

การป้องกัน การจัดการปนเปื้อนของเครื่องดมยาสลบและวงจรระบบหายใจ ในสถานการณ์การระบาด COVID-19

สุวิมล ต่างวิวัฒน์

ภาควิชาวิสัญญีวิทยา คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล กรุงเทพฯ 10700 ประเทศไทย

Anesthesia Machine Use, Protection and Decontamination during the COVID-19 Pandemic

Suwimon Tangwiwat

Department of Anesthesiology, Faculty of Medicine Siriraj Hospital, Bangkok, Thailand

ในสถานการณ์การระบาดทั่วโลกของ COVID-19 บุคลากรทางวิสัญญีอาจเป็นบุคคลที่ก่อให้เกิดการติดเชื้อและที่มงานได้ สิ่งที่ต้องตระหนักถึงคือความปลอดภัยของผู้ป่วย และบุคลากรทางการแพทย์ที่เกี่ยวข้อง ต้องทราบมาตรฐานการป้องกัน การควบคุมการติดเชื้อ ยังต้องทราบการปนเปื้อนเชื้อโรคของอุปกรณ์ เครื่องมือที่เกี่ยวข้องของทางวิสัญญีและการจัดการปนเปื้อน อุปกรณ์หนึ่งที่สำคัญสำหรับป้องกันการปนเปื้อนเชื้อโรคไปยังคนและเครื่องดมยาสลบ วงจรระบบหายใจคือ ตัวกรองเชื้อโรคของวงจรระบบหายใจ ที่มักมาพร้อมกับตัวให้ความร้อน ความชื้น (heat and moisture exchanger filter; HMEF) ขึ้นกับประสิทธิภาพการกรองเชื้อแบคทีเรีย (Bacterial Filtration Efficiency; BFE) และประสิทธิภาพการกรองเชื้อไวรัส (Viral Filtration Efficiency; VFE) แนะนำให้เมื่อติดตั้งสองตำแหน่ง ตำแหน่งแรกที่ระหว่าง Y connector และท่อหายใจของผู้ป่วย ตำแหน่งที่สองระหว่างปลายของ expiratory limb และเครื่องดมยาสลบ มักมีประสิทธิภาพการกรองเชื้อโรคมากกว่า 99.99% ระหว่างใช้อาจเกิดปัญหาคือการเพิ่มความต้านทานการหายใจ เพิ่ม dead space ของทางเดินหายใจ การอุดตันจากเสมหะ น้ำลายหรือเลือด ควรเปลี่ยนอันใหม่ของตำแหน่งที่ 1 ในผู้ป่วยทุกราย ส่วนตำแหน่งที่ 2 ใช้ได้ไม่เกิน 24-48 ชั่วโมง ขึ้นกับชนิดหรือตามที่บริษัทผู้ผลิตแนะนำ

คำสำคัญ: ตัวกรองเชื้อโรค, ตัวให้ความร้อน, ความชื้นแก่วงจรระบบหายใจ, ประสิทธิภาพการกรองเชื้อแบคทีเรีย, ประสิทธิภาพการกรองเชื้อไวรัส COVID-19, SARS-CoV-2

Anesthesia providers commonly cross-contaminate their workspace and subsequently put patients at risk for a health care-acquired infection. Controlling infection to prevent the spread of SARS-CoV-2 is the primary public healthcare intervention used. Anesthesiologists need to participate in standardized infection control strategy to contain COVID-19 viral transmission. Breathing system filters will protect the anesthesia machine from internal contamination and protect the environment when the circuit is disconnected. The type of filter selected for an anesthesia machine used is important for efficacy and humidity concerns. Performance of filters designed to protect against bacteria and viruses is measured using the Bacterial or Viral Filtration Efficiency (BFE and VFE) is reported for all commercial filters (>99.99%). APSF/ASA recommend that a heat and moisture exchange filter (HMEF) should be placed at the endotracheal tube connection to the breathing circuit, and a second HMEF or filter should be placed on the expiratory hose where it connects to the anesthesia machine. Not only is the second filter a reasonable backup to protect the machine from any particles that pass the primary filter, but it significantly amplifies the effectiveness of the first filter. The complications associated with HMEF may increase the resistance to gas flow, ventilation, dead space and blockage with liquid. The airway mounted filter will need to be changed between every patient, whereas the

Correspondence to: Suwimon Tangwiwat, MD., E-mail: stangwiwat@yahoo.com

Received 1 June 2020, Revised 4 June 2020, Accepted 4 June 2020

expiratory limb filter seems like an option to leave in place between patients 24-48 hours depend on the type of HMEF or according with the manufacturer's recommendations.

Keywords: Breathing system filters, HMEF, Bacterial Filtration Efficiency, Viral Filtration Efficiency, COVID-19

วิสัญญีสาร 2563; 46(3) ฉบับพิเศษ: 144-50. • Thai J Anesthesiol 2020; 46(3) supplement: 144-50.

