

## 24

## Preventing Ventilator Related Problems

วรการ วิไลชนม์  
ไชยรัตน์ เพิ่มพิกุล

การใช้เครื่องช่วยหายใจ (Mechanical ventilation) เป็นเรื่องที่พบเป็นประจำในหอผู้ป่วยหนัก หลักการของการใช้เครื่องช่วยหายใจก็คือ การรักษาระดับประคอง ผู้ป่วยในหอผู้ป่วยหนักที่มีภาวะหายใจล้มเหลวให้สามารถมีการแลกเปลี่ยนก๊าซออกซิเจน ( $O_2$ ) และคาร์บอนไดออกไซด์ ( $CO_2$ ) ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการดำรงชีวิต เพื่อให้เวลาแก่การรักษาที่จำเพาะต่อโรคที่เป็นพื้นฐานของภาวะหายใจล้มเหลว

การรักษาด้วยเครื่องช่วยหายใจนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อ

1. Adequate ventilation
2. Unload respiratory muscles
3. Improve ventilation/perfusion mismatch
4. Supplemental  $O_2$

การใช้เครื่องช่วยหายใจนี้ถือว่า invasive ventilatory treatment ซึ่งอาจทำให้เกิดภาวะแทรกซ้อนรุนแรงได้ ภาวะแทรกซ้อนที่สำคัญจะต้องกล่าวต่อไปมีดังนี้

1. ภาวะ ventilator associated lung injury (VALI)
2. ภาวะแทรกซ้อนที่เกี่ยวข้องกับการใช้เครื่องช่วยหายใจ (mechanical complications)

### ภาวะ ventilator associated lung injury (VALI)

VALI เป็นภาวะแทรกซ้อนจากการใช้เครื่องช่วยหายใจ ไม่ได้เกี่ยวข้องกับการดำเนินของโรคพื้นฐาน ซึ่งเป็นสาเหตุของภาวะหายใจล้มเหลวนั้น การศึกษาและวารสารทางการแพทย์จำนวนมากยืนยันแน่นอนว่า VALI ทำให้เกิดอันตรายต่อเนื้อปอดเพิ่มขึ้นได้ ในที่นี้จะขอกล่าวเกี่ยวกับ VALI ในหัวข้อต่อไปนี้ คือ ประเภทของ VALI, ผลเสียของการเกิด VALI, Static lung compliance curve กับ VALI และการป้องกันการเกิด VALI

## ประเภทของ VALI

VALI แบ่งได้ตามลักษณะของกลไกการเกิดของมันเอง แบ่งออกเป็น 5 ประเภท<sup>1</sup>

1. Barotrauma
2. Volutrauma
3. Atelectotrauma
4. Biotrauma
5. Oxygen toxic effect

### **Barotrauma**

เป็นอันตรายที่เกิดจากการใช้ความดันสูงมากทำให้เกิดเนื้อเยื่อได้รับความเสียหายในสัตว์ทดลอง<sup>2</sup> พบว่าเมื่อใช้เครื่องช่วยหายใจในสัตว์โดยใช้ความดันสูงมากถึง 45 ซม.น้ำ ทำให้สัตว์มีภาวะ hypoxia และตายภายในเวลา 1 ชั่วโมง ต่างกับสัตว์ที่ใช้ความดันต่ำกว่าคือ 14 และ 30 ซม.น้ำ ดังนั้นจะเห็นว่าความดันที่สูงทำให้เกิดอันตรายต่อปอดได้ ในเวลาต่อมาผู้สงสัยว่าจริงๆ แล้วความดันอย่างเดียวปัจจัยหลักหรือไม่ในการทำให้เกิด VALI หรือไม่ การศึกษาในนักดนตรี<sup>3</sup> พบว่าในผู้เล่นเครื่องเป่าแม้มีความดันสูงถึง 150 ซม.น้ำ เป็นประจำก็ยังไม่พบอันตรายต่อเนื้อปอดเป็นที่มาของแนวคิดในปัจจุบันที่เชื่อว่าความดันที่สูงในกรณีที่ไม่มีความดันที่มากในปอดในเวลาเดียวกันจะไม่ทำให้เกิดอันตรายต่อปอดหรือการที่ความดันที่สูงที่จะทำให้เกิดอันตรายต่อปอดได้ก็ต่อเมื่อมีความดันที่มากเท่านั้น นั่นคือเน้นว่า หลักร volutrauma (ดังจะกล่าวต่อไป) มีความสำคัญกว่า barotrauma

### **Volutrauma**

เป็นอันตรายที่เกิดจากการใช้ปริมาตรที่มากเกิดไปโดยไม่จำเป็นต้องเกิดความดันสูงหรือไม่ หรือสามารถกล่าวได้ว่าเป็นคำที่เหมาะสมกว่า barotrauma ดังเหตุผลข้างต้น ขนาดของปริมาตรที่ทำให้เกิดอันตรายได้คือ ปริมาตรที่ทำให้เกิดการถ่างขยายของถุงลมปอด (alveolar distention) ซึ่งจะถูกลดการได้จากการวัดความดันของถุงลมปอดในขณะที่หายใจเข้าสุด (plateau pressure หรือ  $P_{pla}$ ) ซึ่งเป็นตัวกำหนดการเกิด VALI โดยเฉพาะเมื่อ  $P_{pla} \geq 35-40$  ซม.น้ำ

### **Atelectotrauma (Low volume injury)**

เกิดจากการมีเปิดและปิดของ alveoli ตลอดเวลา (recruitment-derecruitment) การเปิดและปิดนี้เองทำให้เกิดอันตรายต่อปอดโดยการเกิด shear stress ในบริเวณที่ปิดเปิดนั้นๆ

