

เครื่องช่วยหายใจแบบประกันปริมาตรในทารกแรกเกิด

อนุชา ธาตรีมนตรีชัย

วาริชา เจนจินดามัย

Volume guarantee ventilator of newborn

Anucha Thatrimontrichai, Waricha Janjindamai

Division of Neonatology, Department of Pediatrics,

Prince of Songkla University, Hat Yai, Songkhla, 90110, Thailand

E-mail: tanucha@medicine.psu.ac.th

Songkla Med J 2010;28(4):213-223

บทคัดย่อ:

พยาธิกำเนิดของโรคปอดเรื้อรังในทารกเกิดก่อนกำหนดเกิดจากหลากหลายปัจจัย สาเหตุหนึ่งเกิดจากการบาดเจ็บของปอดจากการใช้เครื่องช่วยหายใจ (ventilator-induced lung injury: VILI) ผลการศึกษาพบว่า การบาดเจ็บจากปริมาตรที่สูงเกินไปมีความสัมพันธ์กับภาวะ VILI มากกว่าความดันเมื่อสิ้นสุดการหายใจเข้า การช่วยหายใจแบบประกันปริมาตร (volume guarantee mode) มีการศึกษาอย่างกว้างขวางในการนำทารกออกจากเครื่องช่วยหายใจเองได้ โดยการปรับลดความดันที่เกิดขึ้นเมื่อพยาธิสภาพภายในปอดและทารกมีแรงในการหายใจดีขึ้น อีกทั้งปริมาตรที่ทารกได้รับมีค่าคงที่ จำนวนครั้งที่ทารกได้รับปริมาตรมากเกินไปมีจำนวนที่น้อยกว่าความดันสูงสุดของเครื่องช่วยหายใจต่ำกว่า ค่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในเลือดและค่าสารคัดหลั่งจากการอักเสบลดต่ำลง ประโยชน์ในระยะสั้นพบว่า จะช่วยลดระยะเวลาในการใช้เครื่องช่วยหายใจลง

คำสำคัญ: เครื่องช่วยหายใจ, ทารกแรกเกิด, ประกันปริมาตร

Abstract:

The pathogenesis of bronchopulmonary dysplasia (BPD) is multifactorial. One cause is ventilator-induced lung injury (VILI). Experimental studies show that the magnitude of volutrauma is more closely associated with ventilator-induced lung injury rather than end-inspiratory pressure. The volume guarantee (VG) mode, studied most thoroughly, provides automatic weaning of peak

หน่วยทารกแรกเกิด ภาควิชากุมารเวชศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90110

รับต้นฉบับวันที่ 10 พฤศจิกายน 2552 รับลงตีพิมพ์วันที่ 29 มีนาคม 2553

pressure in response to improving lung compliance and respiratory effort. A more consistent tidal volume, fewer excessively large breaths, lower peak pressure, less hypocarbia and lower levels of inflammatory cytokines have been documented. These short-term benefits translate into a shorter duration of ventilation.

Key words: newborn, ventilator, volume guarantee

บทนำ

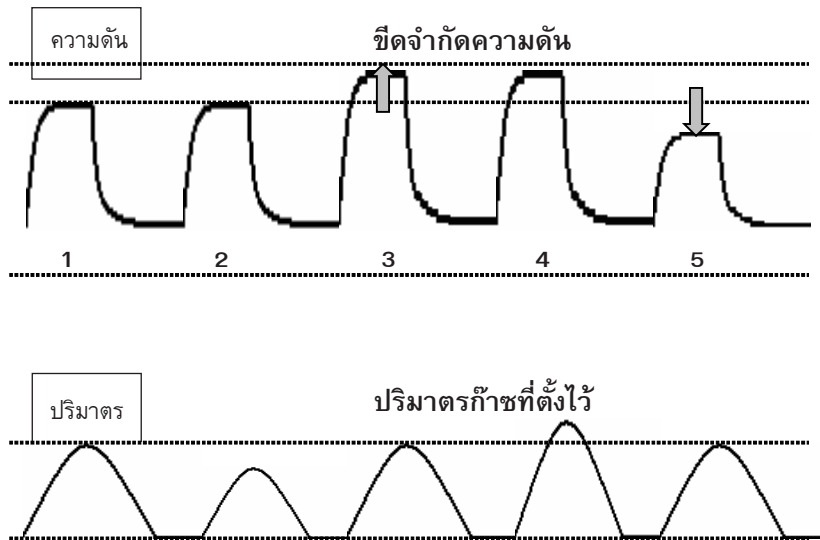
ปัจจุบันได้มีการพัฒนาการช่วยหายใจแบบ (mode) ใหม่ ๆ เพื่อลดแรงที่ใช้ในการหายใจของทารกที่มีระบบการหายใจล้มเหลว เครื่องช่วยหายใจแบบปริมาตรเริ่มมีบทบาทมากขึ้นเพื่อนำมาใช้ในการรักษาโดยเฉพาะทารกเกิดก่อนกำหนด เพื่อลดอันตรายจากปริมาตรก๊าซที่ทารกได้รับมากหรือน้อยเกินไป ส่งผลให้การบาดเจ็บจากการใช้เครื่องช่วยหายใจลดลง เครื่องช่วยหายใจแบบปริมาตร จึงมีการพัฒนาวิธีการควบคุมปริมาตรก๊าซที่ทารกได้รับ ทั้งการหายใจเข้าและหายใจออก เพื่อให้ได้ปริมาตรก๊าซที่ทารกได้รับ (tidal volume; V_T) ตามที่ตั้งไว้และคงที่มากที่สุด จากการพัฒนาตัวประมวลผลจุลภาค (micro-processor) ให้มีความแม่นยำมากขึ้น ประกอบกับการศึกษาที่มีหลักฐานเชิงประจักษ์ทางการแพทย์ที่เพิ่มมากขึ้น ดังนั้น เครื่องช่วยหายใจแบบประกันปริมาตรจึงใช้เป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการดูแลรักษาทารกแรกเกิด

