12

Mechanical Ventilation: Different Modes of Ventilation

กวีวรรณ ลิ้มประยูร

- บทนำ
- พยาธิสรีรวิทยาของการหายใจผ่านเครื่องช่วยหายใจ
- **Terminology** ที่สำคัญที่ใช้ในเครื่องช่วยหายใจ
- **Guideline** ในการตั้งเครื่องช่วยหายใจเบื้องต้น
- สรุป

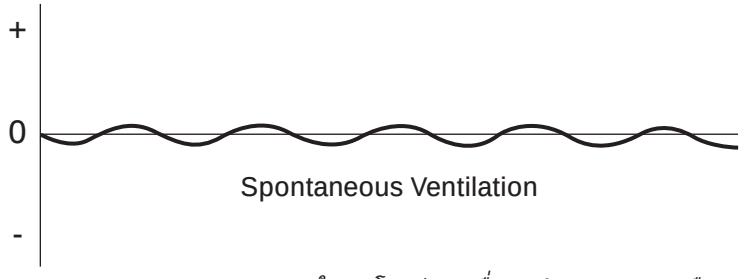
เราสามารถแบ่งเครื่องช่วยหายใจออกได้อย่างง่ายๆ ตามกลไกของเครื่องช่วยหายใจ[1] คือ เครื่องช่วยหายใจความดันบวก (Positive Pressure Ventilator) และเครื่องช่วยหายใจความดันลบ (Negative Pressure Ventilator) เครื่องช่วยหายใจทั้งสองชนิด ในปัจจุบันมีการพัฒนาไปอย่างมาก โดยมีการเปลี่ยนแปลงและพัฒนาไปทั้งตัวเครื่องช่วยหายใจเองและวิธีช่วยการหายใจแบบต่างๆ (Mode of Ventilation)[2] โดยจุดประสงค์หลักคือให้มีผลแทรกซ้อนจากการใช้เครื่องช่วยหายใจน้อยลง มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้ป่วยและเครื่องช่วยหายใจมากขึ้น[3] รวมทั้งในปัจจุบันมีเครื่องมือที่สามารถติดตามผลและเปรียบเทียบความแตกต่างจากการวิธีช่วยการหายใจแบบต่างๆ ด้วยการวัดค่าต่างๆ ทั้งจากเครื่องช่วยหายใจเองและเครื่องมือติดตามข้างเตียง (Bedside monitoring)[4] และมีตัวเตือน (Alarms) หรือมีสัญญาณบอกเมื่อผู้ป่วยมีการเปลี่ยนแปลงทางกลวิธานของปอดและอัตราการหายใจ ซึ่งมีส่วนช่วยในการตัดสินใจในการปรับแต่งเครื่องช่วยหายใจได้

การเข้าใจถึงความแตกต่างของพยาธิสรีรวิทยาของการหายใจ ไม่ว่าจะเป็นการหายใจด้วยตัวผู้ป่วยเองและการหายใจด้วยเครื่องช่วยหายใจ ตลอดจนผลกระทบจากความดันบวกต่ออวัยวะข้างเคียงเช่นหลอดเลือดและหัวใจ ชนิดของท่อช่วยหายใจและขนาดมีส่วน ช่วยในการเลือกวิธีที่เหมาะสมในการช่วยหายใจ[5] ซึ่งจะกล่าวต่อไป

พยาธิสรีรวิทยาของการหายใจผ่านเครื่องช่วยหายใจ[5]

การหายใจเอง (ภาพที่ 1) ช่วงหายใจเข้าเกิดจากกล้ามเนื้อกระบังลมมีการหดตัว ทำให้ทรวงอกขยายปริมาตร ทำให้ความดันรวมในช่องอกเป็นลบเมื่อเทียบกับความดันบรรยากาศภายนอก เป็นผลทำให้อากาศไหลจากภายนอกผ่านทางเดินหายใจส่วนต้นเข้าสู่หลอดลมปอดและเนื้อปอดตามลำดับ ส่วนช่วงหายใจออกจะอาศัยความยืดหยุ่นหดกลับของทรวงอก เป็นผลให้ความดันรวมในช่องอกเป็นบวกเมื่อเทียบกับความดันบรรยากาศภายนอก ทำให้อากาศไหลจากปอด ผ่านหลอดลมออกสู่ภายนอก ในสภาวะผิดปกติอาจทำให้เกิดความดันในทรวงอกผิดปกติไปมากในช่วงหายใจเข้าออก เช่น ความดันเป็นลบมากขึ้นช่วงหายใจเข้า ในกรณีทางเดินหายใจส่วนบนอุดกั้นจากภาวะต่างๆ ความดันเป็นบวกมากขึ้นช่วงหายใจออกในกรณีมีลมคั่งในทรวงอกหรือมีความผิดปกติของปอดในภาวะต่างๆ

การหายใจด้วยเครื่องช่วยหายใจชนิดความดันบวก จะมีกลไกในการหายใจกลับกันกับการหายใจเอง โดยช่วงการหายใจเข้าเครื่องช่วยหายใจจะอัดแรงดันบวกผ่านท่อช่วยหายใจ ผ่านสู่หลอดลมและปอด ตามลำดับ ส่วนช่วงการหายใจออกเครื่องช่วยหายใจจะเปิดวาล์วให้ลมหายใจออกด้วยแรงดันบวกที่เหลือค้างอยู่ในช่องอก ดังนั้นแรงดันบวกที่ได้ผ่านจากเครื่องช่วยหายใจจะมีผลต่อปอด หลอดลม หลอดเลือดและหัวใจทั้งช่วงหายใจ



ภาพที่ 1 *ลักษณะ pressure-time curve ของการหายใจเองโดยผ่านเครื่อง ลักษณะจำเพาะคือหายใจเข้า ความดันเป็นลบ หายใจออก ความดันเป็นบวก*

เข้าและออก ซึ่งในกรณีที่ผู้ป่วยเป็นโรคหรือภาวะต่างๆ เช่น ภาวะความดันเลือดในปอดสูง ผู้ป่วยหลังการผ่าตัดแก้ไขโรคหัวใจชนิด Fontan การเลือกวิธีการช่วยหายใจที่ผู้ป่วยหายใจได้เองมากขึ้นอาจเป็นประโยชน์ตามหลักของพยาธิสรีรวิทยา[6,7,8] เป็นต้น

