

## Workshop ที่ 1

### เรื่อง Lung Recruitment via P/C mode of ventilation

#### กรณีศึกษา

ผู้ป่วยเด็กชาย อายุ 8 ปี known case ของ acute lymphoblastic leukemia รับไว้ในโรงพยาบาล ด้วยปัญหา febrile neutropenia ต่อมาย้ายเข้าไอซียูมารด้วยปัญหา septic shock ผู้ป่วยมีอาการท้องอืดมาก นึกถึงภาวะ typhlitis ได้รับการรักษาด้วย Meropenem IV และ GCSF แพทย์ได้ตั้งเครื่องช่วยหายใจเป็น Pressure control (P/C) mode: PIP 24 cm H<sub>2</sub>O, PEEP 8 cm H<sub>2</sub>O, RR 30/min, FiO<sub>2</sub> 0.5

5 วันหลัง admit ในไอซียูมาร ผู้ป่วยมีไข้สูง หอบเหนื่อยมากขึ้น และมีปัญหา desaturation ผลตรวจร่างกาย:

V/S: T 39.4°C, RR 50/min, P 140/min, BP 110/70 mm Hg, Wt. 32 kg

O<sub>2</sub> saturation 78%

Chest and lungs: intercostal and subcostal retractions, coarse crepitation both lungs

Ventilator setting: P/C mode, PIP 24 cm H<sub>2</sub>O, PEEP 8 cm H<sub>2</sub>O, RR 30/min, FiO<sub>2</sub> 1.0

ABG : pH 7.42, PCO<sub>2</sub> 42 mm Hg., PO<sub>2</sub> 85 mm Hg., HCO<sub>3</sub> 28 mEq/L, BE 15,

O<sub>2</sub> sat 85%

CXR: diffuse bilateral opacification, almost whiteout lungs

**คำถาม** หากท่านเป็นแพทย์เวรประจำไอซียูในขณะนั้น ท่านจะมีแนวทางการปรับตั้งเครื่องช่วยหายใจ สำหรับผู้ป่วยรายนี้อย่างไร

## Lung Recruitment & Peep Titration

กลุ่มอาการ acute respiratory distress syndrome (ARDS) เป็นกลุ่มอาการที่เกิดจากการอักเสบอย่างรุนแรงของปอดส่งผลให้ alveolar capillary membrane ซึ่งประกอบด้วย alveolar epithelial cells และ endothelial cells ได้รับอันตรายและเกิดการรั่วซึมของสารน้ำและโปรตีนออกจากหลอดเลือดเข้าไปสะสมในบริเวณ interstitium และ alveolar air spaces จนกระทั่งเกิดภาวะ pulmonary edema ส่งผลให้ถุงลมปอดจำนวนมากยุบแฟบและเกิดภาวะพร่องออกซิเจนในเลือดอย่างรุนแรง

แนวทางการแก้ไขภาวะพร่องออกซิเจนในเลือดดังกล่าวสามารถแก้ไขได้โดยการใช้เครื่องช่วยหายใจแรงดันบวก เพื่อไปเปิดถุงลมปอดที่ยุบแฟบอยู่ ซึ่งข้อมูลจากการศึกษาในสัตว์ทดลองพบว่าช่วงแรกจำเป็นต้องใช้แรงดันค่อนข้างสูงถึง 45-60 มม.ปรอท หรือที่เรียกว่า Critical opening pressure ในขณะเดียวกันหลังจากไปเปิดถุงลมปอดแล้วจำเป็นต้องใช้แรงดันบวกในช่วงหายใจออก หรือ Positive end expiratory pressure (PEEP) ที่สูงเพียงพอ หรือที่เรียกว่า Critical closing pressure เพื่อพองให้ถุงลมดังกล่าวเปิดอยู่ในช่วงสุดท้ายใจออกหรือตลอดทั้ง respiratory cycle

จากการศึกษาของประธาน เหมือนพงษ์ และคณะ ที่โรงพยาบาลพระมงกุฎเกล้า พบว่าการเปิดปอดในผู้ป่วยเด็กที่ประสพภาวะ ARDS โดยปรับเพิ่มค่าของ peak inspiratory pressure ให้สูงขึ้นตามลำดับ จนกระทั่งเท่ากับ 50 มม.ปรอท (critical opening pressure) ร่วมกับการปรับตั้งค่า PEEP ให้สูงกว่าค่า critical closing pressure สามารถช่วยแก้ไขภาวะพร่องออกซิเจนในเลือดที่รุนแรงได้ดี โดยผู้ป่วยทุกรายสามารถปรับลดความต้องการออกซิเจน ( $\text{FiO}_2$ ) ให้ต่ำกว่า 0.6 ได้ภายใน 24 ชั่วโมง