### **Biotrauma**

เป็นอันตรายต่อปอดที่เกิดจากการอักเสบ เนื่องจากมี chemical mediators ที่หลั่งออกจากปอดในส่วนที่ทำให้เกิดอันตรายจากการใช้เครื่องช่วยหายใจ chemical mediators ดังกล่าวได้แก่ thromboxane B2, platelet activating factor, interleukin -1, tumor necrosis factor เป็นต้น ซึ่งจะทำให้เม็ดเลือดขาวเข้ามาในปอดและก่อให้เกิดการอักเสบของปอด การทดลองในสัตว์โดยการยับยั้ง chemical mediators หรือ เม็ดเลือดขาวจะทำให้ภาวะ VALI ประเภทนี้เบาบางลง<sup>4,5</sup>

### **Oxygen toxic effect**

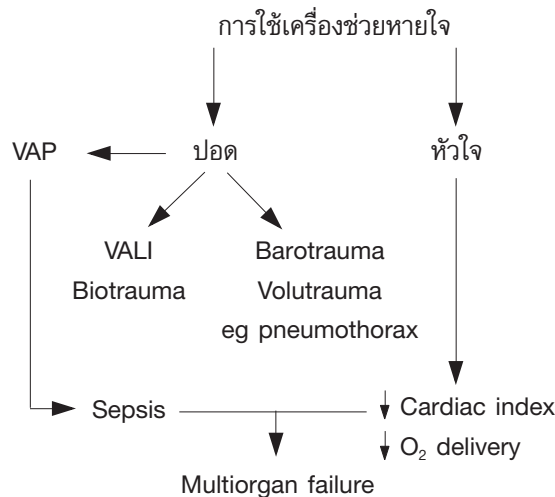
การใช้ออกซิเจนความเข้มข้นสูงมาก จะทำให้เกิด toxicity ต่อปอด ส่วนความเข้มข้นระดับที่ทำให้เกิด

toxicity ยังไม่เป็นที่แน่ชัด ในทางปฏิบัติผู้ใช้เครื่องช่วยหายใจจะพยายามให้ใช้ออกซิเจนความเข้มข้นที่น้อยกว่า 60% ซึ่งน่าจะลดภาวะนี้ลงได้

### ผลเสียของการเกิด VALI

การเกิด VALI จะทำให้ผู้ป่วยมีการเสื่อมหน้าที่ของปอดมากขึ้น และต้องใช้เครื่องช่วยหายใจนานขึ้น เมื่อใช้เครื่องช่วยหายใจนานขึ้น VALI ก็จะมีมากขึ้นอีกเป็นวัฏจักรที่เลวร้ายในผู้ป่วยที่ต้องใช้เครื่องช่วยหายใจ

นอกจากนี้การใช้เครื่องช่วยหายใจยังมีผลต่อ hemodynamic ทำให้เกิด ventilator associated pneumonia (VAP) และ ภาวะ sepsis ซึ่งจะนำไปสู่ภาวะ multiorgan failure ดังภาพที่ 1<sup>1</sup>



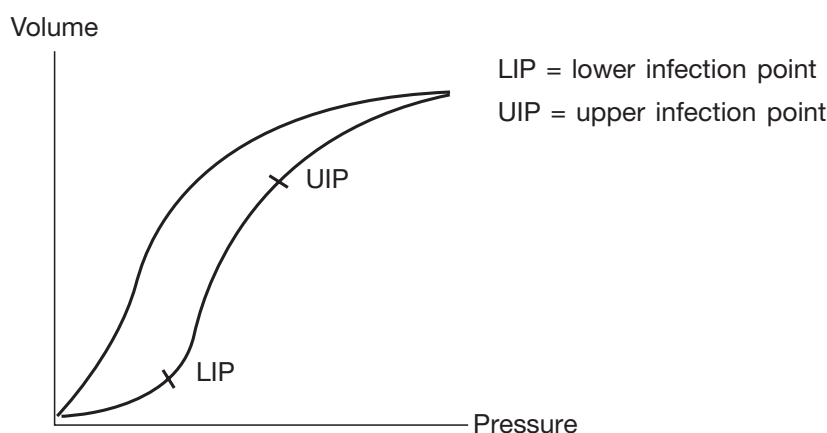
ภาพที่ 1 แสดงผลกระทบของการเกิด ventilator associated lung injury

### Static lung compliance curve

VALI สามารถแบ่งได้ 2 ประเภทตาม static lung compliance curve คือ

1. Atelectotrauma หรือ Lung injury at low lung volume
2. Alveolar overdistension หรือ lung injury at high lung volume

ถ้าดูจาก static compliance curve ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แสดง static compliance curve

จากภาพที่ 2 จะพบว่า compliance ของปอดจะเพิ่มขึ้นเมื่อ curve อยู่ต่ำกว่า LIP หรือ สูงกว่า UIP การที่ curve อยู่ต่ำกว่า LIP จะต้องใช้แรงดันสูงเพื่อเอาชนะ compliance และยังเกิด shearing force ขณะที่เปิดปิดถุงลมซึ่งจัดอยู่ในพวกของ atelectotrauma ส่วนการที่ curve ต้องสูงกว่า UIP ก็จะต้องใช้แรงดันสูงมาก ซึ่งจะทำให้เกิด alveolar overdistension ซึ่งอยู่ในพวกของ barotrauma หรือ volutrauma

### การป้องกันการเกิด VALI

หลักการก็คือการใช้เครื่องช่วยหายใจบังคับให้การช่วยหายใจอยู่ในระดับสูงกว่า LIP แต่ไม่สูงมากเกินไป UIP การที่ทำให้ระดับความดันสูงกว่า LIP เพื่อป้องกัน atelectotrauma ทำได้โดยการใช้ PEEP (positive end-expiratory pressure) ให้สูงกว่า LIP เล็กน้อย การป้องกันไม่ให้หายใจสูงกว่า UIP จะเป็นการป้องกันไม่ให้เกิดภาวะ alveolar overdistension ซึ่งจะป้องกัน volutrauma และ barotrauma ในทางปฏิบัติสามารถป้องกัน VALI เมื่อจำกัด inspiratory pressure ไม่ให้เกิน 35-40 ซม.น้ำ

การศึกษาของ ARDSnet<sup>6</sup> พบว่าการใช้ tidal volume ที่ต่ำ (6 ml/kg) ร่วมกับการใช้ PEEP ในผู้ป่วย acute lung injury (ALI) หรือ acute respiratory distress syndrome (ARDS) ทำให้เพิ่มอัตราการรอด เมื่อเทียบกับ tidal volume ที่สูงกว่า (12 ml/kg)