คำนำ

ในวันที่ 11 มีนาคม 2563 องค์การอนามัยโลก (WHO) ได้ประกาศ COVID-19 คือโรคติดต่อที่เกิดจากเชื้อ coronavirus สัมพันธ์กับภาวะระบาดทั่วโลก (pandemic), Co และ Vi มาจาก coronavirus, D มาจาก Disease และ 19 คือปี 2019 ที่พบผู้ป่วยรายแรกที่เกิดขึ้นในโลก เชื้อที่ทำให้เกิดโรคถูกตั้งชื่อว่า "Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2" เรียกชื่อไวรัสสั้นๆ ว่า SARS-CoV-2 เชื้อนี้เกิดการติดต่อทางอากาศ (airborne transmission) โดยละอองฝอยในอากาศ (airborne droplet) อนุภาคเส้นผ่าศูนย์กลางขนาดเล็ก <5 ไมครอน จะค้างในอากาศเป็นเวลานานได้ถึง 3 ชั่วโมง ตกค้างบนพื้นผิวพลาสติกและโลหะ (stainless steel) ได้นานถึง 72 ชั่วโมง¹ และกระจายได้ไกลถึง 2 เมตรจากการไอ หรือจาม² นอกจากนี้เชื้อ SARS-CoV-2 แล้วยังมีเชื้อ measles, chicken pox, tuberculosis, smallpox, และ SARS ที่เป็น airborne transmission, aerosol-generating procedures เป็นเหตุการณ์ที่เพิ่มความเสี่ยงของการติดเชื้อ SARS เรียงจากมากไปน้อยดังนี้ การใส่ท่อหายใจ (tracheal intubation), การรักษาด้วยหน้ากากให้ออกซิเจน (oxygen mask), tracheostomy, การรักษาด้วยหน้ากาก BIPAP, การดูดเสมหะก่อนการใส่ท่อหายใจ การช่วยหายใจ (manual ventilation) ก่อนใส่ท่อหายใจ การเก็บเสมหะ defibrillation, bronchoscopy, chest compression การใส่ nasogastric tube³ การทำหัตถการที่เป็น aerosol-generating procedures ในผู้ป่วยที่ติดเชื้อหรือสงสัยว่าติดเชื้อ COVID-19 ควรใส่อุปกรณ์ personal protective equipment (PPE) ตามแนวทางปฏิบัติการดูแลผู้ป่วยติดเชื้อหรือสงสัยว่าติดเชื้อ COVID-19 ในการระงับความรู้สึก⁴

ความเสี่ยงของการปนเปื้อนเชื้อโรคแบคทีเรียและไวรัสของเครื่องดมยาสลบและวงจรระบบหายใจ

การติดเชื้อเกิดจากละอองลอยที่มีเชื้อจากผู้ป่วย (airborne transmission) หรือสัมผัสกับของเหลวจากผู้ป่วย

เช่นน้ำลาย เลือด เสมหะ (liquid-borne infection) เกิดการปนเปื้อนไปยังเครื่องดมยาสลบและวงจรระบบหายใจ เช่นช่วงจัดทำผู้ป่วย ผู้ป่วยไอ เมื่อไม่ใช้ breathing system filter โอกาสเกิดการปนเปื้อนเชื้อจากผู้ป่วยมีได้ 8-13% ในกรณีการระงับความรู้สึกแบบทั้งตัวโดยการดมยาสลบ มีรายงานการติดเชื้อ hepatitis C ในผู้ป่วย 5 คนที่ผ่าตัดห้องเดียวกันในปี 1993 ประเทศออสเตรเลีย บัจจัยที่คาดว่าเป็นสาเหตุคือ การปนเปื้อนเชื้อ hepatitis C ของ breathing circuit จากผู้ป่วยรายแรกและไม่ใช้ breathing system filter⁵ จากนั้นในปี 1998 American Society of Anesthesiologists ได้ออกคำแนะนำสำหรับที่มิวิสัญญีให้ใช้ตัวกรองเชื้อโรคติดที่ breathing circuit ทุกสาย โดยตัวกรองที่ติดควรมีค่า efficiency rating มากกว่าหรือเท่ากับ 95% ที่สามารถกรองอนุภาคขนาด 0.3 ไมครอนเพื่อป้องกันการปนเปื้อนเชื้อโรคของ anesthetic machine ตัวกรองเชื้อโรคจากการศึกษา in vitro มีค่า bacterial filtration efficiency (BFE) > 99.9% และค่า viral filtration efficiency (VFE) อยู่ระหว่าง 96.43-99.84%⁷