สำหรับขั้นตอนการทำ lung recruitment & PEEP titration (decremental) ที่โรงพยาบาลพระมงกุฎเกล้า มี 4 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

### PHASE I: RECRUITMENT PHASE

- ตั้งค่า PEEP เริ่มแรกที่ 5 ซม.น้ำ และตั้งค่า PAP ที่ 20 ซม. น้ำ เหนือ PEEP
- ปรับเพิ่ม PEEP ขึ้น ครั้งละ 5 ซม.น้ำ โดยไม่เปลี่ยนแปลงค่า PAP แต่ละขั้นทิ้งไว้ประมาณ 2 นาที จนกระทั่งได้ค่า PEEP ที่ 20 ซม.น้ำ แต่ละครั้งวัดค่า compliance (volume divided by  $\Delta P$ ) และ  $\text{SpO}_2$
- ปรับเพิ่ม PAP เป็น 25 และ 30 ซม.น้ำ เหนือ PEEP ทิ้งไว้ประมาณ 2 นาที วัดค่า compliance and  $\text{SpO}_2$
- ปรับลด PAP ลงมาจนกระทั่งให้ค่า tidal volume ประมาณ 10 ซีซี/ กิโลกรัมของ predicted body weight โดยตั้งค่า PEEP ไว้ที่ 20 ซม.น้ำ

### PHASE II: FIND THE CLOSING PRESSURE

- ต่อเนื่องจาก Phase I ให้ค่อยๆ ปรับลดค่า PEEP ลง ครั้งละ 2 ซม.น้ำ เป็น 18, 16, 14, 12, 10, 8 ซม. น้ำ ตามลำดับ วัดค่า compliance and  $\text{SpO}_2$  ทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนแปลง
- ให้พิจารณาว่า ค่า PEEP ใดที่ให้ค่า compliance สูงสุด (Best compliance)

### PHASE III: REOPEN THE LUNG

- ปรับเพิ่ม PEEP ขึ้น ครึ่งละ 5 ซม.น้ำ เป็น 10, 15 และ 20 ซม. น้ำ ตามลำดับ
- ปรับเพิ่ม PAP เป็น 25 และ 30 ซม. น้ำ เหนือ PEEP ที่ไว้ประมาณ 2 นาที

### PHASE IV: KEEP THE LUNG OPEN

- ปรับลด PEEP ลงมาที่ค่า PEEP ซึ่งสูงกว่าค่าที่ให้ Best compliance ประมาณ 2 ซม. น้ำ เพื่อป้องกันปรากฏการณ์ alveolar derecruitment (เช่นหาก PEEP ที่ให้ maximal compliance เท่ากับ 12 ซม. น้ำ ให้ตั้ง PEEP ไว้ที่ 14 ซม.น้ำ)

## ข้อควรระวังและภาวะแทรกซ้อนที่สำคัญในการเปิดปอดด้วย P/C mode of ventilation

ในการปรับเพิ่มค่า PIP เพื่อเปิดปอดโดยใช้ค่าแรงดันบวกในระดับสูง หรือที่เรียกว่า Critical opening pressure จำเป็นต้องมีการเฝ้าติดตามการทำหน้าที่ของระบบไหลเวียนโลหิตอย่างใกล้ชิด โดยเฉพาะอัตราการเต้นของหัวใจหรือชีพจร ความดันโลหิต และ central venous pressure (ถ้ามี) โดยหากตรวจพบการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณชีพดังกล่าวให้ตรวจร่างกายเพิ่มเติมเพื่อมองหาว่ามีภาวะแทรกซ้อน โดยเฉพาะกลุ่มอาการลมรั่วของปอด (Pulmonary air leak syndrome, PALS) ซึ่งได้แก่ ภาวะลมรั่วในช่องอก ลมรั่วใต้ผิวหนัง ลมรั่วใน Mediastinum โดยหากตรวจพบให้หยุดการเพิ่ม PIP ทันทีและกลับไปใช้ค่า PIP เดิมที่ทำให้ทรงอกมีการยกตัวในระดับที่เหมาะสมและฟังได้ยินเสียงหายใจชัดเจน