หลังจากการทดลองนี้แล้วได้มีคำถามว่า การใช้ PEEP ที่สูงขึ้นกว่า LIP มากไปอีกจะทำให้ outcome ดีขึ้นอีกหรือไม่ จึงได้มีการศึกษา assessment of low tidal volume and elevated end-expiratory volume to obviate lung injury (ALVEOLI study)<sup>7</sup> ซึ่งได้วางแผนที่จะทำในผู้ป่วย 750 คน ในแบบ multicenter trial ในผู้ป่วย ALI/ARDS แยกเป็น 2 กลุ่ม โดยกลุ่มหนึ่งใช้ high end-expiratory lung volume อีกกลุ่มใช้ low end-expiratory lung volume การศึกษานี้ต้องยุติไป ขณะที่ทำไปแล้วในผู้ป่วย 550 คน เนื่องจากไม่พบประโยชน์ของ high end-expiratory lung volume

สรุปการใช้ low tidal volume 6-8 ml/kg ร่วมกับ PEEP โดยรักษา  $P_{pla} \leq 35-40$  ซม.น้ำ จะช่วยป้องกัน VALI ในผู้ป่วย ALI และ ARDS

### ภาวะแทรกซ้อนที่เกี่ยวข้องกับการใช้เครื่องช่วยหายใจ (mechanical complication)

การใช้เครื่องช่วยหายใจมีภาวะแทรกซ้อนต่างๆ เป็นจำนวนมาก ในบทความนี้จะขอกกล่าวแต่เฉพาะปัญหาที่เกิดขึ้นได้บ่อยเกี่ยวกับการใช้เครื่องช่วยหายใจ.

ทุกครั้งเมื่อได้รับรายงานว่าผู้ป่วยมีปัญหาเกี่ยวกับเครื่องช่วยหายใจแพทย์ผู้รักษาควรตรวจข้างเตียง เพื่อให้การวินิจฉัยและการรักษาให้ถูกต้องและทันท่วงที สิ่งแรกที่ต้องทำเสมอคือ การตรวจวินิจฉัย Hemodynamic และ Oxygenation ถ้าผู้ป่วยถูกพบว่ามี Hemodynamic instability หรือ O<sub>2</sub> desaturation แพทย์ผู้รักษาต้องปลดคนไข่ออกจากเครื่องช่วยหายใจทันที และใช้ Ambu bag ร่วมกับ O<sub>2</sub> 100% และเมื่อคนไข้อาการดีขึ้น แพทย์ผู้รักษาจึงทำการสืบค้นหาสาเหตุของปัญหาต่อไป

ปัญหาเกี่ยวกับการใช้เครื่องช่วยหายใจที่จะกล่าวต่อไปนี้เป็นต้นมีดังต่อไปนี้

1. ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับความดันของเครื่องช่วยหายใจ ปัญหาที่มีได้ 2 อย่างคือ
  - 1) ภาวะที่มีความดันสูงในระบบหายใจ (High airway pressure)
  - 2) ภาวะที่มีความดันต่ำในระบบหายใจ (Low airway pressure)
2. ปัญหาที่ผู้ป่วยหายใจไม่เข้ากับเครื่อง (Ventilator asynchrony)
3. ปัญหา Auto-PEEP (Auto-Positive End Expiratory Pressure)
4. ภาวะที่มี O<sub>2</sub> ในเลือดต่ำลง (Worsening oxygenation)
5. ภาวะที่ผู้ป่วยดึงท่อช่วยหายใจออก (Self extubation)

### ภาวะที่มีความดันสูงในระบบหายใจ

สาเหตุของภาวะนี้คือ ภาวะที่มีการอุดตันของท่อช่วยหายใจ, โรคหอบหืด, ภาวะ Congestive heart failure, และภาวะ Acute respiratory distress syndrome (ARDS) เป็นต้น การวินิจฉัยอาศัยประวัติ การตรวจร่างกาย และการตรวจทางห้องปฏิบัติการ ดังจะได้อธิบายต่อไป

การหาสาเหตุของภาวะนี้จะง่ายขึ้นถ้าแพทย์ผู้รักษามีประวัติโดยละเอียดของคนไข้ เช่น ผู้ป่วย Acute myocardial infarction อาจมีภาวะ Acute congestive heart failure หรือผู้ป่วยที่เป็นโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง อาจมีภาวะ Pneumothorax แทรกซ้อน เป็นต้น การตรวจร่างกายอาจบ่งชี้ภาวะ Pneumothorax, Bronchospasm, Atelectasis, หรือ Congestive heart failure เป็นต้น

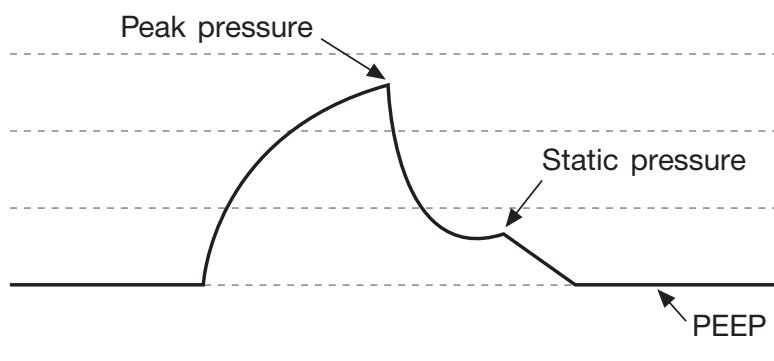
การตรวจสอบท่อช่วยหายใจ (Endotracheal tube) เป็นเรื่องสำคัญ การตรวจจุดตำแหน่งของท่อ จะช่วยวินิจฉัยภาวะที่ท่อช่วยหายใจเลื่อนลงไปในหลอดลมด้านขวา (Right main stem bronchus intubation) นอกจากนี้ท่อช่วยหายใจอาจมีการอุดตันได้จากการที่ ผู้ป่วยกัดท่อ (Tube biting), ภาวะที่มีการอุดตันจากเสมหะ (Secretion obstruction), และภาวะที่ท่อช่วยหายใจหักพับงอ (Tube kinking)

