



เทคนิคการใช้งานตัวกรองแบคทีเรียและไวรัสกับเครื่องช่วยหายใจ

สาธิต บุญฤทธิ์ วท.บ.

ณัฐพล พรหมลี วท.ม.

วิเชียร ศรีลำ ส.บ.

สาขาวิชาโรคระบบการหายใจและวัณโรค ภาควิชาอายุรศาสตร์
คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล

บทนำ

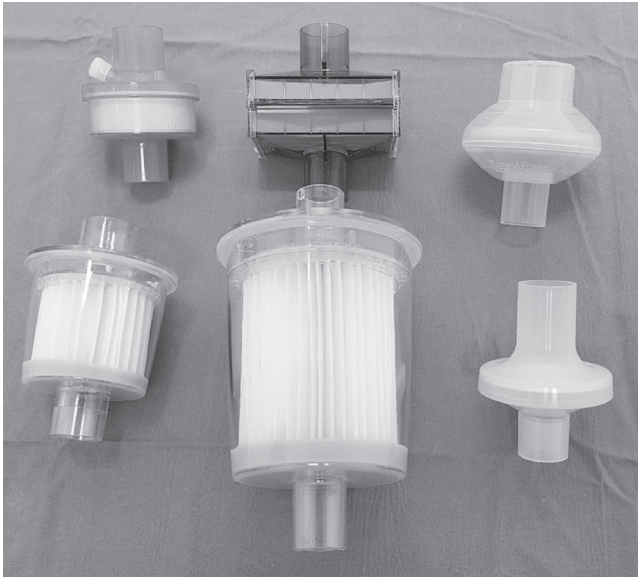
ตัวกรองอากาศจากแบคทีเรียและไวรัสเป็นอุปกรณ์ทางการแพทย์ที่ใช้ในเครื่องช่วยหายใจหรือวงจรการหายใจเพื่อปกป้องผู้ป่วย อุปกรณ์ และ/หรือสิ่งแวดล้อมจากไวรัสและแบคทีเรีย ผู้ป่วยที่ใช้เครื่องช่วยหายใจมีความเสี่ยงสูงต่อการติดเชื้อในระบบทางเดินหายใจจำเป็นต้องติดตั้งตัวกรองแบคทีเรีย (bacteria filter) เพื่อป้องกันและลดการติดเชื้อในระบบทางเดินหายใจระหว่างการรักษา เนื่องจากตัวกรองแบคทีเรียมีคุณสมบัติแตกต่างกันในแต่ละประเภทจึงจำเป็นต้องนำมาศึกษาเพื่อให้สามารถนำมาใช้งานได้อย่างเหมาะสม เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการใช้งาน อีกทั้งทำให้เกิดความคุ้มค่าและเพิ่มความปลอดภัยให้กับผู้ป่วย ขณะใช้งานเครื่องช่วยหายใจ นอกจากนี้การติดตั้งตัวกรองแบคทีเรียในวงจรชุดสายเครื่องช่วยหายใจในตำแหน่งที่ต่างกัน ยังส่งผลดีและผลเสียต่อผู้ป่วยต่างกันอีกด้วย ผู้จัดทำจึงได้รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับตัวกรองแบคทีเรียชนิดต่างๆ พร้อมขั้นตอนการเลือกใช้ตัวกรองแบคทีเรียให้เหมาะสม แบคทีเรียฟิลเตอร์แบ่งออกตามกลไกการทำงาน ได้แก่ แบบไฟฟ้าสถิต (mechanical filtration) แบบเชิงกล (electrostatic filtration) และแบบเคลือบสารต้านเชื้อ (filtration bactericides) ขึ้นอยู่กับหลักการทำงาน สำหรับตัวกรองแบบไฟฟ้าสถิตใช้ประจุไฟฟ้าสถิตเหนี่ยวนำในการดักจับอนุภาค ในขณะที่ตัวกรองเชิงกลใช้เมมเบรนที่มีรูพรุนแบบจيب สำหรับตัวกรองแบบกลไกสามารถเข้าถึงประสิทธิภาพการกรองที่สูงกว่าตัวกรองแบบไฟฟ้าสถิต แต่มีข้อจำกัดด้านความต้านทานการไหลของอากาศ