## Initial Ventilator Setting in Pediatric ARDS

การตั้งเครื่องช่วยหายใจสำหรับผู้ป่วยเด็กที่ประสบภาวะ ARDS จำเป็นต้องยึดหลัก Patient safety first เสมอ โดยควรพิจารณาทำ lung recruitment และ PEEP titration ก่อนทุกครั้ง (หากสามารถทำได้)

แนวทางการตั้งเครื่องช่วยหายใจหลังการทำ lung recruitment และ PEEP titration มีดังนี้

### 1. FiO<sub>2</sub>

เนื่องจากปัญหาสำคัญของผู้ป่วยภาวะ ARDS คือ refractory hypoxemia ดังนั้นจึงมักจะตั้งค่าความเข้มข้นของออกซิเจนไว้ที่ 100% (FiO<sub>2</sub> = 1.0) ก่อนเสมอ ทั้งในระหว่างการเคลื่อนย้ายหรือในช่วงรับใหม่ในไอซียู อย่างไรก็ตามข้อควรระวัง คือ ปัญหา oxygen toxicity ที่ทำให้เกิด oxygen free radicals และเกิดอันตรายต่อ respiratory epithelium ของทั้งหลอดลมและถุงลมปอด ซึ่งแนวทางปฏิบัติ คือ การพยายามปรับลด FiO<sub>2</sub> ลงโดยยึดค่าเป้าหมายของ oxygen saturation ที่  $\geq 88\%$  หรือ PaO<sub>2</sub>  $\geq 55$  มม.ปรอท

### 2. Peak airway pressure หรือ tidal volume

ค่า tidal volume ที่แนะนำกรณีที่ใช้ volume controlled mode ในเด็ก คือ 5-8 ซีซีต่อน้ำหนักตัวเป็นกิโลกรัมของ predicted body weight (ไม่ใช่ actual weight) อย่างไรก็ตามหลังต่อท่อช่วยหายใจของผู้ป่วยกับเครื่องช่วยหายใจแล้วจำเป็นต้องเฝ้าติดตามค่า peak airway pressure ที่ proximal airway เสมอ (แม้จะเลือกใช้ volume controlled mode ก็ตาม) ในกรณีที่ค่า plateau airway pressure สูงกว่า 30 ซม.น้ำ

แพทย์ผู้ดูแลควรประเมินผู้ป่วยซ้ำเพื่อพิจารณาว่าสามารถลดค่า tidal volume ลงได้อีก หรือไม่ ทั้งนี้เพื่อเป็นการป้องกันไม่ให้เกิดภาวะลมรั่วในช่องอกได้จากภาวะ ventilator associated lung injury โดยอาจจำเป็นต้องยอมรับค่า PaCO<sub>2</sub> ที่สูงขึ้นกว่าปกติ ทั้งนี้โดยการติดตามและประเมินค่า blood pH ควบคู่ไปกับค่า PaCO<sub>2</sub> แทน โดยนำ Permissive hypercapnea concept มาใช้ ทั้งนี้การยอมรับค่า PaCO<sub>2</sub> ที่สูงขึ้นนี้ควรเป็นไปแบบค่อยเป็นค่อยไป

หากเลือกใช้ pressure-controlled mode ให้พิจารณาตั้งค่า peak airway pressure (PAP) หรือ pressure above PEEP เพื่อให้ได้ tidal volume ตามที่กำหนด คือ 5-8 ซีซีต่อน้ำหนักตัวเป็นกิโลกรัมของ predicted body weight (ไม่ใช่ actual weight)

ข้อแนะนำ คือ สำหรับผู้ป่วยบางรายที่มีอาการหายใจหอบมากการประเมิน chest rising อาจทำได้ยาก ทำให้จำเป็นต้องพิจารณาใช้ neuromuscular blocking agent ก่อนที่จะตั้งค่า PAP ที่เหมาะสมได้

### 3. Ventilatory rate

ควรให้ตั้งอัตราการช่วยหายใจให้สูงกว่าค่าปกติของอัตราการหายใจในเด็กอายุนั้นๆ แต่ควรระวังเรื่องของ auto-PEEP ที่อาจเกิดขึ้นในกรณีที่ตั้ง rate สูงเกินไปส่งผลให้ cycle time และ expiratory time สั้นเกินไปจนเกิด dynamic hyperinflation ขึ้น