หลักการทํางานของเครื่องช่วยหายใจแบบประกันปริมาตร

เครื่องช่วยหายใจแบบประกันปริมาตรในประเทศไทยที่มีชื่ออยู่ในขณะนี้คือ Dräger Babylog 8000-plus และ Dräger Babylog VN 500 (Dräger Medical, Lubeck, Germany) ใช้ร่วมกับการช่วยหายใจแบบมาตรฐาน เช่น assist/control (A/C), synchronized intermittent mandatory ventilation (SIMV) หรือ pressure support (PS) เป็นต้น เครื่องช่วยหายใจแบบประกันปริมาตร (volume guarantee; VG) อาศัยหลักการทํางาน “pressure limited, volume targeted, time หรือ flow cycled” แพทย์ผู้ให้การรักษาดังตั้งค่า

tidal volume (V_T) และขีดจำกัดของความดัน (pressure limit) ผ่านปุ่ม PIP (peak inspiratory pressure) โดยความดันที่ทารกได้รับ (working pressure) ในแต่ละครั้งคำนวณจากปริมาตรการหายใจออกก่อนหน้าผ่านตัวประมวลผลจุลภาค

สำหรับเครื่องช่วยหายใจแบบประกันปริมาตร จะใช้ปริมาตรของทั้งการหายใจเข้าและออกเป็นตัวกำหนดความดันที่ทารกได้รับ โดยเฉพาะช่วงหายใจออก ค่า V_T ที่วัดได้จะมีค่าใกล้เคียงกับค่า V_T ของทารกที่ได้รับ ถึงแม้ว่าจะมีการรั่วของก๊าซรอบท่อหลอดลมคอชนิดไม่มีถุงลมรอบปล้อม แต่ถ้ามีการรั่วของก๊าซรอบท่อหลอดลมคอมากกว่าร้อยละ 40 ไม่ควรใช้เครื่องช่วยหายใจแบบประกันปริมาตร เนื่องจากจะทำให้การวัด V_T ของทารกต่ำกว่าความเป็นจริงมากเกินไป ถ้าปริมาตรของการหายใจออกก่อนหน้านี้น้อยกว่าปริมาตรก๊าซที่ตั้งไว้ (targeted V_T) เครื่องช่วยหายใจจะปรับความดันเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ ไม่เกินครั้งละ 3 ซม.น้ำในการช่วยหายใจครั้งถัดไป แต่ถ้าปริมาตรของการหายใจเข้าเพิ่มมากกว่าร้อยละ 130 ตัวประมวลผลจุลภาคจะเปิดลิ้นหายใจออกของเครื่องช่วยหายใจเพื่อปล่อยก๊าซที่เกินดังกล่าว จึงทำให้เกิดการปรับลดความดันที่ทารกได้รับทุกๆ ขณะของการหายใจเรียกว่า การนำทารกออกจากเครื่องช่วยหายใจด้วยตัวเอง (self-weaning) ตามความหยุ่นปอด (compliance) ที่ดีขึ้น โดยไม่ต้องปรับเครื่องช่วยหายใจตามผลก๊าซในเลือดหรือจากการสังเกตการเคลื่อนไหวของผนังทรวงอกว่าทารกจะได้รับ V_T เพียงพอหรือไม่ จะเห็นว่าการปรับความดันจะค่อยๆ ปรับเพิ่มขึ้นเมื่อค่า V_T ต่ำ แต่จะมีการปรับลดลงอย่างรวดเร็วในกรณีที่ค่า V_T สูงเกินไปเพื่อลดการบาดเจ็บของปอดจากปริมาตรที่สูงเกินไป (รูปที่ 1)



รูปที่ 1 หลักการทำงานของเครื่องช่วยหายใจแบบประกันปริมาตร จะปรับความดันที่ทารกได้รับโดยอาศัยปริมาตรของการหายใจออกก่อนหน้า เพื่อให้ได้ V_T ตามที่ตั้งไว้ ดังรูปที่แสดง จะพบว่า V_T ของการหายใจครั้งที่ 1 ได้ปริมาตรตามที่ตั้งไว้จึงไม่มีการปรับความดันเกิดขึ้น แต่การหายใจครั้งที่ 2 พบว่า V_T ได้น้อยกว่าที่ตั้งไว้จึงมีการปรับความดันที่ทารกได้รับให้สูงขึ้นในการหายใจครั้งที่ 3 เมื่อการหายใจครั้งที่ 3 ได้ V_T ปริมาตรตามที่ตั้งไว้จึงไม่มีการปรับความดันที่ทารกได้รับในการหายใจครั้งที่ 4 แต่การหายใจครั้งที่ 4 พบว่าได้ V_T มากกว่าที่ตั้งไว้จะมีการปรับลดความดันที่ทารกได้รับของการหายใจครั้งที่ 5 ลง

ผลการศึกษาทางคลินิกของเครื่องช่วยหายใจแบบประกันปริมาตร (ตารางที่ 1)

ผลของเครื่องช่วยหายใจแบบประกันปริมาตรเปรียบเทียบกับแบบธรรมดา (conventional mechanical ventilator)

เมื่อพัฒนาเครื่องช่วยหายใจแบบประกันปริมาตรขึ้นได้เริ่มศึกษาเปรียบเทียบกับแบบธรรมดา เพื่อประเมินประสิทธิภาพในการเพิ่มเครื่องช่วยหายใจแบบประกันปริมาตรในทารกอายุครรภ์น้อยกว่า 34 สัปดาห์ พบว่าทารกที่ใช้เครื่องช่วยหายใจแบบ A/C ร่วมกับ VG (A/C+VG) SIMV ร่วมกับ VG (SIMV+VG) และ PS ร่วมกับ VG (PS+VG) จะมีค่า mean airway pressure (MAP) และความดันที่ทารกได้รับต่ำกว่าทารกที่ใช้เครื่องช่วยหายใจแบบ A/C SIMV และ PS ตามลำดับเพียงอย่างเดียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ²⁻⁴ แต่เมื่อศึกษาในทารกที่ใช้