นอกจากนี้เนื่องจากผู้ป่วยเด็กซึ่งได้รับการรักษาด้วยเครื่องช่วยหายใจ ท่อช่วยหายใจจะมีขนาดเล็กและไม่มีถุงลมเพื่อลดลมรั่วรอบๆ ท่อช่วยหายใจ (uncuffed endotracheal tube) ปัจจัยซึ่งเกิดจากแรงต้านจากความต้านทานของท่อหายใจเนื่องจากขนาดของท่อช่วยหายใจและการรั่วของลมรอบๆ ท่อช่วยหายใจ ก็เป็นปัจจัยหนึ่งที่อาจเกี่ยวข้องกับการเลือกวิธีในการช่วยหายใจด้วย[2]

Terminology ที่สำคัญที่ใช้ในเครื่องช่วยหายใจ

1. Cycled ของเครื่องช่วยหายใจ หมายถึงตัวกำหนดการสิ้นสุดของรอบการหายใจ เช่น time-cycled, volume-cycled, pressure-cycled, flow-cycled ซึ่งหมายถึง การสิ้นสุดของรอบการหายใจถูกกำหนดโดยเวลา ปริมาตร ความดัน หรืออัตราการไหลของก๊าซอย่างใดอย่างหนึ่งตามลำดับ

2. Limited ของเครื่องช่วยหายใจหมายถึงตัวกำหนดไม่ให้เครื่องช่วยหายใจทำการเกินค่านั้นๆ โดยเครื่องช่วยหายใจจะเปิดวาล์วให้ลมออกเพื่อให้ค่าความดัน หรือปริมาตรไม่เกินค่าที่กำหนด เช่น pressure-limited, volume-limited เป็นต้น

3. Trigger หมายถึงการส่งสัญญาณโดยผู้ป่วย ไปสู่เครื่องช่วยหายใจว่าขณะนี้เริ่มหายใจเข้า ซึ่งความไวของเครื่องช่วยหายใจในการตอบสนองผู้ป่วย (sensitivity) จะขึ้นกับ thresholdและ response time ของเครื่อง ถ้าเครื่องช่วยหายใจมีการตอบสนองโดยเข้าใจผิดว่าผู้ป่วยเริ่มหายใจเข้าเรียกว่า auto-triggered หรือ auto-cycling ชนิดของ trigger อาจเป็น flow trigger หรือ pressure trigger ก็ได้

4. Flow หมายถึง อัตราการไหลของก๊าซที่ใช้สำหรับเครื่องช่วยหายใจและวิธีช่วยหายใจแต่ละชนิดอาจแบ่งชนิดของ flow ออกได้เป็น 2 ชนิดคือ ชนิดอัตราการไหลของก๊าซคงที่ (constant flow) และชนิดอัตราการไหลของก๊าซไม่คงที่ (decelerating flow or demanded flow)

5. PIP หมายถึง ค่าความดันสูงสุดของรอบหายใจ ด้วยเครื่องช่วยหายใจ

6. PEEP หมายถึง ค่าความดันบวกคงที่ซึ่งให้ไว้โดยเครื่องช่วยหายใจช่วงผู้ป่วยหายใจออก

7. Inspiratory time หมายถึง ระยะเวลาที่เครื่องช่วยหายใจให้ความดันบวกกับผู้ป่วย อาจไม่ใช่เวลาหายใจเข้าที่แท้จริงของผู้ป่วยในกรณีผู้ป่วยหายใจเองซึ่งค่า Inspiratory time อาจคงที่ในบาง mode ของการช่วยหายใจเช่น time-cycled หรืออาจแปรเปลี่ยนตามการหายใจในบาง mode ของการช่วยหายใจ เช่น Pressure support ventilation (PSV) เป็นต้น

8. Synchronized ventilation หมายถึง การช่วยหายใจของเครื่องช่วยหายใจตรงจังหวะกับการหายใจของผู้ป่วย ซึ่งปัจจัยขึ้นอยู่กับ ความไวของ trigger, pressure หรือ flow threshold และ response time ของเครื่องช่วยหายใจด้วย

เราสามารถแบ่งวิธีช่วยหายใจด้วยเครื่องช่วยหายใจ[1,9,10,11] ได้เป็น 2 กลุ่มคือ

1. Conventional mechanical ventilation หมายถึงวิธีช่วยหายใจในระบบทั่วไปดั้งเดิม ซึ่งอาจพอแยกออกได้เป็น

1.1 Fully support ventilation หมายถึง วิธีช่วยหายใจซึ่งช่วยหายใจเต็มที่ในทุกๆ รอบของการหายใจ เช่น Continuous Mandatory Ventilation (CMV), Assisted Ventilation (AC) ชนิด pressure controlled หรือ volume controlled

1.2 Partial support ventilation หมายถึงวิธีช่วยหายใจซึ่งช่วยหายใจบางส่วนในทุกๆ รอบหรือในบางรอบของการหายใจโดยที่ผู้ป่วยมีการหายใจเองบางส่วน เช่น Synchronized intermittent mandatory ven-

tilation (SIMV) ชนิด pressure controlled หรือ volume controlled, Pressure support ventilation (PSV), Continuous positive airway pressure (CPAP) เป็นต้น

2. Non-conventional mechanical ventilation หมายถึง วิธีช่วยหายใจในระบบที่ไม่ใช้กันทั่วไปแบบดั้งเดิม เช่น Airway pressure released ventilation (APRV), Inverted I:E ratio ventilation, Independent lung ventilation, การช่วยหายใจในท่าคว่ำ (Prone position ventilation) เป็นต้น

3. Computerized mechanical ventilation หมายถึง วิธีช่วยหายใจในระบบที่มีโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์มาช่วยปรับค่า parameter ต่างๆ ของการช่วยหายใจ เช่น Pressure regulated volume controlled ventilation (PRVC) หรือ Autoflow, Proportional pressure support ventilation (PPSV) หรือแม้กระทั่งการชดเชยแรงต้านของท่อช่วยหายใจ tube compensation โดยเครื่องช่วยหายใจ เป็นต้น