HEPA คือ high-efficiency particulate aerosol device ที่มีค่า filtration efficiency > 99.97% แผ่นกรองอากาศ HEPA นี้สามารถกรองฝุ่นละอองหรือเชื้อโรคที่มีขนาดอนุภาคใหญ่กว่า 0.3 ไมครอนได้ เชื้อ SARS-CoV-2 มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 0.12 ไมครอน เท่ากับไวรัสโคโรนาชนิดอื่น เชื้ออื่นเช่น ไวรัสโรคหวัด (Rhinovirus) ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.03 ไมครอน, HIV 0.1 ไมครอน, Dengue virus 0.04-0.06 ไมครอน, Hepatitis C virus 0.06 ไมครอน, Ebola virus 0.8-1.1 ไมครอน, Streptococcus pneumoniae 0.5-1.25 ไมครอน, Mycobacterium tuberculosis 2-4 ไมครอน เชื้อเหล่านี้เกาะอยู่กับละอองลอย (aerosol), ละอองฝอย (droplet) สารคัดหลั่ง หรือเลือด ทำให้มีขนาดใหญ่ขึ้น

สำหรับผู้ป่วยทุกรายในสถานการณ์เกิดโรคระบาด COVID-19 การติดตั้งตัวกรองเชื้อโรค ชนิด mechanical หรือ electrostatic filter มีจุดประสงค์เพื่อ

1) ป้องกันการปนเปื้อนเชื้อโรคต่อเครื่องดมยาสลบ และวงจรระบบหายใจ การติดตั้งตัวกรอง 2 ตำแหน่งจะเพิ่มประสิทธิภาพการกรองเชื้อโรคมากกว่าติดตั้งเพียงตำแหน่งเดียว (VEF>99.99%)⁶

2) ป้องกันการปนเปื้อนของเครื่อง gas concentration analysis เนื่องจากตัวกรองที่มีที่ติดของสาย gas concentration analysis ที่ตำแหน่งระหว่างท่อหายใจของผู้ป่วยและ Y connector

3) ป้องกันการปนเปื้อนของสิ่งแวดลอม โดยเมื่อมีการปลดวงจรระบบหายใจออกจากผู้ป่วย ควรหนีบ (clamp) ท่อหายใจของผู้ป่วยเพื่อลดการปนเปื้อนต่อสิ่งแวดลอมและรักษาปริมาณเลือดของผู้ป่วย

4) ให้ความร้อน ความชื้นแก่ลมหายใจเข้า

5) ป้องกันการสัมผัสกับ latex allergens

ในภาวะปกติ ระหว่างหายใจเข้า อากาศจะไหลวนในโพรงจมูก เพิ่มการสัมผัสกับเซลล์บุผิวของทางเดินหายใจ ทำให้เกิดความร้อนและความชื้นแก่อากาศ จุดที่ทำให้เกิดความชื้นและความร้อนที่เหมาะสมเรียกว่า isothermic saturation boundary จุดนี้อยู่ที่ตำแหน่งส่วนบนของหลอดลมเมื่อหายใจผ่านจมูก ลมหายใจที่แห้งจากการใส่ท่อหายใจหรือ tracheostomy ซึ่งข้ามผ่านช่องจมูกทำให้ mucociliary เกิดการสูญเสียหน้าที่ ความรุนแรงขึ้นกับความแห้งและระยะเวลาที่สัมผัสอากาศแห้งนั้น เกิดการอักเสบของ mucosa เกิดแผลและการตายของ epithelial cell มีการคั่งของเสมหะ เกิดการติดเชื้อ ปอดอักเสบ และการแลกเปลี่ยนก๊าซที่ผิดปกติ (V/Q mismatch) และลด compliance ของปอดในเด็กแรกเกิดและเด็กเล็กใน 1 ปีเกิดภาวะอุณหภูมิกายต่ำได้ จำเป็นต้องมีการเติมความร้อนและความชื้นให้แก่ลมหายใจเข้าเมื่อผู้ป่วยได้รับการใส่ท่อหายใจ

ตัวกรองเชื้อโรค (breathing system filter)

อนุภาคที่เป็นน้ำหรือของแข็ง ลอยในก๊าซ เรียกว่า aerosol มีปะปนกันหลายขนาด แต่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.3 ไมครอนถือว่าเป็นขนาดที่ทะลุผ่านตัวกรองได้มากที่สุด (most penetrating particle size; MPPS) ตัวกรองเชื้อโรคสามารถกรองได้ทั้งเชื้อไวรัส แบคทีเรีย (ไม่ให้เชื้อโรคผ่าน) โดยแสดงเป็นค่า viral filtration efficiency (VFE) และ

bacterial filtration efficiency (BFE) บอกรประสิทธิภาพของตัวกรองโดยผ่านการทดสอบด้วยการใช้แบคทีเรียหรือไวรัสที่ไม่ทำให้เกิดโรค (nonpathogenic) มาทำให้เกิดละอองฝอย (droplet) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 ไมครอน เช่นตัวกรองชนิดหนึ่ง มีค่า BFE 99.97% หมายความว่า มีละอองทะลุผ่านตัวกรองนี้ 30 อนุภาคจากทั้งหมด 10,000 อนุภาค มีวิธีวัดประสิทธิภาพการกรองอีกวิธี เรียกว่า salt test นำ NaCl มาทำให้เป็นอนุภาคขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.3 ไมครอน (MPPS) ค่า filtration efficiency ที่ได้จะน้อยลง⁷ ชนิดของตัวกรองเชื้อโรคแบ่งออกเป็น 2 ชนิดตามความสามารถการกรอง⁹ (Figure 1A-C)