การตรวจทางห้องปฏิบัติการที่จะช่วยในการวินิจฉัยที่สำคัญคือเอ็กซเรย์ปอดซึ่งจะช่วยสนับสนุนการวินิจฉัยภาวะ Pneumothorax, Atelectasis, หรือ Right main stem bronchus intubation เป็นต้น อย่างไรก็ตามในกรณีที่สูงสภาวะที่มีความดันสูงในระบบหายใจเนื่องจาก Tension pneumothorax การรอการตรวจเอ็กซเรย์ปอดจะทำให้การรักษาที่เหมาะสมล่าช้าและอาจเป็นอันตรายถึงชีวิตต่อผู้ป่วยได้

ตารางที่ 1 ภาวะแทรกซ้อนที่เกี่ยวข้องกับการใช้เครื่องช่วยหายใจ<sup>๑</sup>

Complications associated with intubation and mechanical ventilation
Prolonged intubation
Cardiac arrest
Gastric distension
Self-extubation
Mechanical dysfunction of the endotracheal tube
Cuff leaks
Injury to the pharynx, larynx, and trachea
Ulceration
Oedema
Haemorrhage
Stenosis
Loss of voice
Respiratory muscle dysfunction
Respiratory muscle atrophy
Nosocomial infections
Sinusitis
Ventilator-associated pneumonia
Decrease in cardiac output
Barotrauma
Increase in work of breathing
Weaning difficulties
Complication associated with ventilation and monitoring
Pulmonary artery catheter

การหาสาเหตุภาวะที่มีความดันสูงในระบบหายใจอาจใช้ความดันในหลอดลม (Peak pressure และ Plateau pressure) เป็นตัวช่วยบอกความผิดปกติที่น่าจะอยู่ที่ใด



ภาพที่ 3 Pressure/time curve แสดง peak pressure และ plateau pressure

Peak pressure ซึ่งเป็นตัวแสดงถึง Resistive pressure ของหลอดลม ส่วน Plateau pressure เป็นแสดงถึง Elastic recoil pressure ของเนื้อปอดและผนังทรวงอก Peak pressure ได้จากการวัดจาก gauge ความดันโดยตรง ส่วน Plateau pressure สามารถด้วยการใช้ Inspiratory hold technic หรือการใช้ occluding expiratory port ในช่วงหายใจเข้าสุดเป็นเวลาประมาณ 2 วินาที ซึ่งจะทำความดันในระบบหายใจเข้าสู่ภาวะสมดุล นั่นคือไม่มี Air flow ซึ่งจะทำความดันที่วัดเท่ากับความดันในปอด และความดันนั้นก็คือ Plateau pressure

**ตารางที่ 2** ตัวอย่างแสดงการใช้ Peak and Plateau pressure ในการช่วยวินิจฉัยภาวะที่มีความดันสูงในระบบหายใจ

PEAK PRESSURE ( $P_{peak}$ ) AND PLATEAU PRESSURE ( $P_{plat}$ )	
$P_{peak}$ elevated but $P_{plat}$ low	Both $P_{peak}$ and $P_{plat}$ elevated
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Secretion and mucous plugs</li> <li>- Tube biting</li> <li>- Bronchospasm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Acute congestive heart failure</li> <li>- Pneumothorax</li> <li>- Right main stem bronchus intubation</li> <li>- Acute respiratory distress syndrome</li> </ul>

ตารางที่ 2 แสดงถึงประโยชน์ของ Peak pressure และ Plateau pressure ในการวินิจฉัยภาวะที่มีความดันสูงในระบบหายใจ ภาวะที่ Peak pressure สูงขึ้นโดยที่ Plateau pressure เปลี่ยนแปลงโดยเล็กน้อย สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของ Airway resistance (เช่น ภาวะ Bronchospasm, Mucous plugging หรือ Kinking of endotracheal tube เป็นต้น) ส่วนถ้า Plateau pressure สูงเช่นเดียวกับ Peak pressure ก็จะมีสัมพันธ์กับโรคที่เกี่ยวข้องกับเนื้อปอด (Lung parenchyma) หรือ ผนังทรวงอก (Chest wall) เช่น ภาวะ Pneumothorax, Congestive heart failure หรือ Acute respiratory distress syndrome เป็นต้น<sup>9</sup>

### ภาวะที่มีความดันต่ำในระบบหายใจ

การหาสาเหตุในภาวะนี้ต้องเข้าใจว่า ภาวะนี้เกิดได้ใน 2 กรณี

#### กรณีที่ 1 ลมรั่วออกจากระบบ Ventilator circuit (Air leak)

การที่มีลมรั่วออกจากระบบ Ventilator circuit จะทำความดันต่ำในระบบหายใจ แพทย์ผู้รักษาควรหาว่าลมรั่วออกที่ใด การตรวจร่างกาย การตรวจสอบท่อของ Ventilator circuit จะช่วยในการหาสาเหตุของลมรั่วนั้น

จุดที่ลมรั่วออกได้มีดังนี้

1. Endotracheal tube : ควรตรวจว่าท่อนี้มีการเลื่อนออกมาหรือไม่ โดยการตรวจ Marker ของระยะทางบนท่อ และการตรวจ Balloon ของ Cuff เพื่อวินิจฉัยภาวะ Cuff leak
2. ลมออกนอกตัวผู้ป่วย : ควรตรวจสายที่ต่อจากเครื่องช่วยหายใจ กับท่อช่วยหายใจว่ามี ลมรั่วออกหรือไม่ หรือมีสายหลุดตรงตำแหน่งใด
3. ลมออกในตัวผู้ป่วย : ประการนี้พบได้บ่อยน้อยกว่าอย่างอื่นภาวะนี้พบได้ในผู้ป่วยที่มี Tracheo-esophageal fistula หรือ Esophageal intubation เป็นต้น