สูงกว่า ตัวกรองอากาศถูกจัดประเภทตามประสิทธิภาพ ได้แก่ ตัวกรองอากาศอนุภาคประสิทธิภาพ (EPA: Efficient Particulate Air filter), ตัวกรองอากาศอนุภาคประสิทธิภาพสูง (HEPA: High Efficiency Particulate Air Filters) และตัวกรองอากาศที่มีการแทรกซึมต่ำเป็นพิเศษจะรักษาอนุภาคชั้นต่ำร้อยละ 99.95, 99.97 และ 99.999 ของอนุภาค 0.3 μm ตามลำดับ ตัวกรองอีกรูปแบบหนึ่งจะมีการสร้างความชื้นและกลไกการแลกเปลี่ยนความร้อน (HME: Heat and Moisture Exchanger) โดยจะกักเก็บความร้อนและความชื้นจากอากาศที่หายใจออก และส่งคืนให้กับผู้ป่วยในระหว่างการหายใจครั้งต่อไป นอกจากนี้ตัวกรองแบบ HME ยังสามารถทำหน้าที่ได้ทั้งแบบไฟฟ้าสถิตและแบบกลไก ทั้งยังสามารถจำแนกตามประสิทธิภาพการกรองได้เป็น EPA หรือ HEPA อีกด้วย

1. ตัวกรองแบคทีเรียคืออะไร

ตัวกรองแบคทีเรีย (bacteria filter) เป็นอุปกรณ์ที่มีความสามารถสูงในการป้องกันการผ่านของจุลินทรีย์ในอากาศ มีการใช้ตัวกรองแบคทีเรียประกอบเข้าในวงจรชุดสายเครื่องช่วยหายใจเพื่อป้องกันสาเหตุการติดเชื้ออื่นๆ ในขณะที่ใช้เครื่องช่วยหายใจ และป้องกันอัตราการเกิดโรคปอดอักเสบที่เกี่ยวข้องกับการใช้เครื่องช่วยหายใจ (ventilator-associated pneumonia: VAP)¹ นอกจากนี้ ตัวกรองแบคทีเรียในระบบทางเดินหายใจอาจมีผลไม่พึงประสงค์บางอย่าง เช่น ความต้านทานต่อการไหลของอากาศที่หายใจเข้าเพิ่มขึ้น ความต้านทานต่อการไหลของอากาศในการหายใจออก

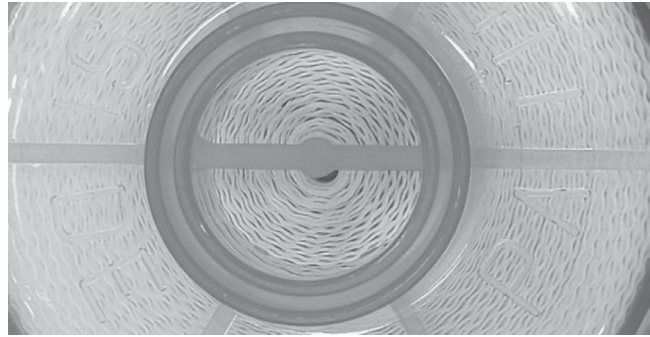
เพิ่มขึ้น และเพิ่มพื้นที่ว่างในวงจรการหายใจ ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องกรองทางเดินหายใจเป็นประจำ อย่างไรก็ตาม ควรใช้ในผู้ป่วยที่สงสัยหรือได้รับการยืนยันว่ามีการติดเชื้อทางเดินหายใจติดต่อได้ง่าย เช่น วัณโรค โรคปอดอักเสบจากเชื้อแบคทีเรีย เป็นต้น



รูปที่ 1. แสดงรูปแบบของ bacteria filter ชนิดต่างๆ
ภาพถ่ายโดยนายสาธิต บุญฤทธิ

2. องค์ประกอบของตัวกรองแบคทีเรียในระบบทางเดินหายใจ

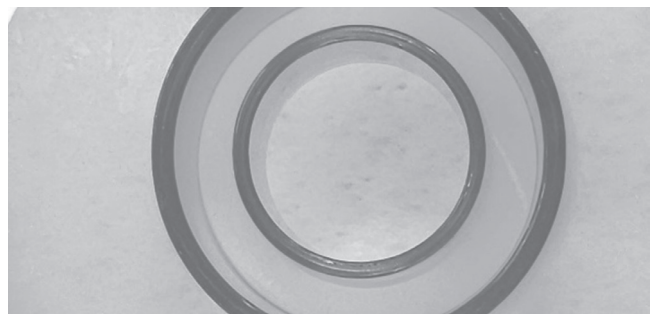
ส่วนประกอบภายในของตัวกรองแบคทีเรียอาจประกอบด้วยวัสดุที่แตกต่างกัน อาทิ ขนสัตว์ โฟม กระดาษ พอลิโพรพิลีน โพลีเอทิลีน เซรามิก หรือใยแก้ว ส่วนประกอบภายในของตัวกรองแบคทีเรียอาจประกอบด้วยวัสดุที่แตกต่างกัน อาทิ ขนสัตว์ โฟม กระดาษ พอลิโพรพิลีน โพลีเอทิลีน เซรามิก หรือใยแก้ว²