4. High frequency ventilation หมายถึง วิธีช่วยหายใจด้วยความถี่สูง และ ปริมาตรของการช่วยหายใจในแต่ละรอบ tidal volume น้อยกว่าค่า dead space ของทางเดินหายใจของผู้ป่วย ซึ่งมีหลายชนิด เช่น High frequency flow interrupted ventilation (HFFIV), High frequency jet ventilation (HFJV) หรือ High frequency oscillatory ventilation (HFOV) เป็นต้น

ผู้เขียนจะขอเขียนวิธีช่วยหายใจชนิดต่างๆเฉพาะบาง mode การช่วยหายใจพร้อมกับข้อเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของวิธีช่วยหายใจชนิดต่างๆ ในภาวะต่างๆ ไว้โดยสังเขปเท่านั้น โดยข้อดีและข้อเสียระหว่างการช่วยหายใจทั้งหมด (Fully support or controlled ventilation) กับการหายใจเองร่วมไปกับเครื่องช่วยหายใจ (Partially support) พอสรุปได้ดังนี้

การช่วยหายใจทั้งหมด (Fully support or controlled ventilation) เป็นวิธีช่วยหายใจซึ่งช่วยหายใจเท่ากันในทุกๆ รอบของการช่วยหายใจ มีข้อดีคือ ลดงานซึ่งเกิดจากการทำงานของการหายใจเองได้ทั้งหมด สามารถให้ผู้ป่วยหลับด้วย ยานอนหลับขนาดสูงและร่วมกับยาหย่อนกล้ามเนื้อในบางกรณี ซึ่งทำให้การทำงานของอวัยวะอื่นเช่นสมอง หัวใจของผู้ป่วยลดลง ข้อเสียคือ อาจต้องใช้ยานอนหลับขนาดสูงในบางกรณี

การหายใจเองร่วมไปกับเครื่องช่วยหายใจ (Partially support or assisted ventilation) เป็นวิธีช่วยหายใจซึ่งช่วยหายใจโดยให้ผู้ป่วยหายใจเองโดยใช้ยานอนหลับขนาดต่ำๆ หรืออาจไม่ต้องใช้ ซึ่งเป็นที่นิยมใช้ในช่วงหย่าเครื่องช่วยหายใจ รวมทั้งในผู้ป่วยบางรายที่ต้องการเครื่องช่วยหายใจขนาดสูง การอนุญาตให้ผู้ป่วยหายใจเองร่วมไปกับการช่วยหายใจด้วยเครื่องช่วยหายใจอาจลดความต้องการทั้งปริมาตรหรือความดันจากเครื่องช่วยหายใจให้ต่ำลงโดยให้ผู้ป่วยหายใจในอัตราที่เร็วขึ้น ข้อเสียคือ ผู้ป่วยอาจหายใจไม่เข้ากับเครื่องเนื่องจากการปรับความไวของเครื่องช่วยหายใจไม่เหมาะสม หรือการรั่วรอบๆ ท่อช่วยหายใจเนื่องจากท่อช่วยหายใจขนาดเล็กเกินไป บางกรณีอาจเพิ่มการทำงานของระบบหายใจและอวัยวะอื่นๆ เมื่อเปรียบเทียบกับการช่วยหายใจทั้งหมด

รายละเอียดของ mode แต่ละ mode ที่สำคัญในการช่วยหายใจด้วยเครื่องช่วยหายใจและคุณลักษณะจำเพาะของแต่ละ mode โดยสังเขป[12,13,14,15]

1. Intermittent Mandatory Ventilation (IMV) หรือ Controlled Mandatory Ventilation (CMV) (ภาพที่ 2)

คุณลักษณะจำเพาะ : กำหนดการหายใจเข้าออกเป็นรอบโดยแบ่งช่วงต่างๆ ของรอบการหายใจคงที่ (fixed interval), ไม่มีปฏิสัมพันธ์กับผู้ป่วย (no patient interaction) อาจเป็น pressure หรือ volume mode

การใช้งาน : ใช้บ่อยในเด็กเล็กและทารกแรกเกิด และสามารถใช้เป็น mode สำหรับการลดการช่วยหายใจหรือหย่าเครื่องช่วยหายใจได้ด้วย การตั้งจะต้องกำหนด flow, inspiratory time, PIP, PEEP, rate

ตามต้องการ โดยชนิดของ flow เป็นชนิดคงที่ (constant flow) โดย flow ต่ำสุดที่ตั้งไม่ควรน้อยกว่า 3 เท่าของ minute ventilation โดยที่ flow ที่น้อยจะทำให้รูปร่างของการช่วยหายใจใกล้เคียง sine wave form แต่ flow ที่มากจะทำให้รูปร่างของการช่วยหายใจใกล้เคียง square wave form มากขึ้น

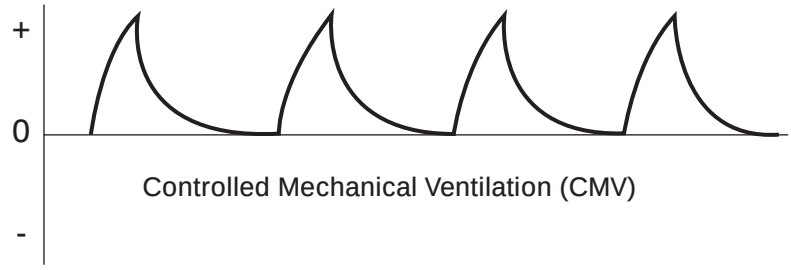
ข้อดี : ใช้ง่าย และได้อัตราการหายใจที่แน่นอน (regular guaranteed breath)

ข้อเสีย : ไม่อนุญาตให้ผู้ป่วยหายใจแบบมีปฏิสัมพันธ์กับผู้ป่วย ยกเว้นโดยบังเอิญ โดยเครื่องช่วยหายใจจะกำหนดทุกอย่างคงที่ ดังนั้นการใช้ในผู้ป่วยเด็กโตหรือผู้ใหญ่ซึ่งมีอัตราการหายใจต่ำกว่าเด็กเล็กหรือทารก มักจะทำให้ผู้ป่วยต้านเครื่องและมักจะต้องใช้ยานอนหลับขนาดสูงหรือใช้ยาหย่อนกล้ามเนื้อร่วมด้วยในบางกรณี