1) Pleated hydrophobic หรือ mechanical filter แผ่นกรองเชื้อโรคคุณภาพสูง มีความหนาแน่นของเส้นใยสูง พับเป็นชั้นซ้อนกัน (pleated membrane) เพิ่มพื้นที่ผิว มีรูเล็กๆ สามารถกรองละอองฝอยที่มีอนุภาคขนาดเล็กมาก (small particles) ได้เป็นอย่างดี หลักการทำงานอาศัยคุณสมบัติไม่ให้น้ำผ่าน (hydrophobicity) การกรองละอองลอย (aerosol) มีหลายกลไกได้แก่อนุภาคที่ใหญ่จะค้างติดกับเส้นใย (direct interception) อนุภาคที่เล็กกว่าจะติดในเส้นใยที่อยู่ลึกลงไป (inertial impaction) อนุภาคที่เล็กลงไปอีกเช่นเชื้อไวรัส ที่เคลื่อนตัวแบบ Brownian motion ทำให้เส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่ขึ้นก็จะถูกดูดซึมให้ติดกับเส้นใย (diffusion filtration) การกรองเชื้อโรคหรืออนุภาคที่กล่าวมาของตัวกรองชนิดนี้จึงเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า mechanical filter

2) Electrostatic filter มีความหนาแน่นของเส้นใยน้อยกว่า ขนาดรูใหญ่กว่าแบบ mechanical วิธีการกรองของตัวกรองชนิดนี้คือการใช้ประจุไฟฟ้า อาศัยหลักการของขั้วไฟฟ้าที่ต่างกันจะดึงดูดอนุภาคเข้าหากัน (electret filter) การดึงดูดอนุภาคหรือละอองฝอยเข้าหากันมากขึ้นใช้ electrostatic force

เชื้อโรคอาจผ่านตัวกรองไปกับน้ำ ประสิทธิภาพของตัวกรองชนิด pleated, hydrophobic (mechanical) จึงดีกว่า electrostatic⁹ ด้วยคุณสมบัติไม่ให้น้ำผ่านเมื่อเทียบกับ electrostatic filter อุปกรณ์ให้ความร้อน ความชื้น (heat and moisture exchanger; HME) และตัวกรองเชื้อโรค (breathing system filters) ที่ขายในท้องตลาดมักเป็น electrostatic หรือ mechanical ร่วมกับ HME



Figure 1 Breathing system filters; heat and moisture exchanger filter (HMEF) (A) electrostatic filter HME, small (DAR™, Medtronic) and gas sampling port (B) pleated, hydrophobic (mechanical) filter HME and gas sampling port (DAR™, Medtronic) (C) pleated, hydrophobic (mechanical) filter HME, BB50T (Ultipor™, Pall) for machine side application only

Humidification devices^{9,10}

การให้ความชื้นแก่อากาศที่หายใจเข้า ขณะใส่ท่อหายใจ¹⁰

เครื่องมือที่ให้ความร้อน ความชื้นได้ออกแบบมาเหมือนเป็นจมูกเทียม (artificial nose) สำหรับผู้ป่วยที่ได้รับการใส่ท่อหายใจในระหว่างการระงับความรู้สึกในห้องผ่าตัดหรือผู้ป่วยที่อยู่ในห้องไอซียู เพื่อให้ลมหายใจเข้าเหมือนภาวะที่ผู้ป่วยหายใจเองทางจมูก ความชื้น (humidity) คือปริมาณไอน้ำที่อยู่ในปริมาตรของก๊าซ ($g.m^{-3}$ หรือ $mg.l^{-1}$) ความชื้นที่เหมาะสมที่ผู้ป่วยประมาณ 33 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร ที่อุณหภูมิ 30 °C เพื่อป้องกันการแห้งของ mucosa ในช่วงหายใจเข้าอากาศที่ไหลในจมูกจะได้รับความร้อน ความชื้นจาก epithelium ขณะหายใจออกจะเกิดการควบแน่นเป็นน้ำตามทางเดินหายใจ ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนความร้อน ความชื้นของทางเดินหายใจระหว่างการหายใจเข้าและออก การให้ความร้อน ความชื้นควรคำนึงถึงความสมดุลระหว่างการให้ความชื้นที่เหมาะสมและการเกิดน้ำท่วมขังในทางเดินหายใจ การหายใจผ่านท่อหายใจ ด้วยอากาศที่แห้งเพียง 5 นาทีทำให้ mucociliary หยุดทำงาน ถ้าปล่อยนานถึง 1 ชั่วโมงเกิดการบาดเจ็บของ epithelium ของทางเดินหายใจ อุปกรณ์ที่ให้ความร้อน ความชื้นแก่ทางเดินหายใจมักให้ความชื้นมากกว่า $30 g.m^{-3}$ ที่อุณหภูมิ 30 °C อุปกรณ์ให้ความร้อน ความชื้นแบ่งเป็น 2 ชนิด

