

การเปรียบเทียบระดับคาร์บอนไดออกไซด์ในลมหายใจออกในช่วงเวลาต่างๆ ของการผ่าตัดระหว่างการใช้ช่วยหายใจแบบ Pressure Support และ Spontaneous Ventilation ผ่านหน้ากากครอบกล่องเสียงในผู้ป่วยที่มาผ่าตัดเต้านม: การศึกษาแบบสุ่มและมีกลุ่มควบคุม

ปัญชิกา ลือตระกูล, ปุณยนุช เจริญคุปต์, ชลวรรณ ชุ่มแจ้ง, สันธิติ โมรากุล

ภาควิชาวิสัญญีวิทยา คณะแพทยศาสตร์ โรงพยาบาลรามาธิบดี มหาวิทยาลัยมหิดล ประเทศไทย

Comparison of End Tidal Carbon Dioxide Level along the Time of Surgery between Pressure Support Ventilation versus Spontaneous Ventilation in General Anesthesia under Laryngeal Mask Airway in Breast Surgery: A Randomized Controlled Trial

Punchika Luetrakool, Poonyanuch Charoenkoop, Chonlwan Chumjang, Sunthiti Morakul

Department of Anesthesiology, Faculty of Medicine, Ramathibodi Hospital, Mahidol University, Bangkok, Thailand

บทนำ: การช่วยหายใจในผู้ป่วยที่ใช้หน้ากากครอบกล่องเสียง (laryngeal mask airway; LMA) สามารถทำได้หลายแบบ ที่นิยมมากที่สุดคือให้ผู้ป่วยหายใจเอง การศึกษาที่ผ่านมาพบว่า pressure support ventilation (PSV) มีค่าเฉลี่ยของคาร์บอนไดออกไซด์ในลมหายใจออกต่ำกว่าการให้ผู้ป่วยหายใจเอง

วัตถุประสงค์: เพื่อเปรียบเทียบระดับคาร์บอนไดออกไซด์ในลมหายใจออกจากรวมถึงค่าแรงดันในระบบหายใจในช่วงเวลาต่างๆของการผ่าตัด ระหว่างการใช้ PSV และการให้ผู้ป่วยหายใจเอง

วิธีการศึกษา: เป็นการศึกษาแบบสุ่มและมีกลุ่มควบคุมในผู้ป่วย 38 คน ที่เข้ารับการผ่าตัดเต้านมและช่วยหายใจขณะผ่าตัดโดยใช้ LMA-ProSeal™ แบ่งผู้ป่วย 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มช่วยหายใจโดยตั้งเครื่องช่วยหายใจแบบ PSV (กลุ่ม P) และ กลุ่มให้ผู้ป่วยหายใจเอง (กลุ่ม S) จากนั้นบันทึกค่าตัวแปรในระบบหายใจและสัญญาณชีพ

ผลการศึกษา: คาร์บอนไดออกไซด์ในลมหายใจออกไม่แตกต่างกันในทั้งสองกลุ่ม พบค่า peak inspiratory

Introduction: Laryngeal mask airway (LMA) can be ventilated with various modes. The most popular mode is spontaneous ventilation (SV). Nonetheless, pressure support ventilation (PSV) showed lower level of end tidal carbon dioxide in the previous studies.

Objectives: To compare the level of end tidal carbon dioxide along the time of surgery between PSV and SV group.

Methods: We enrolled 38 patients who scheduled for breast surgery underwent general anesthesia with LMA-ProSeal™ in this randomized controlled trial. The patients were allocated in two groups, group P for PSV and group S for SV. Then, respiratory and hemodynamic parameters were recorded.

Results: End tidal carbon dioxide along duration of surgery was not different in both groups. The peak inspiratory pressure (PIP) minus positive end expiratory pressure (PEEP) in group P was lower than group S (13.32 ± 3.51 versus 18.89 ± 6.33 cmH₂O; $P = 0.002$).