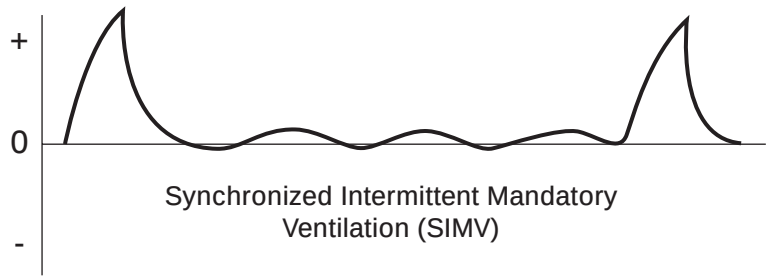
2. Synchronized Intermittent Mandatory Ventilation (SIMV) (ภาพที่ 3)

คุณลักษณะจำเพาะ : กำหนดการหายใจเข้าออกเป็นรอบโดยแบ่งช่วงต่างๆ ของรอบการหายใจ โดยช่วงระหว่างรอบการหายใจจะอยู่ภายในอัตราการช่วยหายใจที่ตั้งไว้ โดยเครื่องช่วยหายใจจะมีปฏิสัมพันธ์กับผู้ป่วยโดยรอให้ผู้ป่วยมีการหายใจเองก่อนตามระยะเวลาระหว่างรอบการหายใจ ในกรณีที่ผู้ป่วยหายใจเองก่อนระยะเวลาระหว่างรอบการหายใจและถึงความไวของกลไก trigger เครื่องช่วยหายใจก็จะให้ความดันบวกตามปริมาตรที่กำหนด หากกรณีที่ผู้ป่วยไม่หายใจหรือหายใจเองก่อนระยะเวลาระหว่างรอบการหายใจ แต่ไม่ถึงความไวของกลไก trigger เครื่องช่วยหายใจจะรอจนถึงรอบการหายใจที่กำหนด และช่วยหายใจไปแบบ Intermittent Mandatory Ventilation การหายใจเองอื่นระหว่างรอบการช่วยหายใจจะไม่มีการให้ความดันบวกเพิ่มจากเครื่อง

การใช้งาน : การตั้งจะต้องกำหนด flow, inspiratory time, PIP, PEEP, rate ตามต้องการ โดยชนิดของ flow เป็นชนิดคงที่ (constant flow) โดย flow ต่ำสุดที่ตั้งไม่ควรน้อยกว่า 3 เท่าของ minute ventila-



ภาพที่ 2 *ลักษณะ pressure-time curve ของการหายใจด้วย mode การช่วยหายใจแบบ CMV หรือ IMV*



ภาพที่ 3 *ลักษณะ pressure-time curve ของการหายใจด้วย mode การช่วยหายใจแบบ SIMV*

tion เหมือนการตั้ง IMV แต่จะต้องมีการตั้ง trigger ให้มีความไวที่เหมาะสมด้วยจึงจะทำให้การช่วยหายใจโดยเครื่องช่วยหายใจมีปฏิสัมพันธ์กับผู้ป่วย

ข้อดี : ใช้ง่ายและใช้บ่อยในกรณีต่างๆ มีการรบกวนต่อการทำงานของหัวใจและหลอดเลือดน้อย สามารถใช้เป็น mode สำหรับการลดการช่วยหายใจหรือหย่าเครื่องช่วยหายใจได้ด้วย หรืออาจใช้ร่วมกับ mode อื่นเช่น Pressure support ventilation (PSV)

ข้อเสีย : การหายใจเองรอบอื่นระหว่างรอบการช่วยหายใจจะไม่มีการให้ความดันบวกเพิ่มจากเครื่อง

3. Pressure support ventilation (PSV) (ภาพที่ 4)

คุณลักษณะจำเพาะ : ช่วยการหายใจในทุกๆ การหายใจเองของผู้ป่วยโดยกลไก trigger และ flow ที่ให้จะเป็น decelerating flow หรือ demanded flow ที่ไม่คงที่ ให้ความดันบวกจนถึงค่าที่กำหนด และ inspiratory time ถูกกำหนดโดยผู้ป่วยเอง โดยเครื่องช่วยหายใจจะกำหนดสิ้นสุดรอบการหายใจโดย flow ที่ลดลงของการช่วยหายใจ (flow-cycled)

การใช้งาน : การตั้งไม่ต้องกำหนด flow เนื่องจากเป็นdecelerating flow หรือ demanded flow และไม่ต้องตั้ง inspiratory time เนื่องจากเครื่องช่วยหายใจจะกำหนดสิ้นสุดรอบการหายใจโดย flow (flow-cycled) แต่ต้องตั้งค่าความดัน pressure support ตามต้องการ และควรตรวจสอบปริมาตร tidal volume ที่ได้และควรตั้งสัญญาณเตือนเมื่อผู้ป่วยไม่หายใจหรือหายใจลดลงที่เหมาะสมเพื่อความปลอดภัยด้วย

ข้อดี : ในผู้ป่วยซึ่งหายใจได้เอง ช่วยชดเชยความเสียดทานซึ่งเกิดจากท่อช่วยหายใจ[15] โดยมีความดันขนาดน้อยๆ ช่วยดันเข้าขณะหายใจเข้า ผู้ป่วยมีปฏิสัมพันธ์กับเครื่องช่วยหายใจมากขึ้นเนื่องจากผู้ป่วยเป็นผู้กำหนดอัตราการหายใจ เวลาหายใจเข้า และปริมาตร tidal volume