- 1) ชนิด passive ได้แก่ heat and moisture exchangers (HMEs) และ วงจรระบบหายใจแบบ circle (circle breathing systems) ที่ใช้ soda lime
- 2) ชนิด active คือการใช้เครื่องมือต้นก๊าซและหรือการใช้ไฟฟ้าเพิ่มไอน้ำ เช่น nebulizer, cold water humidifier, heated humidifiers/hot water humidifier (NHs)

อุปกรณ์ HMEs อาจรวมกับตัวกรองเชื้อโรค จึงรวมเรียกว่า HME filter (HMEF) (Figure 2) อุปกรณ์ HME อาจเป็นชนิด hygroscopic ประกอบด้วยช่องที่บรรจุด้วยแผ่นกระดาษหรือเส้นใยที่เคลือบด้วยสารเคมีที่ให้ความชุ่มชื้นที่ใช้คุณสมบัติประจุไฟฟ้าที่ต่างกันจะถูกดึงเข้าหากัน (electrostatic) นำจะถูกดูดซับในช่วงหายใจออกและถูกปล่อยในช่วงหายใจเข้า ส่วน HME ชนิด hydrophobic ทำงานคล้ายกับ mechanical filter คือมีแผ่นเมมเบรนกันไม่ให้น้ำผ่าน ไม่มีอุปกรณ์ HME ในห้องตลาดขณะนี้ใช้ได้กับเด็กแรกเกิดน้ำหนักตัวน้อยกว่า 3 กิโลกรัม¹⁰

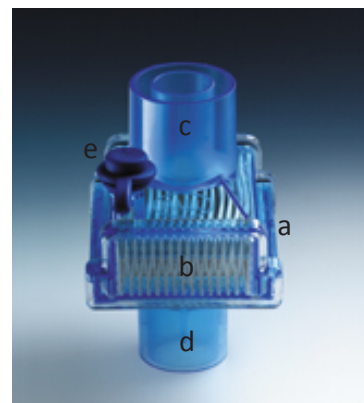


Figure 2 Heat and moisture exchanger filter: mechanical HMEF (Ultipor™ BB25, Pall) with gas sampling port, for patient side use only (a) transparent case: to detect condensation or water lock (b) pleated exchange sheet (c) 15/22 mm Luer connector, breathing system side (d) 15/22 mm Luer connector, patient side (e) capnography port with captive cap

อุปกรณ์ HMEF มีผลเพิ่มแรงต้านทานของการหายใจ และ dead space ต้องทดแทนด้วยการช่วยหายใจ โดยเฉพาะในเด็กเล็ก

Soda lime ที่ใช้ในวงจรระบบหายใจแบบ circle ประกอบด้วย calcium hydroxide (80%) และ sodium hydroxide (20%) เป็นตัวดูดซับ carbon dioxide จากลมหายใจออก พร้อมทั้งเกิดความร้อน ความชื้น การเกิดความร้อน ต้องใช้เวลาเช่นเวลา 1 ชั่วโมงความชื้นที่เกิดประมาณ $20 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$ ขณะใช้ flow < 2 LPM

Nebulizers เป็นการเติมละอองฝอยของน้ำที่มีขนาดอนุภาคน้อยกว่าเส้นผ่านศูนย์กลาง 19 ไมครอน มักจะเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1-2 ไมครอน ต้องการอุปกรณ์ที่เรียกว่าตัวขับเคลื่อนที่ใช้หลักการ Venturi ตัว reservoir ของ nebulizer อาจเกิดการปนเปื้อนเชื้อโรคได้

เมื่อมีผู้ป่วยที่ติดเชื้อหรือสงสัยว่าติดเชื้อ SARS-CoV-2 การจัดการปนเปื้อนของ breathing circuit และเครื่องดมยาสลบควรทำดังนี้^{6,12}

1. ติดตั้ง pleated hydrophobic (mechanical) breathing system filter ระหว่าง Y connector และท่อหายใจของผู้ป่วย และอย่างน้อยที่ expiratory limb ของ breathing circuit (ใช้ HMEF 2 ตัว VFE > 99.99%) โอกาสที่เกิดการปนเปื้อนภายในเครื่องดมยาสลบมีน้อยมาก
2. ถ้าใช้เครื่องดมยาสลบช่วยหายใจผู้ป่วย COVID-19 เป็นเวลานาน เพิ่มความเสี่ยงการปนเปื้อนภายในเครื่องดมยาสลบ ให้ทำการปราศจากเชื้อตามคำแนะนำของบริษัท เช่น Drager และ Mindray แนะนำให้หยุดใช้เครื่องเป็นเวลา 21-28 วันก่อนนำมาใช้ใหม่ (ไม่มีหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ยืนยัน) หรือทำการปราศจากเชื้อเครื่องดมยาสลบ ตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต และเพิ่มการติด mechanical filter ที่ด้าน inspiratory limb ตอนนำมาใช้ใหม่นาน 2-4 สัปดาห์
3. ทิ้งอุปกรณ์ที่ใช้กับผู้ป่วยเช่น breathing circuit, reservoir bag, patient mask, gas sampling tubing, filters ที่ติดด้านผู้ป่วยและ expiratory limb
4. เปลี่ยนสาย sample gas และ water trap ของเครื่อง capnography หลังใช้กับผู้ป่วย COVID-19 ถึงแม้โอกาสปนเปื้อนเชื้อน้อยถ้าใช้ breathing system filter ตามที่แนะนำ
5. ทำความสะอาดพื้นผิวภายนอกของเครื่องดมยาสลบ และเครื่องมือเฝ้าระวังสัญญาณชีพด้วย intermediate-level disinfectant หลังใช้กับผู้ป่วย COVID-19