Correspondence to: Punchika Luetrakool MD., E-mail: punchi0906@gmail.com

Received 2 Apr 2020, Revised 22 Apr 2020, Accepted 22 Apr 2020.

pressure (PIP) - positive end expiratory pressure (PEEP) ในกลุ่ม P ต่ำกว่ากลุ่ม S อย่างมีนัยยะสำคัญทางสถิติ (13.32 ± 3.51 เทียบกับ 18.89 ± 6.33 เซนติเมตรน้ำ; $P = 0.002$)

สรุป: การช่วยหายใจแบบ PSV ในการระงับความรู้สึกแบบทั่วไปโดยใช้ LMA-ProSeal™ มีประสิทธิภาพในการแลกเปลี่ยนก๊าซของปอดในช่วงเวลาต่างๆ ตลอดการผ่าตัด ต้านไม่แตกต่างกับการให้ผู้ป่วยหายใจเอง

คำสำคัญ: การช่วยหายใจแบบ pressure support, การให้ผู้ป่วยหายใจเอง, คาร์บอนไดออกไซด์ในลมหายใจออก, หน้ากากครอบกล่องเสียง

วิสัญญีสาร 2563; 46(4): 211-9. • Thai J Anesthesiol 2020; 46(4): 211-9.

บทนำ

ปัจจุบันมีการใช้หน้ากากครอบกล่องเสียง (laryngeal mask airway; LMA) ในการระงับความรู้สึกแบบทั่วไปอย่างแพร่หลายมากขึ้น เนื่องจากทำให้การทำงานของระบบไหลเวียนโลหิต เช่น ความดันโลหิต อัตราการเต้นของหัวใจ อยู่ในระดับคงที่มากกว่าการใช้ท่อช่วยหายใจ^{1,2} อุปกรณ์ไม่ได้กระตุ้นหลอดลมและทำให้ช่วงฟื้นจากการดมยาสลบราบรื่นกว่า จึงเป็นที่นิยมในผู้ป่วยที่มาผ่าตัดต้อกระจกซึ่งเป็นการผ่าตัดที่ไม่ซับซ้อน ใช้เวลาสั้น และไม่จำเป็นต้องใช้ยาหย่อนกล้ามเนื้อเพื่อช่วยหย่อนกล้ามเนื้อตรงบริเวณที่ผ่าตัด การตั้งเครื่องช่วยหายใจในผู้ป่วยที่ใช้ LMA สามารถตั้งได้หลายแบบที่นิยมมากที่สุดคือการให้ผู้ป่วยหายใจเอง (spontaneous ventilation; SV) เพื่อป้องกันปัญหาที่อาจเกิดจากแรงดันบวกในทางเดินหายใจ เช่น ลมรั่วเข้ากระเพาะอาหารในกรณีที่มีแรงดันในทางเดินหายใจสูง³ เสี่ยงต่อการสำลักระหว่างผ่าตัดหรือคลื่อนได้เอาเจียนหลังผ่าตัดได้ ซึ่งความเสี่ยงดังกล่าวเชื่อว่าอาจมากขึ้นถ้ามีการใช้ยาหย่อนกล้ามเนื้อร่วมด้วย⁴ อีกทั้งยังอาจทำให้ LMA เคลื่อนตำแหน่งขณะผ่าตัด ทำให้ผู้ป่วยได้รับระดับยาดมสลบที่ไม่เพียงพอ (light anesthesia) และเกิดกล่องเสียงหดเกร็ง (laryngospasm) จนทำให้เกิดการอุดกั้นของทางเดินหายใจส่วนบนตามมา การช่วยหายใจแบบ controlled ventilation หรือต้องใช้ยาหย่อนกล้ามเนื้อร่วมกับการใช้ LMA จึงยังไม่เป็นที่นิยมนัก การให้ผู้ป่วยได้หายใจเองช่วยลดโอกาสการเกิดถุงลมปอดส่วนล่างแฟบ เนื่องจากกระบังลม (diaphragm) มีการขยับตลอดเวลา⁵ นอกจากนี้ยังมีประโยชน์ในแง่การเฝ้าติดตามระดับความลึกของยาดมสลบจากการติดตามอัตราการหายใจของผู้ป่วย ทำให้ทีมวิสัญญีสามารถปรับระดับยาดมสลบและยาระงับปวด

Conclusion: Pressure support ventilation during general anesthesia under LMA-ProSeal™ in breast surgery appears to be as effective as spontaneous ventilation in gas exchange.