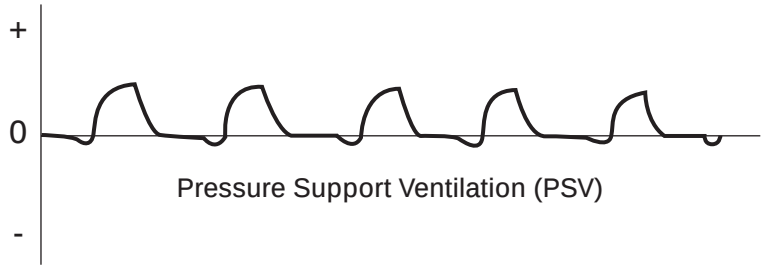
ข้อเสีย : บางเครื่องช่วยหายใจเช่น Servo 900 เครื่องจะให้กำเนิด flow ขนาดสูงเมื่อใช้กับเด็กเล็กบางครั้งทำให้รู้สึกอึดอัด วิธีช่วยหายใจวิธีนี้ต้องการการตั้ง triggerให้มีความไวที่เหมาะสมด้วยจึงจะทำให้เครื่องช่วยหายใจจะมีปฏิสัมพันธ์กับผู้ป่วย กรณีมีลมรั่วรอบๆ ท่อช่วยหายใจเนื่องจากท่อช่วยหายใจมีขนาดเล็กเกินไป อาจตั้งหรือปรับแต่งยาก นอกจากนี้ยังต้องอาศัยการหายใจเองของผู้ป่วย หากผู้ป่วยมีหยุดหายใจหรือหายใจช้าอาจทำให้การช่วยหายใจไม่เพียงพอ

4. Synchronized Intermittent Mandatory Ventilation plus Pressure support ventilation (SIMV/PSV) (ภาพที่ 5)

คุณลักษณะจำเพาะ : เป็น mode ผสมระหว่างวิธีช่วยหายใจสองอย่างข้างต้น โดยการช่วยหายใจอื่นนอกเหนือจาก SIMV breath จะได้รับความดันหรือการหายใจแบบ pressure support ventilation เพิ่ม

การใช้งาน : นิยมใช้มากที่สุด อาจใช้ในช่วงการหย่าหรือลดการช่วยการหายใจ

ข้อดี : ผู้ป่วยจะมีปฏิสัมพันธ์กับเครื่องช่วยหายใจมาก และ pressure support จะช่วยชดเชยความเสียดทานซึ่งเกิดจากท่อช่วยหายใจ[16]



ภาพที่ 4 *ลักษณะ pressure-time curve ของการหายใจด้วย mode การช่วยหายใจแบบ PSV*

ข้อเสีย : เหมือนกับ PSV แต่เมื่อผู้ป่วยหายใจช้าหรือหยุดหายใจจะได้ SIMV ช่วยการหายใจแทน

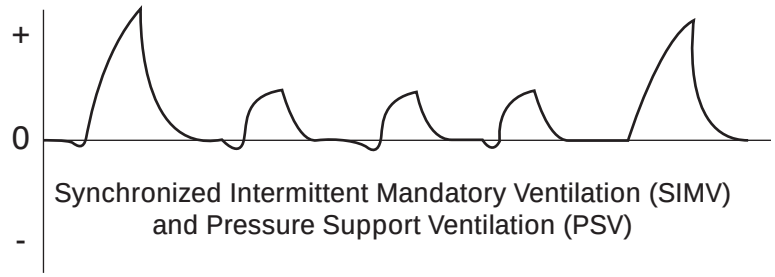
5. Assist control (AC) or Volume control (VC) (ภาพที่ 6,7)

คุณลักษณะจำเพาะ : เป็น mode ซึ่งตั้งอัตราการหายใจและ tidal volume ไว้ โดยที่แต่ละครั้งของผู้ป่วยเครื่องช่วยหายใจจะช่วยหายใจตามปริมาตร tidal volume ที่ตั้งไว้เท่ากัน หากผู้ป่วยหายใจเองในอัตราที่เพิ่มขึ้น การช่วยหายใจจะเพิ่มอัตราการช่วยขึ้นเท่ากับอัตราหายใจผู้ป่วย โดยจะช่วยในแต่ละครั้งตามปริมาตรที่ตั้งไว้เท่ากันทุกรอบการหายใจ

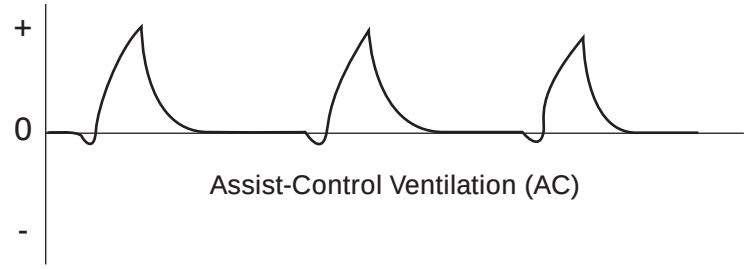
การใช้งาน : นิยมใช้ในผู้ป่วยซึ่งมีแรงหายใจน้อย มีปฏิสัมพันธ์กับเครื่องช่วยหายใจมากแต่ได้การช่วยหายใจสูงสุด ไม่สามามารถเป็น mode ซึ่งใช้ลดหรือหย่าจากเครื่องช่วยหายใจ

ข้อดี : ผู้ป่วยจะมีปฏิสัมพันธ์กับเครื่องช่วยหายใจมาก รับรองปริมาตรของ tidal volume แม้มีพยาธิสภาพปอดซึ่งเกิดจากความยืดหยุ่นหรือความเสียดทานเปลี่ยนแปลง

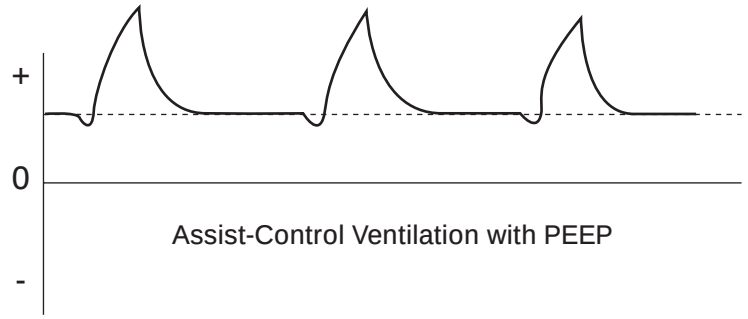
ข้อเสีย: อาจเกิดภยันตรายต่อปอดจากความดันสูงเกิน มีแนวโน้มอาจจะมีผลต่อการทำงานของหัวใจ



ภาพที่ 5 *ลักษณะ pressure-time curve ของการหายใจด้วย mode การช่วยหายใจแบบ SIMV-PSV*



ภาพที่ 6 *ลักษณะ pressure-time curve ของการหายใจด้วย mode การช่วยหายใจแบบ AC*



ภาพที่ 7 *ลักษณะ pressure-time curve ของการหายใจด้วย mode การช่วยหายใจแบบ AC with PEEP*