เครื่องช่วยหายใจแบบ PS+VG เปรียบเทียบกับ SIMV ในทารกแรกเกิดน้ำหนักน้อยมาก (very low birth weight; VLBW คือ น้ำหนักทารกแรกเกิดน้อยกว่า 1,500 กรัม) พบว่าทารกที่ได้รับการช่วยหายใจแบบ SIMV มีค่า MAP และความดันที่ทารกได้รับลดลงเร็วกว่าทารกที่ได้รับการช่วยหายใจแบบ PS+VG แต่การศึกษานี้เป็นแบบนำร่องจึงไม่มีอำนาจ (power) เพียงพอที่จะสรุปความแตกต่างระหว่างระยะเวลาในการถอดท่อหลอดลมคอในทารกที่ใช้เครื่องช่วยหายใจทั้งสองแบบ⁵ เมื่อศึกษาในทารกแรกเกิดที่มีน้ำหนักระหว่าง 1,500-3,700 กรัม พบว่าทารกที่ใช้เครื่องช่วยหายใจแบบ PS+VG จะมีค่าปริมาตรก๊าซทั้งหมดที่ทารกหายใจในหนึ่งนาที (minute ventilation; MV) และ MAP สูงกว่าทารกที่ใช้เครื่องช่วยหายใจแบบ SIMV อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยทารกที่ใช้เครื่องช่วยหายใจแบบ

SIMV ได้คำนวณค่า MV จาก V_T เฉพาะครั้งที่ช่วยจากเครื่องช่วยหายใจ (mechanical breath) ไม่รวม V_T ที่ทารกหายใจด้วยตนเองขณะที่ใช้เครื่องช่วยหายใจ (spontaneous breath)⁶ และเมื่อศึกษาทารกอายุครรภ์น้อยกว่า 34 สัปดาห์ภายใน 6 ชั่วโมงหลังเกิด พบว่าทารกที่ใช้เครื่องช่วยหายใจแบบ A/C+VG จะมีจำนวนครั้งของปริมาตรที่ได้รับจากการช่วยหายใจน้อยกว่า 4 มล./กก. หรือมากกว่า 6 มล./กก. น้อยกว่าทารกที่ใช้เครื่องช่วยหายใจแบบ A/C อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ⁷ ผลจากการศึกษาดังกล่าวจึงควรเพิ่มการใช้เครื่องช่วยหายใจแบบ VG ร่วมกับเครื่องช่วยหายใจชนิดธรรมดา คือ A/C หรือ SIMV ในทารกแรกเกิดอายุครรภ์น้อยกว่า 34 สัปดาห์ และไม่แนะนำการใช้เครื่องช่วยหายใจแบบ PS+VG เป็นแบบเริ่มต้นในการใช้เครื่องช่วยหายใจในทารกกลุ่มดังกล่าว

ผลของเครื่องช่วยหายใจแบบต่าง ๆ เมื่อใช้ร่วมกับแบบประกันปริมาตร

เมื่อศึกษาเปรียบเทียบเครื่องช่วยหายใจแบบ A/C+VG กับ SIMV+VG ในทารกแรกเกิดน้ำหนักน้อยมากๆ (extremely low birth weight infant; ELBW คือ น้ำหนักแรกเกิดน้อยกว่า 1,000 กรัม) พบว่าทารกที่ได้รับการช่วยหายใจแบบ A/C+VG จะมีค่า MAP และความดันที่ทารกได้รับต่ำกว่าการช่วยหายใจแบบ SIMV+VG อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ⁸ และเมื่อต้องการนำทารกออกจากเครื่องช่วยหายใจ พบว่าทารกที่ใช้เครื่องช่วยหายใจแบบ A/C+VG เป็นแบบที่มี V_T คงที่มากที่สุดและความดันที่ทารกได้รับน้อยที่สุดเมื่อทำการเปรียบเทียบการใช้เครื่องช่วยหายใจแบบ A/C+VG SIMV+VG และ PS+VG⁹ ดังนั้น ในทารก ELBW การใช้เครื่องช่วยหายใจแบบ A/C+VG จะให้ค่า V_T คงที่มากที่สุดและความดันที่ทารกได้รับน้อยที่สุด

ผลของเครื่องช่วยหายใจแบบประกันปริมาตรกับภาวะคาร์บอนไดออกไซด์ในเลือดต่ำ

เมื่อวิเคราะห์ผลก๊าซในเลือดจากทารกอายุครรภ์

น้อยกว่า 34 สัปดาห์ พบว่า ทารกที่ใช้เครื่องช่วยหายใจแบบ A/C+VG ภายใน 6 ชั่วโมงหลังเกิดจะมีจำนวนครั้งที่ค่าความดันของคาร์บอนไดออกไซด์ในเลือดแดง (partial pressure of arterial carbon dioxide; $PaCO_2$) น้อยกว่า 35 ซม.น้ำ น้อยครั้งกว่าทารกที่ใช้เครื่องช่วยหายใจแบบ A/C อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ⁹ และเมื่อตั้งค่า V_T เท่ากับ 4 มล./กก. ในทารกเกิดก่อนกำหนดน้ำหนักแรกเกิดเฉลี่ย 955 กรัมที่ใช้เครื่องช่วยหายใจแบบประกันปริมาตรตั้งแต่แรกเกิด พบว่าจำนวนครั้งที่ค่า $PaCO_2$ อยู่ในช่วงระหว่าง 25-65 มม.ปรอท ร้อยละ 96.5¹⁰ และเมื่อวิเคราะห์การใช้เครื่องช่วยหายใจแบบ A/C+VG ในทารกที่อายุครรภ์มากกว่า 25 สัปดาห์ จะมีจำนวนครั้งของ hypocarbia น้อยครั้งกว่าทารกที่ใช้เครื่องช่วยหายใจแบบ A/C อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และในทารกที่อายุครรภ์ 23-25 สัปดาห์ ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของภาวะ hypocarbia ระหว่างการใช้เครื่องช่วยหายใจแบบ A/C+VG และ A/C¹¹ เมื่อศึกษาในทารกแรกเกิดน้ำหนัก 400-800 กรัมที่ใช้เครื่องช่วยหายใจแบบ A/C+VG หรือ PS+VG ค่า V_T ที่ตั้งไว้ในช่วง 2-3 วันแรก คือ 4-6 มล./กก. หลังจากนั้นจะปรับค่า V_T ตามการพิจารณาของทีมผู้รักษา โดยปรับตามผลก๊าซในเลือดที่วัดได้และอาการทางคลินิก โดยค่า PIP ที่ตั้งไว้จะสูงกว่าค่าความดันที่ทารกได้รับ 3-5 ซม.น้ำ โดยเป้าหมายของค่า $PaCO_2$ จากผลก๊าซในเลือดวันแรก คือ 35-50 มม.ปรอท ร่วมกับค่า pH ที่มากกว่า 7.20 หลังจากนั้นยอมรับค่า $PaCO_2$ ที่ระดับ 45-65 มม.ปรอท โดยค่า pH มากกว่า 7.20 ผลการศึกษาพบว่า ค่า $PaCO_2$ เฉลี่ยและค่า V_T ที่วัดได้จากทารกเฉลี่ยในวันที่ 18-21 เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาในวันที่ 1-2 ซึ่งอาจจะเกิดเนื่องจากหลอดลมคอบขยายใหญ่ขึ้นร่วมกับบริเวณเสียเปล่าของถุงลม (alveolar dead space) จากปอดที่ขยายมากเกินไป (lung hyperinflation)¹² ดังนั้น การใช้เครื่องช่วยหายใจแบบ A/C+VG ในทารกอายุครรภ์ 25-34 สัปดาห์ จะช่วยป้องกันการเกิดภาวะ hypocarbia ได้