Keywords: end tidal carbon dioxide, laryngeal mask airway, pressure support ventilation, spontaneous ventilation

opioids ให้ได้ระดับความลึกของการสลบที่เหมาะสม ไม่มากหรือน้อยเกินไป ซึ่งช่วยให้ผู้ป่วยได้รับผลข้างเคียงในระบบหัวใจและหลอดเลือดจากยาเหล่านี้น้อยลง และผู้ป่วยฟื้นจากการดมยาสลบได้เร็วยิ่งขึ้น โดยไม่มีผลจากยาหย่อนกล้ามเนื้อหลงเหลือ ดังนั้นการช่วยหายใจประเภท pressure support ventilation (PSV) น่าจะเป็นหมวดที่เหมาะสมในการช่วยหายใจขณะผ่าตัดกรณีผู้ป่วยใส่ LMA และหายใจเอง มีการศึกษาเกี่ยวกับผลลัพธ์ทางคลินิกในแง่ต่างๆ ของการช่วยหายใจขณะผ่าตัดภายใต้การระงับความรู้สึกแบบทั่วไปโดยใช้ LMA เปรียบเทียบการให้ผู้ป่วยหายใจเองกับการใช้ PSV พบว่า ปัญหาเรื่องลมเข้ากระเพาะอาหาร ภาวะแทรกซ้อนในระบบหายใจและภาวะแทรกซ้อนในระบบหัวใจและหลอดเลือดไม่แตกต่างกัน⁷ นอกจากนี้ PSV ยังมีข้อได้เปรียบในแง่เกิดการแลกเปลี่ยนก๊าซได้ดีกว่า ผู้ป่วยจะได้รับปริมาตรอากาศที่ผ่านปอด (tidal volume) ในแต่ละครั้งอย่างเหมาะสม⁸⁻¹⁰ และสามารถลดงานที่ใช้ในการหายใจ (work of breathing) ได้¹¹ อย่างไรก็ตามการช่วยหายใจแบบ PSV ยังมีข้อจำกัด คือ มีในเครื่องช่วยหายใจและจ่ายยาดมสลบเฉพาะบางรุ่นเท่านั้น ส่วนการให้ผู้ป่วยหายใจเองสามารถทำได้ในเครื่องช่วยหายใจและจ่ายยาดมสลบทุกรุ่น แต่ผู้ป่วยจะได้รับฤทธิ์กดการหายใจจากยาดมสลบทำให้การหายใจเองที่เกิดขึ้นในแต่ละครั้งได้ปริมาตรอากาศที่หายใจเข้าน้อยกว่าปกติ และอาจมีอัตราการหายใจช้ากว่าปกติเช่นกัน ทำให้ผลการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าระดับคาร์บอนไดออกไซด์ในลมหายใจออก (end tidal carbon dioxide; ET_{CO}₂) ค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับการช่วยหายใจประเภทอื่น ซึ่งการให้ผู้ป่วยหายใจเองจึงมักต้องทำการช่วยหายใจโดยใช้แรงดันบวกมือบีบเป็นระยะเมื่อ ET_{CO}₂ สูงเกินปกติ

วัตถุประสงค์หลักของการศึกษานี้ทำการเปรียบเทียบค่า ETCO_2 ในช่วงเวลาต่างๆ ขณะผ่าตัด ระหว่างการช่วยหายใจแบบ PSV และการให้ผู้ป่วยหายใจเองในผู้ป่วยที่มาผ่าตัดด้านมฤดาไคการระับความรู้สึกแบบทั่วไปโดยใช้ LMA โดยตั้งสมมติฐานว่า การให้ผู้ป่วยหายใจเองน่าจะเกิดการคั่งของคาร์บอนไดออกไซด์ในช่วงใดช่วงหนึ่งระหว่างการผ่าตัดวัตถุประสงค์รองคือการเปรียบเทียบค่าตัวแปรในระบบหายใจอื่นๆ และสัญญาณชีพ