การแก้ไขขึ้นอยู่กับสาเหตุของลมที่รั่วออกมา เช่น ถ้าปัญหาเกี่ยวกับท่อช่วยหายใจก็อาจต้องการการเคลื่อนตำแหน่งของท่อ หรือต้องทำการเปลี่ยนท่อในกรณีที่มี Cuff leak สำหรับสายที่ต่อจากเครื่องช่วยหายใจ ถ้าสายหลุด การต่อสายก็จะเป็นการแก้ไข แต่ถ้าสายรั่ว การแก้ไขก็คือการเปลี่ยนเอาสายใหม่มาแทน สำหรับการใส่ท่อช่วยหายใจเข้าในหลอดอาหารต้องการการใส่ท่อใหม่ทันทีเพื่อป้องกันภาวะที่มี hypoxia อยู่ยาวนาน ส่วนภาวะ tracheo-esophageal fistula จะต้องปรึกษาศัลยแพทย์เข้าช่วยแก้ไข

### **กรณีที่ 2 ที่ผู้ป่วยที่มี High respiratory effort**

ในกรณีนี้เกิดเนื่องจากผู้ป่วยมี Persistent respiratory effort มากจนทำให้เกิด Negative pressure ในระบบของเครื่องช่วยหายใจ และถ้า Negative pressure นี้มีมากก็จะดึงให้ Positive pressure จากเครื่องช่วยหายใจต่ำลงทำให้เห็นว่ามีควมดันต่ำในระบบหายใจทั้งๆ ที่ได้ Tidal volume และ Minute ventilation ที่เพียงพอ ในทางปฏิบัติผู้เขียนแนะนำวิธีการแก้ไข ได้ 2 วิธี

วิธีแรกคือ การเปลี่ยน Mode จาก Assist control ventilation เป็น Pressure support ventilation (PSV) การทำเช่นนี้สามารถทำได้เนื่องจากผู้ป่วยมี Spontaneous breathing การใช้ PSV อาจจะทำให้ผู้ป่วยหายใจเข้ากับเครื่องมากขึ้น เนื่องจาก PSV เป็น Flow cycle ในกรณีนี้แพทย์ผู้รักษาควรประเมินผู้ป่วยในด้านความพร้อมที่จะ Extubation ไปด้วยกันเลย โดยเฉพาะผู้ป่วยที่ใช้ Pressure Support น้อยกว่า 7 cm H<sub>2</sub>O

วิธีที่สองคือ Sedation ซึ่งจะใช้ในกรณีนี้ผู้ป่วยไม่สามารถหายใจเข้ากับ PSV ได้ และจะต้องใช้เครื่องช่วยหายใจเป็นระยะเวลาสั้น วิธีนี้แพทย์ผู้รักษาต้องระวังภาวะแทรกซ้อนจากการใช้ยา Sedation นี้

### **ปัญหาที่ผู้ป่วยหายใจไม่เข้ากับเครื่องช่วยหายใจ**

การที่ผู้ป่วยหายใจไม่เข้ากับเครื่องช่วยหายใจ (Ventilator asynchrony or fighting the ventilation) เป็นปรากฏการณ์ที่พบได้บ่อยใช้สำหรับผู้ป่วยจะแสดงอาการ Agitation หรือ Respiratory distress ขณะที่ใช้เครื่องช่วยหายใจ สาเหตุที่ทำให้เกิดการหายใจไม่เข้ากับเครื่องช่วยหายใจได้แสดงไว้ในตารางที่ 3

จากตารางที่ 3 สาเหตุของการหายใจไม่เข้ากับเครื่องช่วยหายใจที่เกี่ยวข้องกับคนไข้ (Patient-related causes) โดยทั่วไปจะสามารถตรวจพบจากประวัติการตรวจร่างกายและการใช้รังสีวินิจฉัย การแก้ไขขึ้นอยู่กับสาเหตุนั้นๆ ในกลุ่มนี้ผู้เขียนจะขอกล่าวแต่ภาวะ Auto-PEEP

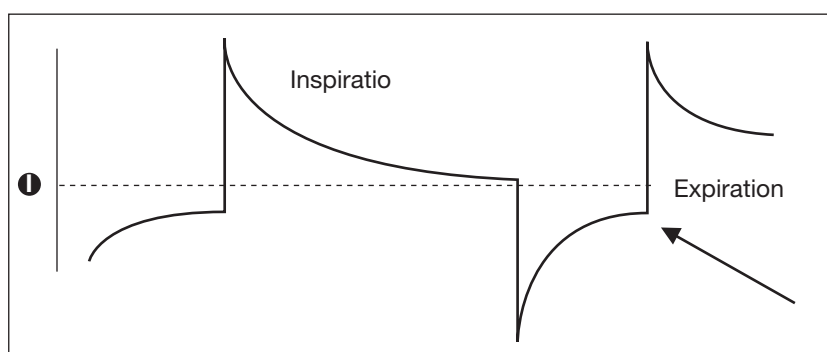
ปกติการหายใจออกของคนเป็น Passive movement ในผู้ป่วยที่ใช้เครื่องช่วยหายใจถ้าในช่วงหายใจออกมี Prolonged time constant จากการที่มีการเพิ่มของ Respiratory resistance เช่น โรคหอบหืด (Asthma) หรือการเพิ่มขึ้นของ Pulmonary compliance เช่น โรคถุงลมโป่งพอง (Emphysema) เป็นต้น จะทำให้มีก๊าซออกมาได้ช้าในช่วงหายใจออก (Delayed emptying ของก๊าซ) ทำให้เกิดก๊าซขังอยู่ในปอด (Air trapping) เนื่องจากหายใจออกได้ไม่หมด เมื่อก๊าซสะสมอยู่มากขึ้นเรื่อยๆ เกิดเป็นปรากฏการณ์ที่เรียกว่า Dynamic hyperinflation ส่วน Auto-PEEP เป็นความดันที่หลงเหลืออยู่ในปอดขณะหายใจออกจนสุดเนื่องจาก Air trapping<sup>11</sup>