ตารางที่ 1 ผลการศึกษาเครื่องช่วยหายใจแบบประกันปริมาตร

ผู้ทำการศึกษา (ปีที่ตีพิมพ์)	ลักษณะประชากร	การช่วยหายใจแบบ	ผลการศึกษาและวิจารณ์
Cheema, et al. (2544) ²	preterm + RDS 40 ราย	A/C เทียบกับ A/C+VG, ขณะที่นำทารกออกจากเครื่องช่วยหายใจเปลี่ยนเป็น SIMV เทียบกับ SIMV+VG	ความดันที่ทารกได้รับในทารกที่ใช้แบบ VG ต่ำกว่าทารกที่ใช้ A/C หรือ SIMV เพียงอย่างเดียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) ทั้ง 2 กลุ่มการศึกษา และค่า MAP ในทารกที่ใช้แบบ VG ต่ำกว่าทารกที่ใช้ A/C หรือ SIMV เพียงอย่างเดียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.005$ ในการศึกษากลุ่ม A/C, $p = 0.008$ ในการศึกษากลุ่ม SIMV)
Herrera, et al. (2545) ³	ทารกน้ำหนักแรกเกิด < 1,500 ก. (หลังพ้นจากระบบหายใจล้มเหลว)	SIMV เทียบกับ SIMV+VG	ทารกที่ใช้เครื่องช่วยหายใจแบบ SIMV+VG มีค่า MAP ปริมาตรที่ทารกได้รับและอัตราการหายใจน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับทารกที่ใช้เครื่องช่วยหายใจแบบ SIMV เพียงแบบเดียว
Lista, et al. (2547) ⁴	preterm + RDS 53 ราย	PS เทียบกับ PS+VG	ทารกที่ได้รับการช่วยหายใจแบบ PS+VG จะมีความดันที่ทารกได้รับและ MAP ต่ำกว่าทารกที่ได้รับการช่วยหายใจแบบ PS เพียงอย่างเดียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และทารกที่ใช้แบบ PS+VG จะพบว่ามี proinflammatory cytokine จากน้ำคัตหลังในท่อหลอดลมคอมีระดับที่ต่ำกว่าทารกที่ใช้แบบ PS เพียงอย่างเดียว
Nafday, et al. (2548) ⁵	preterm น้ำหนักแรกเกิดเฉลี่ย 1,122 ก. 34 ราย	SIMV เทียบกับ PS+VG	ทารกที่ได้รับการช่วยหายใจแบบ SIMV สามารถลด MAP ได้เร็วกว่าทารกที่ได้รับการช่วยหายใจแบบ PS+VG ($p < 0.035$) แต่การศึกษานี้เป็นแบบนำร่อง จึงไม่มี power ที่เพียงพอ
Olsen, et al. (2545) ⁶	preterm อายุครรภ์เฉลี่ย 34 สัปดาห์ 14 ราย	SIMV เทียบกับ PS+VG (crossover trial)	ทารกที่ช่วยหายใจแบบ PS+VG จะมีค่า MV และ MAP ที่สูงกว่าทารกที่ใช้แบบ SIMV ในขณะที่ไม่มีความแตกต่างของค่า arterial/alveolar oxygen tension ratio (a/A ratio)