รูปที่ 2. แสดงส่วนประกอบของ bacteria filter ชนิด HME filter
ภาพถ่ายโดยนายสาธิต บุญฤทธิ



รูปที่ 3. แสดงลักษณะของแผ่นกรองที่พับเรียงตัวไปมาอย่างเป็นระเบียบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการกรอง
ภาพถ่ายโดยนายสาธิต บุญฤทธิ



รูปที่ 4. แสดงลักษณะของแผ่นกรองของ bacteria filter แบบรูพรุน
ภาพถ่ายโดยนายสาธิต บุญฤทธิ

3. กลไกการทำงานของตัวกรองแบคทีเรียในระบบทางเดินหายใจทางจุลชีววิทยา

ตัวกรองอาจมีกลไกการกรองจุลินทรีย์ที่แตกต่างกัน การกรองเชิงกล การกรองแบบไฟฟ้าสถิต และการกรองสารฆ่าเชื้อแบคทีเรีย



รูปที่ 5. แสดงภาพจำลองหลักการกรองอากาศผ่าน bacteria filter โดยนายสาธิต บุญฤทธิ์

3.1 การกรองเชิงกลถูกกำหนดด้วยปัจจัยต่างๆ ดังนี้

3.1.1 ขนาดของรูพรุนของตัวกรองจะทำให้สิ่งมีชีวิตยังคงอยู่บนพื้นผิวตัวกรองที่ค่อนข้างใหญ่

3.1.2 การจัดให้มีรูพรุนที่ไม่เป็นเชิงเส้นจะกำหนดเส้นทางการไหลเวียนของอากาศ และทำให้แรงเฉื่อยเพิ่มขึ้น ซึ่งดักจับจุลินทรีย์ภายในตาข่าย ขนาดรูพรุนสามารถทำให้เกิดการสกัดกั้นสิ่งมีชีวิตที่มีขนาดใหญ่กว่า $1 \mu\text{m}$ และเนื่องจากการจัดเรียงแบบไม่เชิงเส้นของรูพรุน ทำให้ความสามารถในการกรองจุลินทรีย์ที่มีขนาดใหญ่กว่า $0.5 \mu\text{m}$ เพิ่มมากขึ้น หลักการนี้มีข้อจำกัดว่าตาข่ายของรูพรุนเล็กๆ มีความต้านทานต่อการไหลของอากาศสูง

3.2 ตัวกรองไฟฟ้าสถิตผลิตโดยเส้นใยของส่วนประกอบภายในของตัวกรองที่สัมผัสกับสนามไฟฟ้า แบคทีเรียและไวรัสยังมีประจุไฟฟ้าบนพื้นผิว ไม่ว่าจะเป็นเชิงบวกหรือเชิงลบ และยังคงติดอยู่ในสนามไฟฟ้าไดโพลของตัวกรอง

3.3 แผ่นกรองฆ่าเชื้อแบคทีเรียทำโดยการชุบวัสดุกรองด้วยสารฆ่าเชื้อแบคทีเรีย เพื่อทำให้แบคทีเรียเจริญเติบโตภายในตัวกรอง และมีการใช้สารฆ่าเชื้อ เช่น คลอเฮกซิดีนอะซิเตต ไม่แนะนำให้ใช้เนื่องจากสามารถปนเปื้อนในวงจรคอนเดนเสทและไปถึงหลอดลมได้

4. ประสิทธิภาพของไส้กรองระบบทางเดินหายใจ

4.1 ประสิทธิภาพการกรองจุลินทรีย์ของตัวกรองได้รับการประเมินโดยการทดลองด้วยละอองลอยของจุลินทรีย์ ละอองลอยที่มีจุลินทรีย์และความเข้มข้นที่ทราบแน่ชัดจะถูกสร้างขึ้น จากนั้นละอองลอยจะถูกส่งผ่านตัวกรอง และตรวจสอบความเข้มข้นหลังจากผ่านตัวกรอง ประสิทธิภาพของตัวกรองได้รับการวิเคราะห์โดยละอองลอยที่มีสิ่งมีชีวิตต่างกัน เป็นการเปรียบเทียบความเข้มข้นของจุลินทรีย์ในก๊าซที่ใช้กับตัวกรองและก๊าซหลังจากที่ผ่านตัวกรองแล้ว

