิภาพในการกรองอนุภาคขนาด 0.3 ไมครอน ได้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 99.95 และอาจพิจารณาปรับอัตราการระบายอากาศและประสิทธิภาพแผงกรองให้สูงขึ้นได้

HEPA Filter (High Efficiency Particulate Air Filter)⁽¹⁴⁾

เป็นแผ่นกรองอากาศคุณภาพสูง ทำมาจากเส้นใยไฟเบอร์กลาส (Fiberglass) ถักทอจนมีขนาดที่เล็กมากๆ ทำให้มีความสามารถในการกรองอนุภาคขนาดเล็กมากๆ (Small Particles) ได้เป็นอย่างดีนั่นเอง ตามมาตรฐานอุตสาหกรรม แผ่นกรองอากาศ HEPA นี้ จะต้องสามารถกรองฝุ่นละอองที่มีขนาดอนุภาคใหญ่กว่า 0.30 ไมครอน (μm) ได้ซึ่งมาตรฐานนี้ถูกกำหนดขึ้นเป็น ASHRAE Standard 52.2 เรียกได้ว่าเชื้อไวรัส แบคทีเรียต่างๆ ที่ลอยลอยอยู่บนอากาศ ก็จะไม่สามารถเล็ดลอดผ่านแผ่นกรองออกไปข้างนอกได้ มีแต่เพียงอากาศเท่านั้นที่สามารถผ่านแผ่นกรองอากาศ HEPA นี้ออกไปได้

ทางสหภาพยุโรป (European Union) ได้มีการจำแนกคลาสของแผ่นกรองอากาศ HEPA ในมาตรฐานยุโรป (European Standard) อย่าง EN 1822:2009 ย่อยลงไปอีกกว่า 8 คลาส ตามตาราง

European Standards for HEPA and ULPA

The European Union standard for both HEPA and ULPA filters — EN 1822 — classifies filters into different classes depending on their efficiency. All EN 1822 specifications are based on a filter's ability to trap and contain the *most penetrating particle size (MPPS)* particular to the filter. The MPPS is typically determined by a laser spectrometer or electrostatic classifier.

European filter classes and relevant specs are listed in the table below. Note the radical difference between the European and American definition of HEPA efficiency, particularly that the EU standard permits HEPA filters with efficiencies as low as 85%.

Classification	Filter type	Percentage efficiency at MPPS
E10	HEPA	≥ 85
E11	HEPA	≥ 95
E12	HEPA	≥ 99.5
H13	HEPA	≥ 99.95
H14	HEPA	≥ 99.995
U15	ULPA	≥ 99.9995
U16	ULPA	≥ 99.99995
U17	ULPA	≥ 99.999995

ตารางแสดงมาตรฐานของ HEPA และ ULPA - EN 1822 Standard

วิธีการคำนวณจำนวนรอบของการไหลเวียนอากาศต่อหนึ่งชั่วโมง (Air Change Rate per Hour) (ACH)

1. การคำนวณ Air change per hour จากพัดลมดูดอากาศ

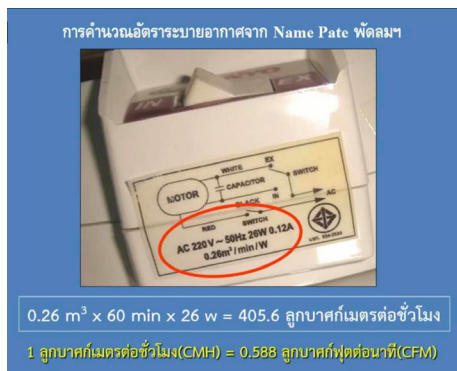
$$\text{ACH} = \text{ปริมาณลมที่ผ่านพัดลมดูดอากาศ (ลบ.ม. ต่อ ชั่วโมง)} \div \text{ปริมาตรห้อง (ลบ.ม.)}$$

2. การคำนวณ Air change per hour จาก HEPA FFU จะคำนวณให้เป็น ACH ได้จาก CADR ของเครื่อง

$$\text{ACH} = \text{ปริมาณลมที่ผ่านเครื่องกรองอากาศ (ลบ.ม. ต่อ ชั่วโมง)} \div \text{ปริมาตรห้อง (ลบ.ม.)}$$