### 4. Inspiratory time หรือ I:E ratio

ค่า inspiratory time ในผู้ป่วยเด็กจะแตกต่างกันในแต่ละช่วงอายุ โดยเบื้องต้นแนะนำให้ตั้งตามที่กำหนดไว้ในตารางที่ 1 อย่างไรก็ตามผู้ป่วยบางรายที่ประสบปัญหา severe hypoxemia จากกลไก intrapulmonary shunt และแม้ว่าจะได้พยายามตั้งค่า PAP หรือ tidal volume และ rate ที่เหมาะสมแล้วนั้น อาจจำเป็นต้องต้องแก้ไขให้ปัญหา hypoxemia ให้ดีขึ้นโดยการเพิ่ม mean airway pressure (MAP) ซึ่งในทางปฏิบัติการเพิ่ม MAP ในกรณีดังกล่าวสามารถเลือกทำได้สองวิธี ได้แก่ 1) การพิจารณาเพิ่ม PEEP หรือ 2) การ extend ให้ inspiratory time (Ti) ยาวนานขึ้น เนื่องจากการเพิ่ม Ti นอกจากจะช่วยให้ ventilation ดีขึ้นแล้วยังมีผลช่วยพองและ recruit ให้ collapsed lung units เข้ามามีบทบาทในการแลกเปลี่ยนก๊าซได้ จึงเป็นหนทางที่ผู้เชี่ยวชาญส่วนใหญ่แนะนำในปัจจุบัน

ข้อสังเกตคือ ไม่ควรตั้ง Ti ให้ยาวนานมากจนกระทั่ง I:E มากกว่า 2:1 เนื่องจากอาจเกิดปัญหา auto-PEEP ตามมาได้ นอกจากนี้หากผู้ป่วยยังคงหายใจเองได้บ้างอาจทำให้เกิดปัญหา patient dysynchrony ขึ้นได้ เนื่องจากลักษณะการหายใจดังกล่าวไม่ physiologic ในกรณีดังกล่าวนี้การเลือกเพิ่ม PEEP ให้สูงขึ้นจึงอาจเหมาะสมกว่า

### 5. PEEP

แนะนำให้ตั้งสูงกว่าค่า critical closing pressure ประมาณ 2 ซม.น้ำ เพื่อให้มั่นใจว่าถุงลมปอดจะไม่ยุบแฟบลงในช่วงสูดหายใจออก สำหรับการหาค่า critical closing pressure ในผู้ป่วยแต่ละรายได้อธิบายไว้แล้วในเรื่อง PEEP titration

### วิธีการประเมินความเหมาะสมของการตั้งเครื่องช่วยหายใจในระยะเริ่มแรก

- ติดตามด้วยการตรวจร่างกายเพื่อประเมินการหายใจ โดยดู อัตราการหายใจ, ลักษณะการหายใจ (I:E), work of breathing, color of skin and mucous membrane
- ติดตามประเมินผลการเปลี่ยนแปลงของ  $SpO_2$ ,  $ETCO_2$  (ถ้ามี)
- ประเมินจากภาพรังสีทรวงอก
- วิเคราะห์ค่าความดันก๊าซในเลือดแดง (ABG)
- ประเมินจากอุปกรณ์แสดงกราฟของกลศาสตร์การหายใจที่ข้างเตียง (Bedside graphic analysis)

### วิธีการปรับเครื่องช่วยหายใจเพื่อแก้ไขปัญหา Hypoxemia และ Hypercarbia

#### แนวทางการปรับเครื่องช่วยหายใจเพื่อแก้ไขปัญหา hypoxemia

- $FiO_2$
- Add or increase PEEP
- Increase inspiratory time
- Increase tidal volume or minute ventilation

#### แนวทางการปรับเครื่องช่วยหายใจเพื่อแก้ไขปัญหา hypercapnea

- Increase tidal volume or PAP
- Increase rate
- Increase flow rate

### ข้อบ่งชี้ในการใช้ PEEP มีอะไรบ้าง

ได้แก่ ภาวะที่มีความผิดปกติของการแลกเปลี่ยนแก๊สออกซิเจน ที่เกิดจากการที่ถุงลมยุบแฟบลง ประกอบด้วย

- ARDS
- Pulmonary contusion
- Postoperative atelectasis
- Cardiogenic pulmonary edema
- Presence of pulmonary edema
- Presence of an acute artificial airway
- Presence of auto-PEEP