วิธีการศึกษา

การศึกษานี้ผ่านการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมวิจัยของคณะแพทยศาสตร์ โรงพยาบาลรามาธิบดี มหาวิทยาลัยมหิดล และได้ลงทะเบียนใน Thai Clinical Trials Registry (TCTR20190806001) เป็นการศึกษาแบบสุ่มและมีกลุ่มควบคุม (randomized controlled trial) ในผู้ป่วยหญิงที่ได้รับการผ่าตัดด้านมฤดาไคตามตารางนัดหมายและวางแผนการระับความรู้สึกแบบทั่วไปโดยใช้ LMA-ProSeal™ (The Laryngeal Mask Company Limited, Co Westmeath, Ireland) โดยมีช่วงอายุระหว่าง 18-65 ปี American Society of Anesthesiologist (ASA) classification I-II ผู้ป่วยทุกรายจะต้องได้รับการอธิบายเกี่ยวกับการศึกษาวิจัยและลงชื่อในใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัยเป็นลายลักษณ์อักษร ส่วนเกณฑ์การคัดออก ได้แก่ ผู้ป่วยที่มีดัชนีมวลกาย (body mass index; BMI) มากกว่าหรือเท่ากับ 30 กิโลกรัมต่อตารางเมตร มีความเสี่ยงต่อการเกิดล้าลึก¹² มีโรคประจำตัวในระบบทางเดินหายใจ คาดว่าจะใส่ท่อช่วยหายใจยาก และผู้ป่วยปฏิเสธ จากนั้นได้ทำการแบ่งกลุ่มผู้ป่วยที่เข้าเกณฑ์การศึกษาเป็นสองกลุ่ม โดยใช้ระบบคอมพิวเตอร์ในเว็บไซด์ www.random.org นำผลการสุ่มที่ได้ใส่ของปิดผนึกและเปิดซองเมื่อถึงเวลาก่อนให้นาสลบผู้ป่วยที่เข้าเกณฑ์การศึกษาโดยทีมผู้วิจัยที่เป็นผู้เก็บข้อมูลและให้การระับความรู้สึกผู้ป่วยในห้องผ่าตัด (Figure 1)

เมื่อผู้ป่วยที่ตรงตามเกณฑ์รับเข้าการศึกษาถึงห้องผ่าตัด จะทำการติดอุปกรณ์วัดสัญญาณชีพตามมาตรฐาน ได้แก่ ความดันเลือด อัตราการเต้นของหัวใจ คลื่นไฟฟ้าหัวใจ วัดความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือด จากนั้นนาสลบด้วย propofol 2-4 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และ fentanyl 2 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม เมื่อพร้อมแล้วจึง ใส่ LMA-ProSeal™ ขนาดเบอร์ 3 หรือ 4 ตามน้ำหนักตัวของผู้ป่วยร่วมการศึกษาโดยวิสัญญีแพทย์ แพทย์ประจำบ้าน หรือผู้เข้าฝึกอบรมวิสัญญีพยาบาลภายใต้การกำกับของวิสัญญีแพทย์ เปิด sevoflurane, ออกซิเจน ไนตรัสออกไซด์ โดยให้ความเข้มข้นของออกซิเจนร้อยละ 40 และ มีปริมาณ sevoflurane ในลมหายใจออก

ร้อยละ 1.5-2 วัดความดัน cuff ของ LMA-ProSeal™ โดยใช้ manometer (Medizintechnik, Germany) ให้อยู่ที่ไม่เกิน 60 เซนติเมตรน้ำ และไม่มีการเติม opioids เพิ่มตลอดช่วงเวลาที่ทำการศึกษา ผู้วิจัยเริ่มทำการเก็บข้อมูล ETCO_2 อัตราการหายใจ ความเข้มข้นของ sevoflurane ในลมหายใจออก tidal volume ความดันสูงสุดช่วงหายใจเข้า (peak inspiratory pressure; PIP) และสัญญาณชีพ หลังจากให้นาสลบเสร็จ 10 นาที (เป็นเวลา 0 ในการศึกษา) และเก็บข้อมูลทุก 5 นาที จนครบ 50 นาที ขณะช่วงเวลาผ่าตัด จะทำการแบ่งผู้ป่วยตามประเภทของการช่วยหายใจ ดังนี้ Group P ช่วยหายใจขณะผ่าตัดด้วย PSV โดยใช้เครื่องช่วยหายใจและจ่ายยาดมสลบยี่ห้อ GE รุ่น Avance CS2 (Datex-Ohmeda, Inc., USA) หมวด continuous positive airway pressure (CPAP) + PSV (Figure 2) ซึ่งทำงานจ่าย flow gas แบบ PSV คือเป็น assisted ventilation และมี minimum rate ventilation โดยตั้ง flow trigger 1.5 ลิตรต่อนาที PEEP 5 เซนติเมตรน้ำ minimum rate ventilation 10 ครั้งต่อนาที ปรับระดับ pressure support ให้ได้ tidal volume ประมาณ 8 มิลลิตรต่อกิโลกรัมของน้ำหนักตัวคาดคะเนจากสูตรคำนวณ (predicted body weight; PBW) Group S ช่วยหายใจขณะผ่าตัดแบบ SV โดยให้ผู้ป่วยหายใจเองและช่วยหายใจเมื่อมีค่า ETCO_2 มากกว่าหรือเท่ากับ 55 มิลลิเมตรปรอท หรือผู้ป่วยยังไม่หายใจเอง และหยุดการช่วยหายใจเมื่อค่า ETCO_2 น้อยกว่า 45 มิลลิเมตรปรอท ลักษณะการช่วยหายใจจะตั้งเป้าหมายให้ได้ tidal volume ประมาณ 8 มิลลิตรต่อกิโลกรัม อัตรา 10 ครั้งต่อนาที และไม่ได้ใส่ CPAP ร่วมด้วย