Auto-PEEP และ Dynamic hyperinflation ทำให้เกิดผลเสียคือ ทำให้กล้ามเนื้อหายใจไม่สามารถทำงานออกแรงได้เต็มที่และมีการเพิ่มของ Work of breathing<sup>12</sup> นอกจากนี้ การที่มีความดันในทรวงอก (Intrathoracic pressure) ที่สูงยังทำให้เกิด Barotrauma และทำให้ Cardiac output ลดลงจากการลดของ Left ventricular preload และ Ventricular interdependence

**ตารางที่ 3** สาเหตุของ respiratory distress ในผู้ป่วยที่ใช้เครื่องช่วยหายใจ<sup>10</sup>

- |   |
|---|
| <p>1. Patient-related causes</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Artificial airway problems</li> <li>- Secretions</li> <li>- Pneumothorax</li> <li>- Bronchospasm</li> <li>- Pulmonary edema</li> <li>- Pulmonary embolism</li> <li>- Dynamic Hyperinflation</li> <li>- Abnormal respiratory drive</li> <li>- Alteration in body posture</li> <li>- Drug-induced problems</li> <li>- Agitation</li> </ul> <p>2. Ventilator-related causes</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- System leak</li> <li>- Circuit malfunction</li> <li>- Inadequate FiO<sub>2</sub></li> <li>- Inadequate ventilatory support</li> </ul> <p>3. Patient-ventilator asynchrony</p> |
|---|

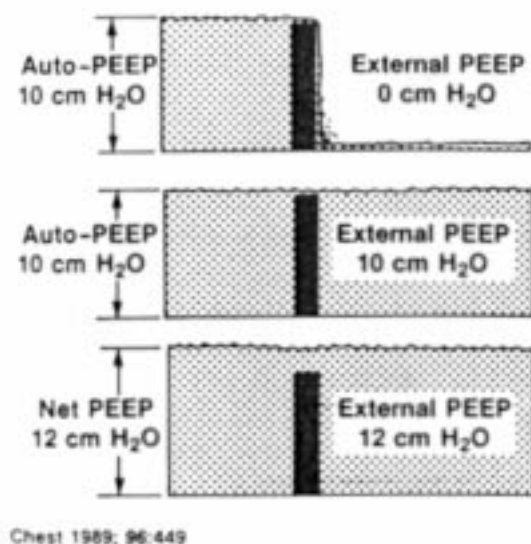
การวินิจฉัย Auto-PEEP จากการตรวจร่างกายในคนไข้ที่มี Airway disease เช่น โรคหอบหืด (Asthma) ทำได้โดยการฟังเสียงหายใจ Wheezing ในขณะที่หายใจออกถ้าเสียง Wheezing ยังไม่สิ้นสุดก่อนที่จะมีการหายใจเข้า ถือว่ามี Auto-PEEP



**ภาพที่ 4** แสดงภาวะ Auto-PEEP

ถ้าเครื่องช่วยหายใจ สามารถแสดงกราฟได้จะสามารถวินิจฉัยภาวะ Auto-PEEP ดังภาพที่ 2 ซึ่งพบว่า จาก Flow-time curve ที่จุดหายใจออกสุด (ดูเครื่องหมายลูกศร) ยังพบว่ามี Air flow อยู่แสดงถึงว่ามีภาวะ Auto-PEEP นอกจากนี้การตรวจหา Auto-PEEP ยังทำได้โดยการ Occlude expiratory port technic ในขณะที่หายใจออกสุด

การรักษา Auto-PEEP ทำได้โดยการลด Airway resistance ใน Obstructive airway disease เช่น การให้ยาขยายหลอดลม เป็นต้น, การลดอัตราการหายใจ, การลด Tidal volume, การเพิ่ม Inspiratory flow rate, และการเพิ่ม Expiratory time ส่วนการใช้ External PEEP มิได้ลดผลของ Total PEEP (Total PEEP = auto-PEEP + external PEEP) แต่เป็นการช่วยให้ลด Work of breathing ในการ Trigger เครื่องช่วยหายใจ (ถ้า External PEEP น้อยกว่า Auto-PEEP) ตาม Water falls theory<sup>13</sup> ดังแสดงในภาพที่ 3 ซึ่งจะเห็นว่า External PEEP จะไม่มีผลทำให้ Total PEEP สูงขึ้น ในกรณีที่ External PEEP น้อยกว่า Auto-PEEP แต่ถ้า External PEEP มากกว่า Auto-PEEP จะทำให้ Total PEEP สูงขึ้นและจะทำให้มีผลต่อระบบหายใจ และระบบหัวใจและหลอดเลือดเพิ่มมากขึ้น



ภาพที่ 5 แผนภาพ Waterfall แสดงน้ำตกและเขื่อนที่ใช้อธิบายถึงผลของ External PEEP ต่อ Auto-PEEP<sup>13</sup>

การที่ผู้ป่วยหายใจไม่เข้ากับเครื่องช่วยหายใจส่วนหนึ่งเกิดจากการตั้งเครื่องช่วยหายใจที่ไม่เหมาะสม (Ventilator-related causes) ซึ่งสามารถแก้ไขโดยการปรับเครื่องช่วยหายใจ แพทย์ผู้รักษาต้องทราบถึงหลักของการเกิด Asynchrony ก่อนจึงสามารถใช้เครื่องได้อย่างถูกต้อง

การที่ผู้ป่วยหายใจไม่เข้ากับเครื่องช่วยหายใจจากการปรับ Setting เครื่องช่วยหายใจที่ไม่เหมาะสมในส่วนต่างๆ ดังนี้

1. Trigger
2. Inspiratory flow
3. Cycle

Trigger คือ การที่ผู้ป่วยสามารถกระตุ้นเครื่องให้ช่วยหายใจให้ทำงาน โดยการหายใจเข้าเพื่อสร้าง Negative pressure (Pressure trigger) หรือการเปลี่ยนทิศทางของ Flow (Flow trigger) ในเครื่องช่วยหายใจส่วนใหญ่ เป็น Pressure trigger ซึ่งนิยมตั้ง sensitivity ที่ -1 หรือ -2 cmH<sub>2</sub>O ถ้าตั้ง Trigger ที่สูงกว่านี้ ผู้ป่วยจะหายใจไม่เข้ากับเครื่องช่วยหายใจ เนื่องจากผู้ป่วยจะต้องเพิ่ม Work of breathing เพื่อให้กระตุ้นให้เครื่องสามารถช่วยหายใจ