หมายเหตุ : ปริมาณลมที่ผ่านพัดลมดูดอากาศ หรือ HEPA FFU (ลบ.ม. ต่อ ชั่วโมง) ดูจากคุณสมบัติทางเทคนิคจากคู่มือกำกับสินค้า หรือ ดูจาก Electrical Name Plate ที่มีติดอยู่ในทุกเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ผ่าน มอก. ซึ่งจะได้ค่าโดยประมาณ (สามารถค้นหาจาก Specification ของผลิตภัณฑ์ในเอกสารหรือเว็บไซต์ของผู้จำหน่ายได้เช่นเดียวกัน) หรือถ้าต้องการความถูกต้อง สามารถทดสอบได้จาก เครื่องมือวัดความเร็วลม (Anemometer) ดังรูป การคำนวณ ACH แบบคร่าวๆ จะคำนวณจากค่า CADR สูงสุด แต่เนื่องจากปัญหาเรื่องเสียงดังของพัดลมขณะทำงานในความเร็วที่สูงสุด เอกสารฉบับนี้จึงแนะนำให้วัดความเร็วลมในขณะที่เปิดที่ความเร็วปานกลาง



Electrical Name Plate (15)



เครื่องวัดความเร็วลม (Anemometer)





เอกสารอ้างอิง

1. World Health Organization (2020). *Modes of transmission of virus causing COVID-19: implications For IPC precaution recommendations*. Available from: <https://www.who.int/news-room/commentaries/detail/modes-of-transmission-of-virus-causing-covid-19-implications-for-ipc-precaution-recommendations> [Access: 11 May 2020]
2. ASHRAE (2019). *Standard 62.1-2019. Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality* Available from: https://ashrae.iwrapper.com/ViewOnline/Standard_62.1-2019 [Access: 11 May 2020]
3. ASHRAE (2020, 2019). *Does ASHRAE's guidance agree with guidance from WHO and CDC?* . Available from: <https://www.ashrae.org/technical-resources/resources> [Access: 8 June 2020]
4. Manewattana, T. (2020d). เรียนตอบท่านทันตแพทย์ที่ถามมา. Available from: <https://www.facebook.com/tul2562/photos/a.276662359891914/562938371264310> [Access: 24 May 2020]
5. Manewattana, T. (2020c). ระบบระบายอากาศสำหรับคลินิกทันตกรรมในยุค Covid-19. Bangkok, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University. Available from: <http://tmn.co.th/data/documents/Dental-Clinic-Solution-for-Public.pdf> [Access: 9 May 2020]
6. Chantaramungkorn, T. and Chantraramungkorn, M. (2020, 17 May 2020). *ภารกิจปรับปรุงระบบอากาศในคลินิก M Square Dental Care Clinic*. Available from: <https://www.facebook.com/thun.chantaramungkorn/posts/2873466796022633> [Access: 17 May 2020]
7. Centers for Disease Control and Prevention (2020, 3 May 2020). *Interim Infection Prevention and Control Guidance for Dental Settings During the COVID-19 Response*. Guidance for Dental Settings. Available from: <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/hcp/dental-settings.html> [Access: 11 May 2020]
8. Manewattana, T. (2020e). *สูตรสำเร็จ-ทันตกรรมในห้องรวม*. Available from: <https://www.facebook.com/tul2562/photos/a.276662359891914/579548452936635/> [Access: 17 May 2020]
9. Techasontichai, T. and Inkarojrit V.. *ประสิทธิภาพการระบายอากาศเพื่อควบคุมการติดเชื้อในห้องตรวจทันตกรรม*. คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. Available from: <http://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/60179> [Access: 17 May 2020]
10. Triple Air Technology (2011, 2015). *High Efficiency Air Filters (EPA, HEPA and ULPA)*. The new series of BS EN1822:2010 standards Available from: http://www.tripleair-technology.com/pdf/standards/TAT_NEN_EN1822_EN.pdf [Access: 1 June 2020]



11. Manewattana, T. (2020a, 16 May). *Summary สำหรับคลินิกทันตกรรม*. Available from: <http://www.facebook.com/photo?fbid=557374375154043&set=a.276662359891914> [Access: 16 May 2020]
12. Manewattana, T. (2020b). *ยูนิตทันตกรรมที่มีหน้าต่าง* Bangkok: www.facebook.com/tul2562/photos/a.294157391475744/566129554278525/
13. Thai Apollo Tech (n.d.). *ระบบระบายอากาศ Ventilation system*. Available from: <http://www.thaiapollo.com/index.php/service/2-uncategorised/48-ventilation-system> [Access: 11 May 2020]
14. Somprosong, T. *แผ่นกรองอากาศ HEPA*. Available from: <https://www.thanop.com/tag/hepa-filter/> [Access: 11 May 2020]
15. กองวิชาการ กรมการแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข (2020). *การจัดการระบบระบายอากาศเพื่อความปลอดภัยในโรงพยาบาล*. Available from: <https://www.facebook.com/Dmta.Dms/videos/1302950749901858> [Access: 14 May 2020]