การจัดการปนเปื้อน (decontamination) เครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่จะนำมาใช้ใหม่ (reuse of single-use devices)^{13,14}

Breathing system มักเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ครั้งเดียวแล้วทิ้ง (single use) แต่ในสถานการณ์ COVID-19 อาจมีการขาดแคลนเครื่องมืออุปกรณ์อาจทำความสะอาด disinfection และนำมาใช้ใหม่ ได้แก่ reservoir bag, plastic corrugate tube, extension ที่ต่อกับ inspiratory และ expiratory port ของเครื่องดมยาสลบ adaptor, Y-piece, elbow connector และ gas sampling port แต่ต้องใช้ breathing system filter ร่วมด้วยเสมอ HME filter ชนิด mechanical มีประสิทธิภาพดีกว่า electrostatic การทำความสะอาด (cleaning) ด้วยน้ำยาทำความสะอาด (detergent) หรือสารเอนไซม์ (enzymatic agent) การชำระล้าง (rinsing) เป็นสิ่งสำคัญตามด้วยเทคนิคที่เรียกว่า high-level disinfection (Table 1), circle system เมื่อยังไม่ใช้ควรปิด ด้านผู้ป่วยไว้

Table 1 ข้อเสนอแนะสำหรับการทำความสะอาด (cleaning) การฆ่าเชื้อ (disinfection) และการทำปราศจากเชื้อ (sterilization) breathing circuit และอุปกรณ์ทางวิสัญญีหลังจากใช้กับผู้ป่วยทุกราย

1. Noncritical items: equipments that are in contact with unbroken skin on body include stethoscopes, blood pressure cuffs, monitors, external surface of anesthetic machine, gas flow control, vaporizer dials, adjustable pressure limiting (APL) valve. These equipments require intermediate-level disinfection.
2. Semicritical items: devices that contact mucous membranes or nonintact skin include breathing circuit, reservoir bag, plastic corrugate tube, extension of inspiratory and expiratory port of anesthetic machine, adaptor, Y connector, elbow connector, gas sampling port, laryngoscope blades, laryngeal mask airway. These devices require at least cleaning followed by high-level disinfection or sterilization.
3. The internal components cleaning procedures of anesthetic machine are not recommended as long as high quality filters are used with each patient¹².

การทำความสะอาดเครื่องดมยาสลบ ในกรณีปนเปื้อนเชื้อโรคเช่น SARS-CoV-2 ปัจจุบันเครื่องดมยาสลบรุ่นใหม่สามารถแยกส่วน breathing circuit, ventilator bellow และ carbon dioxide absorber canister เพื่อนำไปทำให้ปราศจากเชื้อ (sterilization) ด้วย steam autoclaved (135°C นาน 8 นาที) ส่วนของ flow sensor, oxygen cell และ scavenging system ไม่สามารถ autoclaved ควรทำตามขั้นตอนของบริษัทผู้ผลิต เมื่อสิ้นสุดการใช้ในผู้ป่วยแต่ละรายและสิ้นสุดวัน ส่วนด้านนอกของเครื่องดมยาสลบ บริเวณที่ใช้หนังเขียน gas flow control, vaporizer dials, adjustable pressure limiting (APL) valve, เครื่องมือ อุปกรณ์เครื่องเฝ้าระวังสัญญาณชีพ ควรได้รับการเช็ดทำความสะอาดด้วย intermediate-level disinfectant¹⁶ ควรทำความสะอาดประจำวันและก่อนที่เริ่มเคสต่อไป หรือทันทีเมื่อเห็นว่าการปนเปื้อน การใส่ถุงมือและการทำความสะอาดมือ เป็นสิ่งสำคัญ