Trigger อีกประเภทหนึ่งคือ Flow trigger ซึ่งพบได้ใน Puritan-Bennett 7200ae เมื่อใช้ Flow by<sup>14</sup> Flow trigger นี้นิยม ใช้ Sensitivity ที่ระดับ Flow 2 liters/min. พวกนี้ใช้เวลาในการ Trigger จะสั้นกว่า Pressure Trigger (Sensitivity ที่ -1 cmH<sub>2</sub>O) และจะลด Work of Inspiration ซึ่งอาจจะทำให้การที่ผู้ป่วยหายใจไม่เข้ากับเครื่องช่วยหายใจดีขึ้นได้

การตั้ง Inspiratory flow เป็นเรื่องสำคัญมากเนื่องจาก Inspiratory flow ที่ต่ำเกินไปจะไม่เพียงพอกับความต้องการของผู้ป่วยและทำให้เกิดการที่ผู้ป่วยหายใจไม่เข้ากับเครื่องช่วยหายใจ ซึ่งเมื่อตรวจร่างกายจะพบว่าผู้ป่วยหายใจแบบ Air-hunger การแก้ไขทำได้ด้วยการเพิ่ม Inspiratory flow เพื่อให้พอกับความต้องการของผู้ป่วย Neil MacIntyre (Society of Critical Care Medicine Board Review Course 2001, Washington, D.C.) แนะนำว่าการใช้ Pressure controlled ventilation (PCV) จะช่วยเพิ่ม Inspiratory flow เนื่องจาก Flow ของ PCV ช่วงแรกๆ จะสูงมาก (เช่น 110 Liters/min) และจะค่อยๆ ลด เพราะว่าความแตกต่างของความดันของผู้ป่วยและเครื่องในช่วงแรกของการหายใจเข้าจะสูงก่อนและเมื่อการหายใจเข้าดำเนินไป ความแตกต่างนี้จะลดลง ดังนั้นการที่ผู้ป่วยหายใจไม่เข้ากับเครื่องช่วยหายใจอาจเป็นน้อยลงเมื่อใช้ PCV เมื่อเปรียบเทียบกับ Volume controlled ventilation (VCV)

Cycle หรือการเปลี่ยนแปลงจากการหายใจเข้าเป็นหายใจออก VCV จะใช้ปริมาตร (Volume) เป็นตัวเปลี่ยน Cycle ส่วน PCV จะใช้ Inspiratory time เป็นตัวเปลี่ยน Cycle ดังนั้นการตั้ง ปริมาตร ใน VCV และ Inspiratory time ใน PCV ที่เหมาะสมจะช่วยบรรเทาการที่ผู้ป่วยหายใจไม่เข้ากับเครื่องช่วยหายใจ ถ้าผู้ป่วยมี Inspiratory effort มาก อาจทำให้เกิดการที่ผู้ป่วยหายใจไม่เข้ากับเครื่องช่วยหายใจ ซึ่งในกรณีนี้การตั้ง Mode เครื่องช่วยหายใจเป็น Pressure support ventilation (PSV) ในผู้ป่วยที่มี Spontaneous breathing อาจช่วยลดการที่ผู้ป่วยหายใจไม่เข้ากับเครื่องช่วยหายใจได้ PSV นี้ ส่วนใหญ่เปลี่ยน Cycle เมื่อ Inspiratory flow ลดลง มาที่ 25% ของ Peak inspiratory flow นั่นคือเครื่องช่วยหายใจเปลี่ยน Cycle เมื่อ Inspiratory effort ของผู้ป่วยลดลงซึ่งอาจทำให้การที่ผู้ป่วยหายใจไม่เข้ากับเครื่องช่วยหายใจดีขึ้นได้ อย่างไรก็ตาม PSV อาจทำให้เกิด Neuro-mechanical asynchrony ซึ่งอาจเป็นสาเหตุของการหายใจไม่เข้ากับเครื่องได้<sup>10</sup>

ยังมีการช่วยหายใจประเภทอื่นอาจจะช่วยการที่ผู้ป่วยหายใจไม่เข้ากับเครื่องช่วยหายใจได้คือ Proportional assisted ventilation (PAV) PAV นี้จะให้แรงดัน Positive pressure ที่เหมาะสมกับแรงหายใจเข้าของผู้ป่วย อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพทางคลินิกของ PAV ยังมีจำกัด

### ภาวะที่มีออกซิเจนในเลือดต่ำลง

ขั้นแรกต้องปลดผู้ป่วยออกจากเครื่องช่วยหายใจก่อนแล้วช่วยหายใจด้วย Ambu bag โดยให้ออกซิเจนในขนาดสูงเพื่อป้องกันการเกิด Hypoxia อยู่นาน การหาสาเหตุของ Hypoxia เป็นเรื่องสำคัญเนื่องจากการแก้ไขก็ขึ้นอยู่กับสาเหตุต่างๆ หลังจากที่ผู้ป่วย Stable แล้ว แพทย์ควรตรวจสอบ Endotracheal tube รวมทั้ง Endotracheal tube cuff การตรวจร่างกายทางระบบหายใจอาจช่วยในการวินิจฉัยภาวะฉุกเฉินบางอย่าง เช่น ภาวะ

Pneumothorax เป็นต้น แพทย์ต้องประเมินค่าความดันของเครื่องช่วยหายใจตั้งที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น สาเหตุของ Impaired Oxygenation ในผู้ป่วยหนักได้แสดงไว้ใน ตารางที่ 4<sup>15</sup>