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ผู้ทำการศึกษา (ปีที่ตีพิมพ์)	ลักษณะประชากร	การช่วยหายใจแบบ	ผลการศึกษาและวิจารณ์
Keszler, et al. (2547) ⁷	preterm + RDS 18 ราย	A/C เทียบกับ A/C+VG	ทารกที่ได้รับเครื่องช่วยหายใจแบบ A/C+VG จะมีจำนวนครั้งที่ปริมาตรสูงเกินไป (มากกว่า 6 มล./กก.) จำนวนครั้งที่ปริมาตรต่ำเกินไป (น้อยกว่า 4 มล./กก.) และภาวะ hypocarbia (PaCO ₂ < 35 มม.ปรอท) เกิดขึ้นน้อยกว่าเมื่อเทียบกับทารกที่ใช้แบบ A/C เพียงอย่างเดียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
Abubakar, et al. (2548) ⁸	ELBW น้ำหนักแรกเกิดเฉลี่ย 679 ก. 12 ราย	A/C+VG เทียบกับ SIMV +VG (crossover trial)	V _T ในแบบ A/C+VG มีค่าที่มากกว่าแบบ SIMV+VG และทารกที่ใช้แบบ SIMV+VG จะมีการเปลี่ยนแปลงของ O ₂ saturation มากกว่า, อัตราการเต้นของหัวใจและการหายใจเร็วกว่าเมื่อเทียบกับทารกที่ใช้แบบ A/C+VG
Scopesi, et al. (2550) ⁹	preterm อายุครรภ์น้อยกว่า 34 สัปดาห์	A/C+VG, SIMV+VG และ PS+VG	ทารกเกิดก่อนกำหนดที่ก้านำทารกออกจากเครื่องช่วยหายใจ พบว่า A/C+VG เป็นแบบที่มี V _T คงที่มากที่สุดและใช้ความดันที่ทารกได้รับน้อยที่สุด
Dawson, et al. (2548) ¹⁰	preterm น้ำหนักแรกเกิดเฉลี่ย 955 ก.	SIMV+VG	ที่เริ่มต้นใช้แบบ SIMV+VG ตั้งแต่แรกเกิด พบว่าเมื่อตั้ง targeted V _T 4 มล./กก. พบทารกร้อยละ 96.5 มีค่า PaCO ₂ อยู่ในช่วง 25-65 มม.ปรอท ภายใน 48 ชั่วโมงแรกหลังเกิด
Cheema, et al. (2550) ¹¹	preterm อายุครรภ์น้อยกว่า 34 สัปดาห์	A/C เทียบกับ A/C+VG	ทารกอายุครรภ์มากกว่า 25 สัปดาห์ที่ใช้แบบ A/C+VG จะพบ hypocarbia (PaCO ₂ < 37.5 มม.ปรอท) ร้อยละ 27 ในขณะที่แบบ A/C พบได้ถึงร้อยละ 61 (p<0.05) แต่ถ้าทารกอายุครรภ์น้อยกว่า 25 สัปดาห์ พบว่าไม่มีความแตกต่างของภาวะ hypocarbia ระหว่างเครื่องช่วยหายใจแบบ A/C+VG กับ A/C
Keszler, et al. (2552) ¹²	ทารกน้ำหนักแรกเกิดน้อยกว่า 1,000 ก. 26 ราย	A/C+VG เทียบกับ PS+VG	ในระยะเวลา 3 สัปดาห์แรกหลังทารกเกิด พบว่าจะมีการใช้ V _T เพิ่มขึ้นตามอายุหลังเกิด (postnatal age) เนื่องจากหลอดลมขยายใหญ่ขึ้น (acquired tracheomegaly) ร่วมกับพื้นที่ของถุงลมที่ไม่สามารถแลกเปลี่ยนก๊าซเพิ่มมากขึ้น (alveolar dead space)

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ผู้ทำการศึกษา (ปีที่ตีพิมพ์)	ลักษณะประชากร	การช่วยหายใจแบบ	ผลการศึกษาและวิจารณ์
Lista, et al. (2549) ¹³	preterm + RDS 30 ราย	A/C+VG	ทารกที่มี RDS รุนแรงพบว่าค่า proinflammatory cytokine ในน้ำคัตหลัง จากท่อหลอดลมคอที่ใช้ตั้งค่า V_T 3 มล./กก. สูงกว่า 5 มล./กก. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
Lista, et al. (2551) ¹⁴	ทารกอายุครรภ์ 25-32 สัปดาห์	A/C+VG เทียบกับ HFOV	ค่า interleukin 6 (IL-6) ในน้ำคัตหลังจากท่อหลอดลมคอที่ใช้เครื่องช่วยหายใจแบบ HFOV มีค่า IL-6 ในวันที่ 3 สูงกว่าทารกที่ใช้เครื่องช่วยหายใจชนิดแบบ A/C+VG อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
Wheeler, et al. (2552) ¹⁵	ทดลองกับปอดเทียม	A/C+VG	ทันทีที่ไนไตที่เกิดการอุดตันอย่างสมบูรณ์ของท่อหลอดลมคอหลังพ้นสวารลดแรงดึงผิวในปอด ค่าความดันที่เกิดขึ้นจะลดลงอยู่กึ่งกลางระหว่างค่า PIP กับ PEEP
Wheeler, et al. (2552) ¹⁶	preterm อายุครรภ์น้อยกว่า 32 สัปดาห์ รวม 22 ราย	A/C+VG	ทารก 21 ราย ที่เกิดการอุดตันอย่างสมบูรณ์ของท่อหลอดลมคอ จะมีความดันเพิ่มขึ้น และจะลดลงใกล้เคียงค่าความดันก่อนการพ้นสวารลดแรงดึงผิวในปอดภายใน 30-60 นาที ค่ามัธยฐานของความดันที่ทารกก็ได้รับเพิ่มขึ้น 8 ซม.น้ำ

ผลของเครื่องช่วยหายใจแบบ VG กับสารตั้งต้นที่ก่อให้เกิดการอักเสบ (proinflammatory cytokine)

เมื่อทำการทดสอบค่า proinflammatory cytokine คือ interleukine-6 (IL-6), interleukine-8 (IL-8) และ tumor necrosis factor- α (TNF- α) จากสารคัดหลั่งในท่อหลอดลมคอในทารกอายุครรภ์ 25-32 สัปดาห์ พบว่าทารกที่ได้รับการช่วยหายใจแบบ PS จะมีค่า IL-6 และ IL-8 ในวันที่ 3 และสำหรับค่า IL-6 ในวันที่ 7 จากท่อหลอดลมคอสูงกว่าทารกที่ได้รับการช่วยหายใจแบบ PS+VG อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และทารกที่ได้รับการช่วยหายใจแบบ PS+VG จะมีค่า MAP และความดันที่ทารกได้รับต่ำกว่าทารกที่ได้รับการช่วยหายใจแบบ PS เพียงอย่างเดียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ⁴ และเมื่อทำการทดสอบสารคัดหลั่งในทารกที่ใช้เครื่องช่วยหายใจแบบ A/C+VG โดยแบ่งทารกเป็น 2 กลุ่ม คือ ทารกที่ได้รับปริมาตรตามเครื่องช่วยหายใจตั้งไว้ คือ 3.0 มล./กก. (แทนด้วยสัญลักษณ์ A/C+VG_{3.0}) และ 5.0 มล./กก. (แทนด้วยสัญลักษณ์ A/C+VG_{5.0}) วิธีการศึกษาโดยนำน้ำเกลือ (saline solution) ปริมาณ 2 มล. ใส่ในท่อหลอดลมคอ หลังจากนั้นต่อท่อหลอดลมคอกับเครื่องช่วยหายใจนาน 10-15 วินาที ด้วยตัวแปรต่างๆ ของเครื่องช่วยหายใจเดิม หลังจากนั้นดูดสารคัดหลั่งจากท่อหลอดลมคอปริมาณ 2 มล. นำไปปั่น เพื่อวัดสาร proinflammatory cytokine คือ IL-6, IL-8 และ TNF- α สารคัดหลั่งดังกล่าวจะถูกเก็บเมื่ออายุหลังเกิดวันที่ 1, 3 และ 7 ผลการศึกษาพบว่า ค่า IL-6 ไม่มีความแตกต่างกันในทารกที่ได้รับการช่วยหายใจแบบ A/C+VG_{3.0} และ A/C+VG_{5.0} ทั้งวันที่ 1, 3 และ 7 ส่วนค่า IL-8 และ TNF- α ในวันที่ 7 จากทารกที่ได้รับการช่วยหายใจแบบ A/C+VG_{3.0} สูงกว่าทารกที่ได้รับการช่วยหายใจแบบ A/C+VG_{5.0} อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ¹³ และจะพบว่าค่า IL-6 ในทารกที่ใช้การช่วยหายใจชนิดความถี่สูง (high-frequency oscillatory ventilation; HFOV) จะมีค่าสูงกว่าทารกที่ใช้การช่วยหายใจแบบ A/C+VG อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ¹⁴ ดังนั้นการใช้เครื่องช่วยหายใจแบบประกันปริมาตรสามารถลดสารตั้งต้นที่ก่อให้เกิดการอักเสบบางชนิดลงได้