การฆ่าเชื้อ high-level disinfection ด้วยน้ำยาเคมีมี 5 ขั้นตอนดังต่อไปนี้ 1) การล้างทำความสะอาดเครื่องมือ อุปกรณ์ด้วยน้ำผสมน้ำยาทำความสะอาด หรือ enzymatic

cleaner ด้วยการแปรง และฉีดน้ำล้างภายในท่อ 2) การแช่ลงในน้ำยาเคมี disinfectant เช่น glutaraldehyde, hydrogen peroxide, ortho-phthalaldehyde, chlorine compound เช่น sodium hypochlorite หรือ paracetic acid ร่วมกับ hydrogen peroxide 3) การล้างน้ำเอาน้ำยาเคมีออก 4) การทำให้แห้ง อาจฉีดด้วย 70% ethyl alcohol และอากาศแรงให้แห้ง 5) การแขวนเก็บพร้อมใช้ การทำความสะอาดนอกจากใช้น้ำยาเคมีคือเทคนิคฆ่าเชื้อวิธีพาสเตอไรซ์ (pasteurization) เป็นวิธี high-level disinfection คือการแช่เครื่องมือในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 77°C เป็นเวลา 30 นาที แขวนให้แห้ง จากนั้นเก็บใส่ถุงพลาสติกพร้อมใช้

การป้องกันการติดเชื้อ SARS-CoV-2 ระหว่างผู้ป่วยและการปนเปื้อนเชื้อของเครื่องดมยาสลบ CDC ในการปฏิบัติในชีวิตประจำวันช่วงสถานการณ์การระบาดของ COVID-19 แนะนำให้ติดตั้ง breathing system filter 2 ตัวที่ตำแหน่งปลาย corrugate ของ expiratory limb ของ breathing circuit และอีก 1 ตัวที่ตำแหน่งปลาย Y connector ระหว่างท่อหายใจของผู้ป่วยและ breathing circuit⁷ (Figure 3)

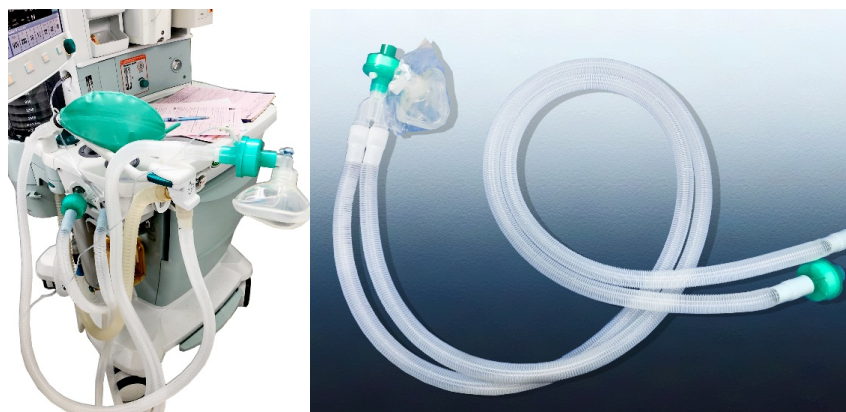


Figure 3 A breathing circuit with reservoir bag and heat and moisture filters (HMEF) on the airway and expiratory limb of the circuit. One filter is placed between patient's airway and Y connector, another filter is placed between the end of expiratory limb of the circuit and anesthetic machine.

ภาวะแทรกซ้อนจากการใช้ตัวกรองเชื้อโรค และ HME¹⁶

1) เพิ่มความต้านทานของการหายใจ (resistance to gas flow) อยู่ที่เฉลี่ย 0.7-3.8 cm.H₂O/L/sec เพิ่มงานของการหายใจ มักไม่เป็นปัญหาเมื่อ controlled ventilation ต้องระวังในกรณี spontaneous ventilation โดยเฉพาะในเด็กเล็ก แก้ไขโดยการช่วยหายใจด้วย inspiratory pressure ที่มากขึ้นประมาณ 5-10 cmH₂O¹¹

2) เพิ่ม dead space ควรเพิ่มการช่วยหายใจตามปริมาณของ internal volume ขึ้นกับแต่ละชนิดโดยประมาณ อยู่ที่ 12-100 มล. การเลือก HMEF ควรเลือกขนาดให้เหมาะสมระหว่าง dead space กับความสามารถให้ความชื้น โดยเฉพาะในผู้ป่วยเด็ก

3) เกิดการตันของ HMEF จากการสะสมของน้ำ เสมหะหรือเลือด ควรสังเกตด้วยการดูว่า peak inspiratory

pressure เพิ่มขึ้นหรือไม่ การเปลี่ยน HMEF ควรทำตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิตกรณีที่ใช้น้ในห้องไอซียู กรณีใช้ในห้องผ่าตัดควรเปลี่ยนทุกรายในส่วนด้านผู้ป่วย และเปลี่ยนทุก 24 ชั่วโมงด้านเครื่องดมยาสลบ มีรายงานการเกิด pneumothorax ของปอดทั้งสองข้างจากการสะสมของเสมหะที่ตัวกรอง เกิดความดันในช่องหายใจออกสูง (high autoPEEP)¹⁷ ระวังการตันของ HMEF เมื่อใช้ร่วมกับยาพ่น (nebulizer)