**ตารางที่ 4** แสดงสาเหตุของ Impaired Oxygenation ในหอผู้ป่วยหนัก

1. Ventilation - related problems
  - a. Endotracheal /tracheotomy tube malfunctions
  - b. Improper ventilator settings
  - c. Ventilator and breathing circuit malfunctions
2. Progression of underlying disease process
  - a. Acute respiratory distress syndrome
  - b. Cardiogenic pulmonary edema
  - c. Pneumonia
  - d. Airway obstructions - asthma and COPD
3. Onset of a new problems
  - a. Simple, tension, anterior loculated pneumothoraces
  - b. Lobar atelectasis
  - c. Gastric aspiration
  - d. Nosocomial pneumonia
  - e. Pulmonary emboli
  - f. Fluid overload
  - g. Microatelectasis
  - h. Bronchospasm
  - i. Retained secretions
  - j. Shock
4. Intervention and procedures
  - a. Endotracheal suctioning
  - b. Position changes
  - c. Chest physical therapy
  - d. Bronchoscopy
  - e. Thoracentesis
  - f. Peritoneal dialysis
  - g. Hemodialysis
5. Medications
  - a. Bronchodilators
  - b. Vasodilators
6. Miscellaneous

## ภาวะที่ผู้ป่วยดึงท่อช่วยหายใจออก

อุบัติการณ์ของภาวะที่ผู้ป่วยดึงท่อช่วยหายใจ (Self extubation) เท่ากับ 8.5-21% Coppolo et al.<sup>16</sup> รายงานว่ามีอุบัติการณ์เท่ากับ 11% ของ Extubation ทั้งหมด แต่ว่ามีเพียง 31% ของผู้ป่วย Self extubation ที่ต้องการใส่ท่อช่วยหายใจซ้ำ (Re-intubation) แสดงว่าผู้ป่วยเมื่อสามารถดึงท่อช่วยหายใจออกเองได้ ส่วนใหญ่ไม่ต้องกลับไปใส่ท่อช่วยหายใจอีก ดังนั้นเราควรสังเกตอาการก่อนที่จะตัดสินใจใส่ท่อช่วยหายใจในผู้ป่วยกลุ่มนี้

นอกจากนี้ในผู้ป่วย COPD (Chronic obstructive pulmonary disease) ที่มีภาวะหายใจล้มเหลว ผู้ซึ่งไม่สามารถถอดเครื่องช่วยหายใจได้ใน 48 ชั่วโมงหลังจากใส่ท่อช่วยหายใจ Noninvasive ventilation จะลดเวลาของผู้ป่วยที่ต้องอยู่ในหอผู้ป่วยหนัก, ลดอุบัติการณ์ของ Nosocomial pneumonia, และเพิ่มอัตราการรอด เมื่อเปรียบเทียบกับ Conventional group ซึ่งเป็น PSV<sup>17</sup> ดังนั้นถ้าผู้ป่วย COPD ที่สามารถใช้ Noninvasive ventilation (ผู้ป่วยต้องรู้สติและมีเสมหะไม่มาก) จะทำให้ผลการรักษาและพยากรณ์ของโรคดีขึ้น

### เอกสารอ้างอิง

1. Pinhu L, White head T, Evans T, et al. Ventilator-associated lung injury. Lancet 2003; 361:332-40.
2. Webb HH, Tiemey DF. Experimental pulmonary edema due to intermittent positive pressure ventilation with high inflation pressure. Protection by positive end-expiratory pressure. Am Rev Respir Dis 1974; 110:556-65.
3. Bouhuys A. Physiology and musical instruments. Nature 1969; 221:1199-204.
4. Imai Y, Kawano T, Iwamoto S, et al. Intratracheal anti-TNF-alpha antibody attenuates ventilator-induced lung injury in rabbits. J Appl Physiol 1999; 87:s10-5.
5. Kawano T, Mori S, Cybulsky M, et al. Effect of granulocyte depletion in a ventilated surfactant-depleted lung. J Appl Physiol 1987; 62:27-33.
6. The Acute Respiratory Distress Syndrome Network. Ventilation with lower tidal volume as compared with traditional tidal volume for ALI and ARDS. N Eng J Med 2000; 342:1301-8.
7. Brower RG, NHLBI ARDS Network: report on ongoing clinical trials: update on studied of ventilatory management in ARDS 99<sup>th</sup> American Thoracic Society international conterance May 16-21, 2003, Seattle, Washington, USA
8. Ambrosino N, Simonds AK. Mechanical ventilation. Eur Respir Mon 2000; 13:155-76.
9. Tobin MJ, Vandergraff WB. Monitoring of lung mechanics and work of breathing. In: Tobin MJ, ed. Principle and Practice of Mechanical Ventilation. New York, MCGraw-Hill, 1994: pp 1177-206.
10. Tobin MJ, Fahey PJ. Management of the patient who is "fighting the ventilator". In: Tobin MJ, ed. Principle and Practice of Mechanical Ventilation. New York, MCGraw-Hill, 1994: pp 1149-62.
11. Kimble WR, Leith DE, Robins AG. Dynamic Hyperinflation and ventilation dependence in COPD. Am Rev Respir Dis 1982; 126: 991-5.
12. Tobin MJ. Respiratory muscle in disease. Clin Chest Med 1998; 9:263-85.
13. Tobin MJ, Lodato RF. PEEP auto-PEEP and waterfalls. Chest 1985; 96:449-51.
14. Cox D, Tinloi SF, Farrimond JG. Investigation of the spontaneous modes of breathing of different ventilators. Intensive Care Med 1988; 14:532-7.
15. Glauser L, Polatty RC, Sessler CN. Worsening oxygenation in the mechanically ventilated patient: Causes, mechanisms, and early detection. Am Rev Respir Dis 1998; 138:458-65.
16. Coppolo DP, May JJ. Self-extubations: A 12-month experience. Chest 1990;98:165-9.
17. Nava S, Ambrosino N, Clini E, Prato M, Orlando G, Vitacca M, Brigada P, Fracchia C, Rubini F. Noninvasive mechanical ventilation in the weaning of patients with respiratory failure due to chronic obstructive pulmonary disease. A randomized, controlled trial. Ann Intern Med 1998; 128:721-8.