ผลของเครื่องช่วยหายใจแบบประกันปริมาตรในทารกที่ใช้สารลดแรงตึงผิว (surfactant)

เมื่อมีการใช้สารลดแรงตึงผิวเพื่อรักษาภาวะ respiratory distress syndrome (RDS) อย่างแพร่หลาย และได้ทำการศึกษาค่าความดันที่ทารกได้รับในขณะและหลังให้สารลดแรงตึงผิวโดยเริ่มต้นศึกษาโดยการใช้อุปกรณ์กับเครื่องช่วยหายใจแบบ A/C+VG และสร้างสถานการณ์ 2 แบบ คือ การอุดต้นแบบบางส่วนโดยการบีบท่อหลอดลมคอบางส่วน ส่วนการอุดต้นแบบสมบูรณ์โดยการใช้เครื่องมือบีบท่อหลอดลมคอทั้งหมด ผลการศึกษาพบว่า การอุดต้นของท่อหลอดลมคอแบบบางส่วนจะมีค่าความดันที่ทารกได้รับเท่ากับค่า PIP หรือค่าจำกัดของความดันที่ตั้งไว้ ในขณะที่การอุดต้นของท่อหลอดลมคอแบบสมบูรณ์จะมีค่าความดันที่ทารกได้รับลดลงอยู่กึ่งกลางระหว่างขีดจำกัดของความดัน (PIP) กับค่า positive end expiratory pressure (PEEP) ที่ตั้งไว้⁵ ต่อมาได้ทำการศึกษาเพิ่มเติมในทารกเกิดก่อนกำหนดอายุครรภ์น้อยกว่า 32 สัปดาห์ รวม 22 ราย ที่ได้รับสารลดแรงตึงผิว เพื่อรักษาภาวะ RDS และได้รับการช่วยหายใจแบบ A/C+VG พบว่าหลังได้รับสารลดแรงตึงผิวทารกมีการอุดต้นของท่อหลอดลมคอแบบสมบูรณ์รวม 21 ราย ผลการศึกษาพบว่าขณะที่เกิดการอุดต้นแบบสมบูรณ์ ค่ามัธยฐานของความดันที่ทารกได้รับเพิ่มขึ้น 8 ซม.น้ำ (p<0.0001) โดยพบว่าค่าความดันที่ทารกได้รับของทารก 11 ราย หรือร้อยละ 50 มีค่าเพิ่มขึ้นจากเดิมไม่เกิน 10 ซม.น้ำ หลังจากนั้นในระยะเวลา 30-60 นาที ค่าความดันที่ทารกได้รับจึงกลับลงสู่ค่าเดิม¹⁶

สรุปผลการศึกษา

การใช้เครื่องช่วยหายใจในทารกแรกเกิดอายุครรภ์น้อยกว่า 34 สัปดาห์ ควรเริ่มต้นการช่วยหายใจแบบ A/C หรือ SIMV ร่วมกับ VG ผลการศึกษาพบว่า การช่วยหายใจแบบ A/C ร่วมกับ VG จะให้ค่า V_T คงที่มากที่สุด ค่าความดันที่ทารกได้รับน้อยที่สุด ช่วยป้องกันภาวะ hypocarbia และสามารถลดสารตั้งต้นที่ก่อให้เกิดการอักเสบได้

ข้อแนะนำในการใช้เครื่องช่วยหายใจแบบประกันปริมาตร

ข้อแนะนำในการตั้งเครื่องเมื่อเริ่มใช้เครื่องช่วยหายใจแบบประกันปริมาตร¹⁷ มีข้อแนะนำดังนี้

เริ่มต้นการใช้เครื่องช่วยหายใจ

1. เลือกแบบของการช่วยหายใจ เช่น A/C SIMV หรือ PS แล้วให้เลือกแบบประกันปริมาตร โดยเริ่มตั้งค่า V_T ที่ทารกได้รับตามพยาโรสภาพของโรค เช่น

1.1 ทารกแรกเกิดที่มีภาวะ RDS เริ่มต้นตั้งค่า V_T 4.5 มล./กก. แต่ถ้าทารกน้ำหนักแรกเกิดน้อยกว่า 750 กรัม ต้องการ V_T 5-6 มล./กก. เพื่อปรับให้เหมาะสมกับ dead space ของตัวรับรู้การไหลของก๊าซ (flow sensor) ที่เกิดขึ้น

1.2 สำหรับทารกที่มีภาวะโรคปอดเรื้อรังต้องการ V_T ที่เพิ่มขึ้น คือ เริ่มต้นประมาณ 6-8 มล./กก. เพราะมี anatomic dead space เพิ่มขึ้นเนื่องจากท่อลมถูกยึดและดึงให้พองโตขึ้น และ physiologic dead space ที่เพิ่มขึ้นจากสัดส่วนของการหายใจและการไหลเวียนโลหิตไม่เหมาะสม (ventilation/perfusion matching)

1.3 ในทารกที่เป็นโรค pulmonary hypoplasia ต้องการ V_T ที่น้อยมากขณะเริ่มต้น คือ 3-3.5 มล./กก.