4) เกิดการรั่วของ HMEF

ในสถานการณ์การระบาดของ COVID-19 ที่มีวิสัยทัศน์มีส่วนเกี่ยวข้องในการดูแลผู้ป่วยที่ติดเชื้อหรือสงสัยว่าติดเชื้อ SARS-CoV-2 รวมทั้งการดูแลผู้ป่วยหลังการระบาดของ COVID-19 สิ่งที่ต้องตระหนักถึงความปลอดภัยของผู้ป่วยและบุคลากรทางการแพทย์ที่เกี่ยวข้อง ยังต้องทราบบทบาทการป้องกันการปนเปื้อนเชื้อโรคของอุปกรณ์ เครื่องมือที่เกี่ยวข้อง และการจัดการปนเปื้อน ที่มีวิสัยทัศน์ควรเตรียมพร้อมถึงการเปลี่ยนแปลงในอนาคต ที่เรียกว่าวิถีชีวิตใหม่ (new normal) มีบทเรียนในการป้องกัน ควบคุมการติดเชื้อหรือการระบาดที่อาจเกิดขึ้นอีกในภายหน้า

เอกสารอ้างอิง

- van Doremalen N, Bushmaker T, Morris DH, et al. Aerosol and surface stability of SARS-CoV-2 as compared with SARS-CoV-1. *New Engl J Med* 2020;382:1564-7.
- Odor PM, Neun M, Bampoe S, et al. Anaesthesia and COVID-19: infection control. *Br J Anaesth* 2020 April 8. doi.org/10.1016/j.bja.2020.03.025.
- Tran K, Cimon K, Severn M, Pessoa-Silva CL, Conly J. Aerosol generating procedures and risk of transmission of acute respiratory infections to healthcare workers: a systematic review. *PloS one* 2012;7:e35797.
- ราชวิทยาลัยวิสัญญีแพทย์แห่งประเทศไทย. แนวทางปฏิบัติการดูแลผู้ป่วยติดเชื้อหรือสงสัยว่าติดเชื้อ COVID-19 ในการระงับความรู้สึก [Internet]. 2020 May [cited 2020 April 24]. Available from: <http://www.anesthai.org/th/news/view/23>.
- Kramer A, Kranabetter R, Rathgeber J, Züchner K, Assadian O, Daeschlein G, et al. Infection prevention during anaesthesia ventilation by the use of breathing system filters (BSF): Joint recommendation by German Society of Hospital Hygiene (DGKH) and German Society for Anaesthesiology and Intensive Care (DGAI). *GMS Krankenhaushygiene interdisziplinär*. 2010;5(2).
- Chant K, Kociuba K, Munro R, et al. Investigation of possible patient-to-patient transmission of hepatitis C in hospital. *NSW Pub Health Bull* 1994;5:47-51.
- Walker SG, Smith TC, Sheplock G, Acquaviva MA, Horn N. Breathing circuits. In: Ehrenwerth J, Eisenkraft JB, Bery JM, editors. *Anesthesia equipment: principles and applications*. 2nd ed. Philadelphia: Elsevier Saunders; 2013. p. 95-124.
- American Society of Anesthesiologists and Anesthesia Patient Safety Foundation. *APSF/ASA Guidance on purposing anesthesia machines as ICU ventilators* [Internet]. 2020 [cited 2020 May 7]. Available from: <https://www.asahq.org/in-the-spotlight/coronavirus-covid-19-information/purposing-anesthesia-machines-for-ventilators>
- Wilkes AR. Heat and moisture exchangers and breathing system filters: their use in anaesthesia and intensive care. Part 1 - history, principles and efficiency. *Anaesthesia* 2011;66:31-9.
- Ball DR. Humidification devices. *Anaesth Intensive Care Med* 2015;16:378-80.
- Shelly M, Spencer C. Humidification and filtration. In: Ehrenwerth J, Eisenkraft JB, Bery JM, editors. *Anesthesia equipment: principles and applications*. 2nd ed. Philadelphia: Elsevier Saunders; 2013. p. 179-87.
- Anesthesia Patient Safety Foundation. *FAQ on anesthesia machine use, protection, and decontamination during the COVID-19 pandemic 2020* [Internet]. 2020 [cited 2020 May 18]. Available from: <https://www.apsf.org/faq-on-anesthesia-machine-use-protection-and-decontamination-during-the-covid-19-pandemic/>
- Beers R. Infection prevention: recommendations for practice. In: Ehrenwerth J, Eisenkraft JB, Bery JM, editors. *Anesthesia equipment: principles and applications*. 2nd ed. Philadelphia: Elsevier Saunders; 2013. p. 403-23.
- Juwarkar CS. Cleaning and sterilisation of anaesthetic equipment. *Indian J Anaesth* 2013;57:541-50.
- Munoz-Price LS, Bowdle A, Johnston BL, Bearman G, Camins BC, Dellinger EP, et al. Infection prevention in the operating room anesthesia work area. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2019;40(1):1-17.
- Wilkes AR. Heat and moisture exchangers and breathing system filters: their use in anaesthesia and intensive care. Part 2 - practical use, including problems, and their use with paediatric patients. *Anaesthesia* 2011;66:40-51.
- Hogarth I. Anaesthetic machine and breathing system contamination and the efficacy of bacterial/viral filters. *Anaesth Intensive Care* 1996;24:154-63.