4.2 การทดลองประสิทธิภาพการกรองโดยใช้แบคทีเรียและไวรัส ประเมินการกรองแบคทีเรีย *Pseudomonas* spp. หรือ *Serratia marcescens* ขนาดเล็กซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลาง $0.3 \mu\text{m}$ ทำการทดลอง ประเมินประสิทธิภาพการกรองไวรัสด้วยไวรัสตับอักเสบบีซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลาง $0.03 \mu\text{m}$

การศึกษาทดลองจำนวนมากได้ตรวจสอบความสามารถของตัวกรองต้านจุลชีพเพื่อป้องกันการผ่านของจุลินทรีย์ ตัวกรองบางตัวที่ตรวจสอบในการทดสอบประสิทธิภาพการกรองในหลอดทดลองมีค่าประสิทธิภาพการกรองแบคทีเรียมากกว่าร้อยละ 9.999

5. รูปแบบการต่อแบคทีเรียฟیلเตอร์ในเครื่องช่วยหายใจ

ตัวกรองแบคทีเรียในระบบทางเดินหายใจจะถูกใส่ไว้ในวงจรของชุดสายเครื่องช่วยหายใจโดยมีช่องเสียบรูปกรวยเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มม. (ในบริเวณช่องทางลมเข้าสู่ผู้ป่วย) และปลั๊กรูปกรวยเส้นผ่านศูนย์กลาง 22 มม. (ในบริเวณช่องทางลมเข้าสู่เครื่องช่วยหายใจ) เพื่อป้องกันการขาดการเชื่อมต่อของวงจรการหายใจ ซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อชีวิตของผู้ป่วย³

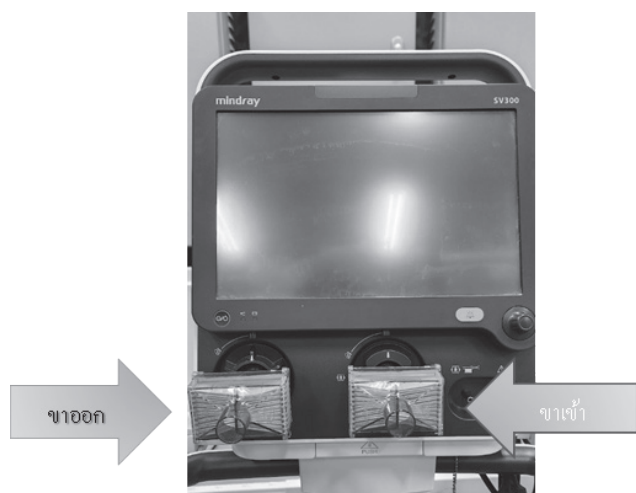
5.1 การต่อตัวกรองแบคทีเรียกับเครื่องช่วยหายใจ (turbine ventilator)



รูปที่ 6. แสดงช่องทางลมของเครื่องช่วยหายใจขาเข้า (1) และขาออก (2) จากตัวผู้ป่วย
ภาพถ่ายโดยนายสาธิต บุญฤทธิ



รูปที่ 8. แสดงการประกอบชุดสายเครื่องช่วยหายใจกับ bacteria filter
ภาพถ่ายโดยนายสาธิต บุญฤทธิ



รูปที่ 7. แสดงการประกอบ bacteria filter กับช่องทางลมของเครื่องช่วยหายใจทั้งขาเข้าและขาออกจากตัวผู้ป่วย
ภาพถ่ายโดยนายสาธิต บุญฤทธิ

5.2 การต่อตัวกรองแบคทีเรียกับเครื่องช่วยหายใจแบบเคลื่อนย้าย (transport ventilator)



รูปที่ 9. แสดงการต่อตัวกรองแบคทีเรียเข้ากับเครื่องช่วยหายใจแบบเคลื่อนย้าย 3 จุด จุดที่ 1 และ 2 ต่อกับ bacteria filter แบบธรรมดา จุดที่ 3 ต่อกับ HME bacteria filter
ภาพถ่ายโดยนายสาธิต บุญฤทธิ

5.3 การต่อตัวกรองแบคทีเรียกับเครื่องช่วยหายใจแบบหน้ากาก (non - invasive)