2. ตั้งค่าขีดจำกัดความดัน (PIP) เริ่มต้นสูงกว่าความดันที่ทารกได้รับ 5 ซม.น้ำ แต่ถ้า V_T ไม่ถึงค่าที่ตั้งไว้ ให้เพิ่มค่า PIP โดยต้องแน่ใจว่าปลายของท่อหลอดลมคอไม่ได้อยู่ใน main bronchus ด้านใดด้านหนึ่งหรือ carina มีการอุดตัน

วิธีการปรับเครื่องช่วยหายใจ

1. หลังจากที่ทารกมีอาการคงที่ อาการแสดงทางการหายใจดีขึ้น และค่าก๊าซในเลือดอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ การปรับ targeted V_T จะอาศัยค่า $PaCO_2$ โดยปรับลดครั้งละ 0.5 มล./กก.

2. สำหรับการตั้งค่า PIP ควรปรับเป็นช่วงๆ โดยส่วนใหญ่จะมากกว่าความดันที่ทารกได้รับ 2-3 ซม.น้ำ หรือร้อยละ 15-20 เพื่อหลีกเลี่ยงการร้องเตือนบ่อยครั้ง

3. ถ้ามีการเอาตัวรับรู้การไหลของก๊าซ (flow sensor)

ออก เช่น การพ่นยาหรือการรักษาด้วยสารลดแรงตึงผิว เป็นต้น ค่าความดันที่ทารกได้รับจะถูกปรับไปที่ขีดจำกัดของ PIP ที่ตั้งไว้ ดังนั้นในทางปฏิบัติจึงควรจำกัดค่า PIP ให้ใกล้เคียงกับค่าความดันที่ทารกได้รับ

4. ถ้าทารกยังคงหายใจเร็วอยู่ตลอดการใช้เครื่องช่วยหายใจ คิดพิจารณาปรับ V_T ถึงแม้ว่าค่า pH และ $PaCO_2$ จากก๊าซในเลือดจะมีค่าในเกณฑ์ปกติ เนื่องจากการหายใจเร็วตลอดเวลาแสดงว่าทารกมีแรงที่ใช้ในการหายใจ (work of breathing) มากเกินไป จึงจำเป็นต้องตั้งค่า V_T ให้มากกว่าที่ตั้งไว้ แต่ถ้าทารกหายใจเร็วร่วมกับค่า $PaCO_2$ ต่ำ อาจพิจารณาแยกกลุ่มระดับความเจ็บปวดและยานอนหลับ

5. ถ้าต้องปรับเพิ่ม PIP ตลอดเวลาหรือบ่อยครั้ง จำเป็นต้องประเมินเครื่องช่วยหายใจว่าส่งจ่าย V_T ให้แก่ทารกแม่นยำหรือไม่ เช่น ประเมินการยกตัวขึ้นของผนังทรวงอกหรือพิจารณาดูผลก๊าซในเลือด เป็นต้น ถ้าทารกมี V_T ตรงตามที่เครื่องช่วยหายใจได้ตั้งไว้ จำเป็นต้องหาสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงกลวิธานของปอด เช่น การตรวจร่างกายซ้ำหรือการฟิล์มเอกซเรย์ปอด เป็นต้น

การตั้งคำร้องเตือน (alarms)

1. ผู้ดูแลทารกสามารถหลีกเลี่ยงการร้องเตือนที่ไม่จำเป็นได้ โดยการตั้งค่าเครื่องช่วยหายใจและคำร้องเตือนอย่างเหมาะสม ควรประเมินสาเหตุของการร้องเตือนทุกครั้งอย่างตั้งใจ เพื่อจัดการกับสาเหตุที่สามารถแก้ไขได้

2. ตัวอย่างการแสดงคำร้องเตือนว่า “low tidal volume” สาเหตุจาก

2.1 การหยุดปอดลดลงอย่างมาก

2.2. แรงที่ใช้ในการหายใจด้วยตนเอง (spontaneous respiratory effort) ลดลง

2.3 ปลายของท่อหลอดลมคอกออยู่ตื้นเกินไปจนเกือบจะหลุด

2.4 มีการใช้แรงในช่วงการหายใจออกอย่างมาก

2.5 การรั่วของก๊าซรอบท่อหลอดลมคอมากเกินไปทำให้เครื่องช่วยหายใจไม่สามารถส่ง V_T ได้ตาม

ขีดจำกัดของความดันที่ตั้งไว้ ถ้ามีการร้องเตือนค่า “low tidal volume” บ่อยครั้งโดยที่ไม่มี การรั่วของก๊าซรอบท่อหลอดลมคอมากจนเกินไป ให้เพิ่มค่า PIP ซึ่งเป็นขีดจำกัดความดัน และตรวจหาการเปลี่ยนแปลงของกลวิธานภายในปอดที่อาจเกิดขึ้น เช่น ปอดแฟบ ลมรั่วในโพรงเยื่อหุ้มปอด (pneumothorax) หน้าทวมปอด เป็นต้น

การนำทารกออกจากเครื่องช่วยหายใจ (weaning)

1. หลีกเลี่ยงการให้ยากลุ่มระงับความเจ็บปวดมากเกินไปในระหว่างที่ทำการนำทารกออกจากเครื่องช่วยหายใจ

2. ในทารกที่มีภาวะโรคปอดเรื้อรังและเกิดก่อนกำหนด ควรตั้งค่า V_T ให้สูงขึ้นในขณะที่นำทารกออกจากเครื่องช่วยหายใจ

3. ถ้าค่า V_T ที่ตั้งไว้สูงเกินไปหรือค่า $PaCO_2$ ต่ำเกินไป มองของทารกจะไม่มีแรงกระตุ้นเพื่อการหายใจด้วยตนเองและจะไม่เกิด self-weaning นอกจากนี้ทารกจะเกิดปัญหาเรื่องการติดเครื่องช่วยหายใจเนื่องจากทารกไม่ได้รับการฝึกกล้ามเนื้อในการหายใจเลย ดังนั้นจึงควรลดค่า V_T และรักษาค่า $PaCO_2$ อยู่ในระดับที่เหมาะสมที่จะนำทารกออกจากเครื่องช่วยหายใจได้