และหลอดเลือดหรืออาจทำให้เกิดการช่วยหายใจเกินความต้องการ (inappropriate hyperventilation)

6. Pressure Controlled Ventilation (PCV) (ภาพที่ 8)

คุณลักษณะจำเพาะ : ช่วยการหายใจในทุกๆ การหายใจเองของผู้ป่วยโดยกลไก trigger และ flow ที่ให้จะเป็น decelerating flow หรือ demanded flow ที่ไม่คงที่ ให้ความดันบวกจนถึงค่าและตามเวลา inspiratory time ที่กำหนด แต่ค่า tidal volume ไม่ได้ถูกกำหนดไว้คงที่แน่นอน

การใช้งาน : นิยมใช้ในผู้ป่วยเด็กเล็กหรือทารกแรกเกิด ที่ใช้ค่า PIP ขนาดสูงๆ เช่น ภาวะ ARDS หรือ asthma

ข้อดี : มี limit ของ pressure, มีอำนาจทะลุทะลวงสู่รอยโรคที่มีพยาธิสภาพไม่เท่ากันทั้งปอดและลดความเสี่ยงซึ่งเกิดจากความดันสูงเกิน

ข้อเสีย : อาจทำให้เกิดการช่วยหายใจเกินหรือน้อยความต้องการ (inappropriate hyperventilation or hypoventilation) เนื่องจากค่า tidal volume ไม่ได้ถูกกำหนดไว้คงที่แน่นอน

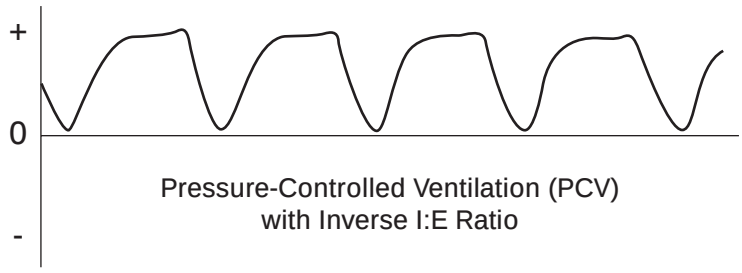
7. Pressure regulated volume controlled ventilation (PRVC) or Autoflow

คุณลักษณะจำเพาะ : เป็นวิธีการช่วยหายใจแบบ volume control แต่ flow ที่ให้จะเป็น decelerating flow หรือ demanded flow ที่ไม่คงที่ เครื่องช่วยหายใจจะปรับเปลี่ยน flow โดยใช้ระบบคอมพิวเตอร์ของเครื่อง ทำให้ค่า PIP ลดลงต่ำกว่าค่า P max ที่ตั้งไว้ แต่ได้ค่า tidal volume ตามที่กำหนดไว้

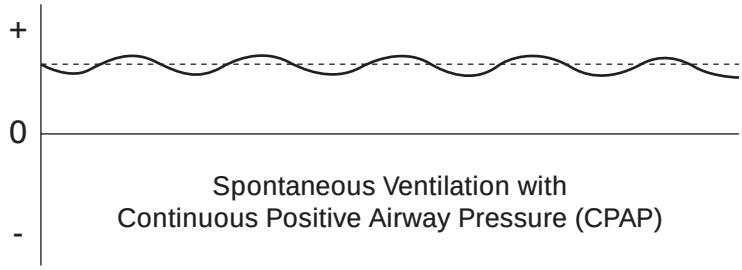
การใช้งาน : นิยมใช้ในผู้ป่วยซึ่งต้องการค่า PIP ขนาดสูงๆ หรือ มีพยาธิสภาพปอดเปลี่ยนแปลงรวดเร็ว เช่น โรคหอบหืดที่ต้องใส่เครื่องช่วยหายใจ

ข้อดี : ให้ tidal volume ที่แน่นอนและลดอันตรายจากความดันขนาดสูง

ข้อเสีย : ใหม่และไม่มีกับเครื่องช่วยหายใจรุ่นเก่า



ภาพที่ 8 *ลักษณะ pressure-time curve ของการหายใจด้วย mode การช่วยหายใจแบบ PCV*



ภาพที่ 9 *ลักษณะ pressure-time curve ของการหายใจด้วย mode การช่วยหายใจแบบ CPAP*

8. Continuous positive airway pressure (CPAP) (ภาพที่ 9)

คุณลักษณะจำเพาะ : ให้ความดันคงที่ทั้งช่วงหายใจออกและหายใจเข้า เหมือนกับการทำงานของ PEEP

การใช้งาน : นิยมใช้ในผู้ป่วยใส่ท่อช่วยหายใจจากปัญหาทางเดินหายใจส่วนต้นอุดกั้น (upper airway obstruction) เพื่อป้องกันภาวะปอดแฟบ

ข้อดี : ง่ายไม่ยุ่งยาก

ข้อเสีย : ผู้ป่วยต้องหายใจได้เองและพยาธิสภาพที่ปอดน้อยหรือไม่มีเนื่องจากไม่ได้ให้ความดันบวกช่วยเพิ่มขึ้นเลยในช่วงหายใจเข้า

ข้อดีและข้อเสียของวิธีช่วยหายใจวิธีต่างๆ พอสรุปได้เป็นตารางดังนี้

ตารางเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของวิธีการช่วยหายใจในแบบต่างๆ

Mode	ข้อดี/ข้อได้เปรียบ
Assist-control ventilation (AC)	ผู้ป่วยสามารถได้รับความช่วยเหลือเพิ่มมากขึ้น เมื่อผู้ป่วยมีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้น, ลดงานของการหายใจ (work of breathing) เมื่อเปรียบเทียบกับการหายใจเองอย่างเดียว (spontaneous breathing)
AC volume ventilation	รับรองปริมาตรของ tidal volume แม้มีพยาธิสภาพปอดซึ่งเกิดจากความยืดหยุ่นหรือความเสียดทานเปลี่ยนแปลง
AC pressure-control ventilation	จำกัดค่าความดันสูงสุด, ลดภยันตรายจากความดันสูงต่อปอด
Pressure support ventilation (PSV)	หายใจผ่านเครื่องโดยมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้ป่วยและเครื่องช่วยหายใจมากขึ้น และลดงานของการหายใจ (work of breathing)
Synchronized intermittent mandatory ventilation (SIMV)	มีการรบกวนต่อการทำงานของหัวใจและหลอดเลือดน้อย
Controlled mechanical ventilation (CMV)	กล้ามเนื้อหายใจได้พัก