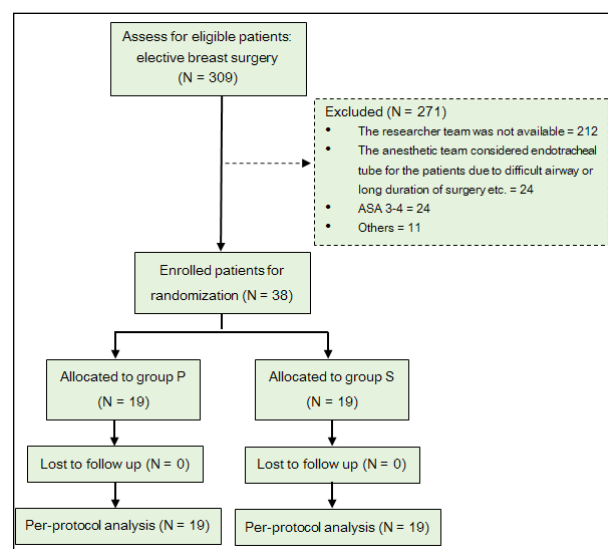


Figure 1 CONSORT flow diagram



Figure 2 The Avance CS2 in CPAP + PSV mode, CPAP=continuous positive airway pressure, PSV=pressure support ventilation

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

การคำนวณขนาดตัวอย่างอ้างอิงจากผลการศึกษาของ von Goedecke A และคณะ⁹ โดยค่าเฉลี่ยของ ETCO_2 ในกลุ่มที่ช่วยหายใจแบบ PSV และ SV เท่ากับ 46 ± 6 และ 52 ± 7 มิลลิเมตรปรอท ตามลำดับ และใช้โปรแกรม n4studies ในการคำนวณ โดยใช้สูตรสำหรับการคำนวณขนาดตัวอย่างเพื่อการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย 2 กลุ่มที่อิสระต่อกัน ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (type I error = 0.05) และอำนาจการทดสอบร้อยละ 80 (type II error = 0.2) ได้ขนาดตัวอย่างที่คำนวณได้ คือ 19 รายต่อกลุ่ม

ข้อมูลทั้งหมดถูกวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรม IBM SPSS Statistics Version 21 ทดสอบการกระจายตัวอย่างปกติของข้อมูลโดยใช้ Shapiro-Wilk test แสดงผลลัพธ์โดยใช้ค่า mean $\pm$ SD และ median(IQR) เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างสองกลุ่มโดยใช้ t-test ผลการศึกษาทั้งหมดถูกวิเคราะห์แบบ intention-to-treat analysis กำหนดค่า P น้อยกว่า 0.05 ถือว่ามีนัยสำคัญทางสถิติ ใช้ repeated

measures analysis of variance (between groups effect) ในการเปรียบเทียบค่าตัวแปรระหว่างสองกลุ่ม ส่วน Time-to-event analysis ในการเกิด hypercarbia ในทั้งสองกลุ่ม แสดงผลโดยใช้ Kaplan-Meier Estimates และใช้ Cox proportional hazard model ในการคำนวณ hazard ratio