4. ถ้าทารกมีความต้องการออกซิเจนสูง อาจปรับเพิ่ม PEEP ให้สูงขึ้นเพื่อเพิ่ม MAP และลดค่าความดันที่ทารกได้รับให้ต่ำลง

5. สามารถนำท่อหลอดลมคอออกได้ถ้าทารกคงค่า V_T ให้เท่ากับหรือเหนือกว่าค่าที่ตั้งไว้ ร่วมกับค่า PIP น้อยกว่า 10-12 ซม.น้ำ ในทารกที่น้ำหนักน้อยกว่า 1,000 ก. หรือค่า PIP น้อยกว่า 12-15 ซม.น้ำ ในทารกที่น้ำหนักมากกว่า 1,000 ก., FiO_2 น้อยกว่า 0.35 และทารกมีแรงหายใจดีเพียงพอ

สรุป

จากหลักฐานเชิงประจักษ์ทางการแพทย์ พบว่าการใช้เครื่องช่วยหายใจแบบประกันปริมาตร เหมาะสำหรับการช่วยหายใจทารกอายุครรภ์ตั้งแต่ 25-34 สัปดาห์ที่อยู่ในระยะวิกฤต พบว่าการเริ่มต้น

ด้วยการช่วยหายใจแบบ A/C ร่วมกับ VG จะให้ค่า V_T คงที่มากที่สุด ค่าความดันที่ทารกได้รับน้อยที่สุด ช่วยป้องกันภาวะ hypocarbia และสามารถลดสารตั้งต้นที่ก่อให้เกิดการอักเสบได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ยังไม่สามารถลดการเกิดโรคปอดเรื้อรังได้ โดยวิธีการใช้เครื่องช่วยหายใจแบบ VG เริ่มต้นเลือก V_T ให้เหมาะกับโรคและน้ำหนักแรกเกิด และตั้งค่า PIP ให้สูงกว่าความดันที่ทารกได้รับ 2-3 ซม.น้ำ สำหรับค่าตัวแปรอื่น ๆ ตั้งค่าเริ่มต้นเหมือนกับการช่วยหายใจแบบ A/C เมื่อทารกมีความหยุดปอดดีขึ้นหรือแยลง สามารถดูได้จากค่าความดันที่ทารกได้รับ หากค่าความดันที่ทารกได้รับลดลงแสดงถึงความหยุดปอดดีขึ้น และเมื่อความดันที่ทารกได้รับและ FiO_2 ลดลงได้ถึงเกณฑ์ที่สามารถนำทารกออกจากเครื่องช่วยหายใจได้ ก็สามารถนำทารกออกจากเครื่องช่วยหายใจได้

เอกสารอ้างอิง

1. Keszler M, Abubakar KM. Volume guarantee ventilation. Clin Perinatol 2007;34:107-16.
2. Cheema IU, Ahluwalia JS. Feasibility of tidal volume-guided ventilation in newborn infants: a randomized, crossover trial using the volume guarantee modality. Pediatrics 2001;107:1323-8.
3. Herrera CM, Gerhardt T, Claire N, et al. Effects of volume-guaranteed synchronized intermittent mandatory ventilation in preterm infants recovering from respiratory failure. Pediatrics 2002;110:529-33.
4. Lista G, Colnaghi M, Castoldi F, et al. Impact of targeted-volume ventilation on lung inflammatory response in preterm infants with respiratory distress syndrome (RDS). Pediatr Pulmonol 2004;37:510-4.
5. Nafday SM, Green RS, Lin J, et al. Is there an advantage of using pressure support ventilation with volume guarantee in the initial management of premature infants with respiratory distress syndrome? A pilot study. J Perinatol 2005;25:193-7.
6. Olsen SL, Thibeault DW, Truong WE. Crossover

- trial comparing pressure support with synchronized intermittent mandatory ventilation. *J Perinatol* 2002;22:461-6.
7. Keszler M, Abubakar K. Volume guarantee: stability of tidal volume and incidence of hypocarbia. *Pediatr Pulmonol* 2004;38:240-5.
 8. Abubakar K, Keszler M. Effect of volume guarantee combined with assist/control vs synchronized intermittent mandatory ventilation. *J Perinatol* 2005;25:638-42.
 9. Scopesi F, Calevo MG, Rolfe P, et al. Volume targeted ventilation (volume guarantee) in the weaning phase of premature newborn infants. *Pediatr Pulmonol* 2007;42:864-70.
 10. Dawson C, Davies MW. Volume-targeted ventilation and arterial carbon dioxide in neonates. *J Paediatr Child Health* 2005;41:518-21.
 11. Cheema IU, Sinha AK, Kempley ST, et al. Impact of volume guarantee ventilation on arterial carbon dioxide tension in newborn infants: a randomised controlled trial. *Early Hum Dev* 2007;83:183-9.
 12. Keszler M, Nassabeh-Montazami S, Abubakar K. Evolution of tidal volume requirement during the first 3 weeks of life in infants <800 g ventilated with Volume Guarantee. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 2009;94:F279-82.
 13. Lista G, Castoldi F, Fontana P, et al. Lung inflammation in preterm infants with respiratory distress syndrome: effects of ventilation with different tidal volumes. *Pediatr Pulmonol* 2006;41:357-63.
 14. Lista G, Castoldi F, Bianchi S, et al. Volume guarantee versus high-frequency ventilation: lung inflammation in preterm infants. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 2008;93:F252-6.
 15. Wheeler KI, Morley CJ, Kamlin CO, et al. Volume-guarantee ventilation: pressure may decrease during obstructed flow. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 2009;94:F84-6.
 16. Wheeler KI, Davis PG, Kamlin CO, et al. Assist control volume guarantee ventilation during surfactant administration. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 2009;94:F336-8.
 17. Keszler M. Volume-targeted ventilation. *Neoreviews* 2006;7:e250-7.