รูปที่ 10. ภาพแสดงการต่อตัวกรองแบคทีเรียเข้ากับเครื่องช่วยหายใจแบบ Non – Invasive ภาพถ่ายโดยนายสาธิต บุญฤทธิ์

6. หน้าที่ของตัวกรองตามตำแหน่งในวงจรเครื่องช่วยหายใจ

หน้าที่ของตัวกรองจุลินทรีย์จะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับตำแหน่งในวงจรการหายใจ⁴ ดังนี้

6.1 การติดตั้งในส่วนของการหายใจเข้า ตัวกรองสามารถป้องกันการติดเชื้อของผู้ป่วยจากเครื่องช่วยหายใจ

6.2 การติดตั้งในส่วนของการหายใจออก สามารถป้องกันการติดเชื้อระหว่างผู้ป่วยกับผู้อื่น

6.3 วางอยู่ระหว่างส่วน “Y” และท่อช่วยหายใจ ซึ่งสามารถมีได้ทั้งสองหน้าที่คือ การป้องกันการติดเชื้อและการเพิ่มความชื้นในอากาศ

7. ข้อดีและข้อเสียของตัวกรองแบคทีเรียในระหว่างการใช้งานกับเครื่องช่วยหายใจ

แผ่นกรองต้านจุลชีพเกี่ยวข้องกับผลกระทบที่ไม่พึงประสงค์บางอย่าง

7.1 เพิ่มความต้านทานต่อการไหลของอากาศขณะหายใจเข้า แผ่นกรองต้านจุลชีพทำให้ความต้านทานการไหลของอากาศหายใจเพิ่มขึ้น ซึ่งมีผลให้เกิดการกักอากาศภายในปอดของผู้ป่วย การกักอากาศในปอดสามารถมีผลกระทบที่แตกต่างกันได้แก่

7.1.1 การลดประสิทธิภาพของระบบไหลเวียนโลหิต

7.1.2 เพิ่มความเสี่ยงของภาวะปอดบวม และ

7.1.3 การแลกเปลี่ยนก๊าซบกพร่อง

การกักอากาศในปอดทำให้ความดันในช่องอกเพิ่มขึ้น ซึ่งทำให้อัตราการเต้นของหัวใจและความดันโลหิตได้ หรือก่อให้เกิดกลไกอย่างหนึ่งของการเกิดภาวะ pneumothorax คือความดันในช่องอกเพิ่มขึ้น และการเพิ่มขึ้นนี้จะปรากฏขึ้นเมื่อมีการกักอากาศ นอกจากนี้สิ่งนี้ยังอาจทำให้การแลกเปลี่ยนก๊าซที่ดักจับอากาศบกพร่องเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงในการระบายอากาศ/การไหลเวียนของเลือดในปอด และทำให้เกิดภาวะขาดออกซิเจน ผลกระทบนี้อาจปรากฏขึ้นเมื่อตัวกรองถูกแทรกระหว่างส่วน “Y” และท่อช่วยหายใจหรืออยู่ในแนวหน้าหายใจออก (ก่อนวาล์วหายใจออกของเครื่องช่วยหายใจ)

7.2 เพิ่มความต้านทานต่อการไหลของอากาศที่หายใจออก และ

7.3 เพิ่มพื้นที่ว่างของวงจรการหายใจตัวกรองแบคทีเรียสร้างพื้นที่ว่างเพิ่มขึ้น และอาจนำไปสู่การหายใจไม่สะดวกและการพัฒนาของภาวะขาดออกซิเจน ผลกระทบนี้สามารถเกิดขึ้นได้เมื่อตัวกรองถูกแทรกระหว่างส่วน “Y” ของท่อช่วยหายใจ

ข้อดีและข้อเสียของตัวกรองแบคทีเรีย ขึ้นอยู่กับตำแหน่งของตัวกรองที่อยู่ในวงจรของชุดสายเครื่องช่วยหายใจต่างๆ แตกต่างกัน ในวงจรการหายใจที่มีตัวกรอง

เพียงตัวเดียว ตัวกรองจะถูกวางอยู่ระหว่างส่วน “Y” กับท่อช่วยหายใจ ข้อดีของวงจรกรองที่มีฟิลเตอร์ตัวเดียวคือต้นทุนทางเศรษฐกิจเริ่มต้นต่ำกว่า (เพราะมีฟิลเตอร์เพียงตัวเดียว) ข้อเสียของการใช้ตัวกรองตัวเดียวคือการเพิ่มพื้นที่ว่างในวงจร และต้องเปลี่ยนตัวกรองบ่อยครั้งเนื่องจากมีการปนเปื้อนจากสารคัดหลั่งของผู้ป่วยจากการไอ