Mode	ข้อเสีย/ข้อจำกัด
Assist-control ventilation (AC)	มีแนวโน้มอาจจะมีผลต่อการทำงานของหัวใจและหลอดเลือด, อาจทำให้เกิดการช่วยหายใจเกินความต้องการ (inappropriate hyperventilation)
AC volume ventilation	อาจเกิดภยันตรายต่อปอดจากความดันสูงเกิน
AC pressure-control ventilation	อาจเกิดการช่วยหายใจไม่เพียงพอ หรือมากเกินในกรณีค่าความยืดหยุ่นและค่าความเสียดทานของปอดมีการเปลี่ยนแปลง
Pressure support ventilation (PSV)	สัญญาณเตือนเมื่อผู้ป่วยหยุดหายใจเป็นเพียงสัญญาณเตือนเมื่อผู้ป่วยหายใจได้ไม่เพียงพอหรือหยุดหายใจ โดยไม่มีการช่วยเมื่อผู้ป่วยหยุดหายใจ, การตอบสนองต่อการช่วยหายใจขึ้นกับปัจจัยในการหายใจเองของผู้ป่วยด้วย
Synchronized intermittent mandatory ventilation (SIMV)	งานของการหายใจ (work of breathing) มากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการช่วยหายใจแบบ assist-control
Controlled mechanical ventilation (CMV)	ต้องการยานอนหลับและ/หรือยาคลายกล้ามเนื้อ, อาจจะมีผลต่อการทำงานของหัวใจและหลอดเลือด

Guideline ในการตั้งเครื่องช่วยหายใจเบื้องต้น[12]

1. เลือก mode ของเครื่องช่วยหายใจที่คุ้นเคยมากที่สุดโดยจุดประสงค์ของการช่วยหายใจคือให้การช่วยหายใจเพื่อทำให้มีการแลกเปลี่ยนก๊าซที่เพียงพอ (adequate oxygenation/ventilation) ลดงานซึ่งเกิดจากการหายใจ (reduced work of breathing) หายใจมีปฏิสัมพันธ์กับเครื่องช่วยหายใจ (synchrony between patient and ventilator)[12,17] หลีกเลี่ยงการใช้ความดันขนาดสูง (avoidance of high end-inspiration pressures)

2. ควรตั้งปริมาณความเข้มข้นออกซิเจนขนาดสูงก่อน อาจตั้งโดยใช้ออกซิเจน FiO_2 1.0 ก่อนแล้วค่อย ๆ ลดขนาดลงเพื่อพยายามคงค่าความอิ่มตัวออกซิเจนในเลือด (oxygen saturation, SaO_2) ให้ได้ประมาณ 92-95% ในรายที่มีความผิดปกติของปอดรุนแรง เช่นภาวะ Acute Respiratory Distress Syndrome (ARDS) อาจยอมรับที่ค่าค่าความอิ่มตัวออกซิเจนในเลือดมากกว่าหรือเท่ากับ 88%[12,18]

3. เริ่มต้นควรตั้งปริมาตร tidal volume ประมาณ 8-10 มล. ต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมในกรณีทั่วไป หรืออาจเริ่มตั้งในขนาด 10-12 ml ต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมในผู้ป่วย neuromuscular disease เพื่อให้การหายใจได้ตามเครื่อง ในรายที่มีความผิดปกติของปอดรุนแรง เช่นภาวะ Acute Respiratory Distress Syndrome (ARDS) อาจเริ่มตั้งที่ขนาด 5-8 มล. ต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมและความดันช่วง plateau pressure น้อยกว่า 30 มม.น้ำ

4. เลือกอัตราการหายใจที่เหมาะสมเพื่อให้ได้การหายใจต่อนาทีที่เหมาะสมกับโรคและลักษณะทางคลินิกโดยปรับผลตามค่าก๊าซในเลือด[17]

5. พยายามปรับใช้ PEEP ในในรายที่มีความผิดปกติของปอดรุนแรงทั่วไป (diffuse lung injury) เพื่อพยายามทำให้การใช้ออกซิเจนลดลง และพยายามหาค่า PEEP ที่เหมาะสม ส่วนใหญ่อยู่ที่ประมาณ 5- 10 มม.น้ำ โดยอาจอาศัยดูค่า pressuse-volume curves หรือการเปลี่ยนแปลงของปริมาตร tidal volume ค่าก๊าซในเลือด หรือภาพเอกซ์เรย์ปอดเพื่อดู overinflation และควรติดตามผลที่ไม่พึงประสงค์จาก PEEP[5] เช่น barotrauma ความดันเลือดต่ำ หรือการแลกเปลี่ยนก๊าซแย่ลงในกรณี overinflation

6. ตั้งค่าความไวของ trigger ที่เหมาะสมโดยพยายามให้มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้ป่วยกับเครื่องช่วยหายใจมากที่สุดโดยที่ไม่ตั้งต่ำเกินไปจนกระทั่งเกิดเครื่องช่วยหายใจทำงานเอง (autocycling)

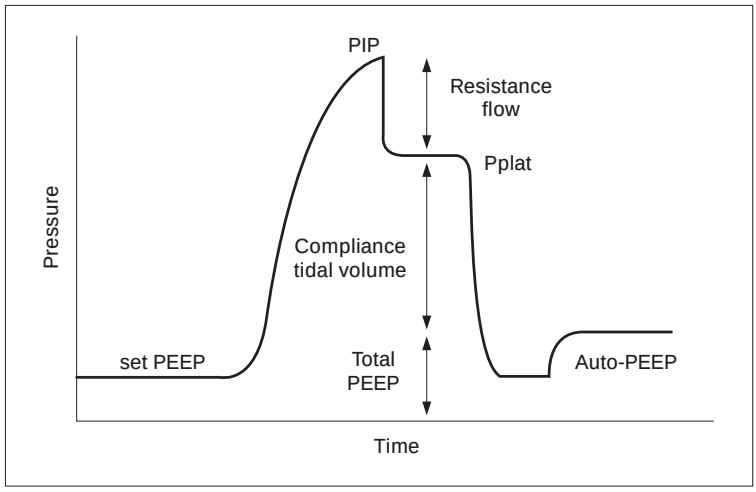
7. ควรระมัดระวังในการใช้อัตราส่วนของระยะเวลาหายใจออกที่เหมาะสม ในผู้ป่วยซึ่งมีความเสี่ยงต่อการเกิด air trapping เนื่องจากการเกิด autoPEEP[18] ที่ไม่ต้องการได้ (ภาพที่ 10)