ในวงจรการหายใจที่มีตัวกรองสองตัว ตัวหนึ่งจะถูกวางไว้ในแขนขาหายใจเข้า (ทันทีหลังจากวาล์วหายใจเข้าของเครื่องช่วยหายใจ) และอีกตัวหนึ่งอยู่ในแขนขาหายใจออก (ทันทีก่อนวาล์วหายใจออกของเครื่องช่วยหายใจ) ข้อดีของวงจรที่มีตัวกรองสองตัวคือไม่มีช่องว่างเพิ่มขึ้น และลดอัตราการปนเปื้อนจากสารคัดหลั่งของผู้ป่วยเข้าสู่ตัวเครื่องช่วยหายใจ ข้อเสียของการใช้ตัวกรองสองตัวคือวงจรการหายใจเริ่มแรกมีราคาแพงกว่า (เนื่องจากมีตัวกรองสองตัว)

8. การกำจัด

หลังการใช้งานตัวกรองแบคทีเรีย (bacteria filter) เรียบร้อยแล้ว เจ้าหน้าที่ควรสวมหน้ากากอนามัยและถุงมือเพื่อนำกำจัดทิ้งในถังขยะติดเชื้อเพื่อดำเนินการจัดการตามระบบของการบริหารจัดการขยะภายในโรงพยาบาลต่อไป



รูปที่ 11. แสดงการกำจัดตัวกรองแบคทีเรียลงในถังขยะติดเชื้อ
ภาพถ่ายโดยนายสาธิต บุญฤทธิ

9. บทสรุป

การต่อแบคทีเรียฟิลเตอร์ในผู้ป่วยที่ใช้งานเครื่องช่วยหายใจ เป็นการป้องกันการติดเชื้อระหว่างการรักษา ในการต่อตัวกรองแบคทีเรียในตำแหน่งที่ต่างกัน ก็มีข้อดีและข้อเสียต่างกันไปด้วย ทั้งนี้หากมีการติดตั้งตัวกรองแบคทีเรียในขณะที่ผู้ป่วยใช้งานเครื่องช่วยหายใจ ควรให้การดูแลอย่างใกล้ชิดไม่ควรปล่อยให้แบคทีเรียฟิลเตอร์เกิดการอุดตันเด็ดขาด เพราะสามารถส่งผลกระทบต่อชีวิตของผู้ป่วยอาจก่อให้เกิดภาวะ pneumothorax หรือ hypercapnia ได้ จึงควรมีการตรวจสอบทุก 48 ชั่วโมง หลังการใช้งาน

เอกสารอ้างอิง

1. มหาวิทยาลัยมหิดล, คณะแพทยศาสตร์โรงพยาบาลรามาธิบดี, ภาควิชาวิสัญญีวิทยา. การบำบัดการหายใจในเวชปฏิบัติ, พิมพ์ครั้งที่ 1, บียอนด์ เอ็นเทอร์ไพรซ์ 2551, หน้า 65.
2. พุทธิพรณี วรกิจโกศาทร, วันชัย เดชสมฤทธิฤทัย, พุนทรัพย์วงศ์สุเกียรติ์และคณะ. Mechanical Ventilation & Respiratory Care Principle & Practice, Humidification during Mechanical Ventilation, กรุงเทพฯ :โรงพิมพ์เรือนแก้วการพิมพ์; 2546, หน้า 280.
3. สุมาลี เกียรติบุญศรี, อรุณวรรณ พุทธิพันธุ์, สุกิมพงศ์พัฒน์วุฒิ. การเลือกใช้และดูแลอุปกรณ์บำบัดรักษาทางระบบหายใจ, บทที่ 2 เรื่อง การบำบัดรักษาด้วยฝอยละอองและความชื้น (aerosol and humidity therapy) กรุงเทพฯ. ภาพพิมพ์; 2545: หน้า 34.
4. คณะแพทยศาสตร์โรงพยาบาลรามาธิบดี, ภาควิชาอายุรศาสตร์, หน่วยโรคระบบการหายใจและเวชบำบัดวิกฤต. การดูแลรักษาโรคระบบหายใจในผู้ใหญ่ “Respiratory Care in Adult” กรุงเทพฯ; ภาพพิมพ์ 2545: หน้า 255-7.