8. ในกรณีซึ่งผู้ป่วยมีการแลกเปลี่ยนก๊าซที่ไม่ดีและต้องการเครื่องช่วยหายใจขนาดสูงควรคำนึงถึงการใช้ยานอนหลับขนาดสูงและหรือยาคลายกล้ามเนื้อร่วมด้วย

9. ควรปรึกษาหรือพิจารณาส่งต่อในกรณีที่เกินขีดความสามารถในการดูแลหรือปรับเปลี่ยนไปในสถานที่ซึ่งมีความชำนาญหรือมีศักยภาพในการดูแลผู้ป่วยหรือเพื่อการช่วยหายใจแบบ Non-conventional mechanical ventilation

สรุป

ปัจจุบันมีวิธีใหม่ๆในการช่วยหายใจซึ่งมิได้เขียนไว้ในที่นี้ แต่อย่างไรก็ตาม วิธีการตั้งช่วยหายใจ (mode of mechanical ventilation) เป็นส่วนหนึ่งเท่านั้นในการดูแลรักษาผู้ป่วย การดูแลเอาใจใส่ผู้ป่วย การเข้าใจถึงพยาธิสภาพของโรคที่ผู้ป่วยเป็นผลกระทบจากท่อช่วยหายใจ และการใช้เครื่องช่วยหายใจกับอวัยวะอื่นข้างเคียง เช่นหัวใจ หลอดเลือด สมอง[5,6,7,12] ตลอดจนผลจากการใช้ยานอนหลับหรือยาคลายกล้ามเนื้อ ล้วน เป็นศาสตร์และศิลป์นอกเหนือไปจากการอ่านในตำรา ดังนั้นการดูแลผู้ป่วยอย่างใกล้ชิด การทดลองปรับแต่งและประสบการณ์ ความชำนาญที่เพิ่มขึ้นคงช่วยในการดูแลผู้ป่วยด้วยเครื่องช่วยหายใจได้อย่างราบรื่น และมีผลแทรกซ้อนจากเครื่องช่วยหายใจน้อยที่สุดต่อไป



The difference between PIP and Pplat is determined by airways resistance and end-inspiratory flow. Total PEEP is the sum of the set PEEP and auto-PEEP.

ภาพที่ 10 *แสดงถึง autoPEEP ที่เกิดขึ้น*

เอกสารอ้างอิง

1. Hess DR, Kaccmarek RM. Overview of mechanical ventilator system and classification. In: Hess DR, Kaccmarek RM, Tobin MJ, eds. Essentials of Mechanical Ventilation. New York: McGraw-Hill 1996;11-6.
2. Hess DR, Kaccmarek RM. Modes of mechanical ventilation. In: Hess DR, Kaccmarek RM, Tobin MJ, eds. Essentials of Mechanical Ventilation. New York: McGraw-Hill 1996;17-24.
3. Kacmarek RM. Patient-ventilator interactions. Curr Opin Crit Care 2000; 6(1):30-7.
4. กวีวรรณ ลิ้มประยูร. Bedside pulmonary waveform monitoring. ใน: ดวงมณี เลาหประสิทธิพร, ธราธิป โคละทัต, กวีวรรณ ลิ้มประยูร , บรรณาธิการ. Pediatric Critical Care. กทม. โรงพิมพ์ บริษัท พี เอ ลีฟวิ่ง จำกัด, มกราคม 2543, 53-68.
5. Physiologic effects of mechanical ventilation. In: Hess DR, Kaccmarek RM, Tobin MJ, eds. Essentials of Mechanical Ventilation. McGraw-Hill 1996,3-10.
6. Shekerdermain L, Bohn D. Cardiovascular effects of mechanical ventilation. Arch Dis Child 1999; 80: 475-80.
7. Pinsky MR. Recent advances in the clinical application of heart lung interactions. Curr Opin Crit Care 2002; 8: 26-31.
8. Putensen C, Mutz NJ, Putensen-Himmer G, Zinserling J. Spontaneous breathing during ventilatory support improves ventilation-perfusion distributions in patients with acute respiratory distress syndrome. Am J Respir Crit Care Med 1999; 159: 1241-8.
9. Branson RD. New mode of mechanical ventilation. Curr Opin Crit Care 1999; 5(1): 33-42.
10. Kacmarek RM. Innovations in mechanical ventilation. Curr Opin Crit Care 1999; 5(1): 43-51.
11. Fontes M. Progress in mechanical ventilation. Curr Opin Anaesth 2002; 15: 45-51.
12. Mechanical ventilation. In: FCCS- Fundamental Critical Care Support. 3rd ed, Society of Critical Care Medicine 2001; 5:1-16
13. Burns SM. Understanding, applying and evaluating pressure modes of ventilation. AACN Clinical Issues: Advanced Practice in Acute and Critical Care 1996; 7(4): 495-506.
14. Putensen C, Hering R, Wrigge H. Controlled versus assisted mechanical ventilation. Curr Opin Crit Care 2002; 8: 51-7.
15. Hirschi RB. Support of respiratory failure in pediatric surgical patient. Curr Opin Ped 2002; 14(4): 459-69.
16. Tokioka H, Nagano O, Ohta Y, Hirakawa M. Pressure support ventilation augments spontaneous breathing with improve thoracoabdominal synchrony in neonates with congenital heart disease. Anesth Analg 1997; l85: 789-93.
17. Hedenstierna G,Lattuada M. Gas exchange in ventilated patient. Curr Opin Crit Care 2002; 8: 39-44.
18. Hess DR, Medoff BD. Respiratory monitoring. Curr Opin Crit Care 1999; 5(1): 52-60.