ผลการศึกษา

ช่วงระหว่างเดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2562 ถึงเดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2563 มีผู้ป่วยจำนวน 309 ราย เข้ารับการผ่าตัดตามตารางนัดหมาย มีผู้ป่วยจำนวน 38 ราย ที่เข้าเกณฑ์รับเข้าการศึกษา ข้อมูลพื้นฐานของผู้ป่วยไม่แตกต่างกันในทั้งสองกลุ่ม (Table 1) ค่าเฉลี่ยของ ETCO_2 ตลอดช่วงเวลาผ่าตัดไม่แตกต่างกัน (41.28 ± 4.96 เทียบกับ 42.84 ± 5.45 มิลลิเมตรปรอท; $P=0.363$) tidal volume ต่อน้ำหนักตัวแบบ PBW ไม่แตกต่างกัน (7 ± 0.88 เทียบกับ 6.79 ± 1.4 มิลลิตรต่อกิโลกรัม; $P=0.563$) มีเพียงค่าผลต่างของ peak inspiratory pressure-positive end expiratory pressure (PIP-PEEP) ของกลุ่ม P (13.32 ± 3.51 เซนติเมตรน้ำ) มีค่าน้อยกว่ากลุ่ม S (18.89 ± 6.33 เซนติเมตรน้ำ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ค่า $P = 0.002$ (Table 2) และเมื่อนำค่าตัวแปรทั้งหมดมาวิเคราะห์ตามช่วงเวลาของการผ่าตัดจะเห็นความแตกต่างของค่า ETCO_2 , PIP, และ PIP-PEEP (Figure 3A-C) เมื่อพิจารณาค่า ETCO_2 ที่ทำให้เกิดภาวะ hypercarbia ที่ ETCO_2 มากกว่า 45 มิลลิเมตรปรอทตามช่วงเวลาขณะผ่าตัดโดยใช้ Kaplan-Meier estimates (Figure 4) พบว่าไม่มีความแตกต่างกันของการเกิดภาวะ hypercarbia ตลอดช่วงระยะเวลาผ่าตัดที่ทำการศึกษา Hazard Ratio; HR=0.91 (95%CI, 0.41-2.03) $P=0.82$ ส่วนเหตุการณ์ไม่พึงประสงค์ เช่น LMA เคลื่อนตำแหน่ง การเกิด laryngospasm และ อาเจียนที่ห้องพักฟื้น ไม่มีความแตกต่างกันในทั้งสองกลุ่มเช่นกัน (Table 3)

Table 1 Patients demographics and operation data

	Group P (N=19)	Group S (N=19)	P-value
Age (years)	46.21 ± 11.37	47.58 ± 12.51	0.726
Body weight (kg)	57.32 ± 9.84	55.79 ± 7.96	0.602
Height (cm)	157.21 ± 5.24	157.79 ± 7.52	0.583
Body mass index (kg.m ²)	23.05 ± 3.39	22.58 ± 3.79	0.583
ASA physical status I/II, n	8/11	8/11	>0.999
Operation (%)			
BCS	4 (21%)	1 (5.26%)	0.340
Biopsy	0 (0%)	1 (5.26%)	>0.999
Excision	10 (53%)	15 (78.95%)	0.170
Mastectomy	5 (26%)	2 (10.53%)	0.405
Operation time (min)	88.42 ± 40.93	82.63 ± 31.02	
LMA-Proseal™ No. 3/4, n	18/1	17/2	>0.999

Data are presented by mean ± standard deviation, or n (%)

* Statistically significant at $P < 0.05$.

ASA=The American Society of Anesthesiologists, BCS=breast conservative surgery, LMA=laryngeal mask airway

Table 2 Intraoperative respiratory and cardiovascular parameters

	Group P (N=19)	Group S (N=19)	P-value
End tidal Carbon dioxide (mmHg), mean±SD	41.28 ± 4.96	42.84 ± 5.45	0.363
ET-Sevo (%), median[IQR]	1.49 [1.27-1.65]	1.51 [1.34-1.69]	0.745
Tidal volume (ml/kg of PBW)	7 ± 0.88	6.79 ± 1.4	0.563
PIP (cmH ₂ O), mean±SD	18.12 ± 3.55	19.19 ± 5.87	0.497
PIP minus PEEP (cmH ₂ O)	13.32 ± 3.51	18.89 ± 6.33	0.002*
Respiratory rate (breaths per minute), median[IQR]	11.8 [10.15-13.3]	13.2 [10.8-14.3]	1.000
Intraoperative SpO ₂ (%), median[IQR]	99.5 [99.0-99.95]	99.6 [98.4-100.0]	1.000
Mean arterial pressure (mmHg), mean±SD	77.64 ± 7.63	72.99 ± 9.79	0.111
Heart rate (beat per minute), mean±SD	64.89 ± 6.96	63.58 ± 8.57	0.608
SpO ₂ PACU (%)	99 (98 - 100)	99 (98 - 100)	0.751

Data are presented by mean ± standard deviation, median (interquartile range) or n (%)

* Statistically significant at $P < 0.05$. ET-Sevo = end expired sevoflurane concentration, PACU= post anesthesia care unit, PBW=predicted body weight, PEEP= positive end expiratory pressure, PIP= peak inspiratory pressure, SpO₂= peripheral oxyhemoglobin saturation from pulse oximetry.

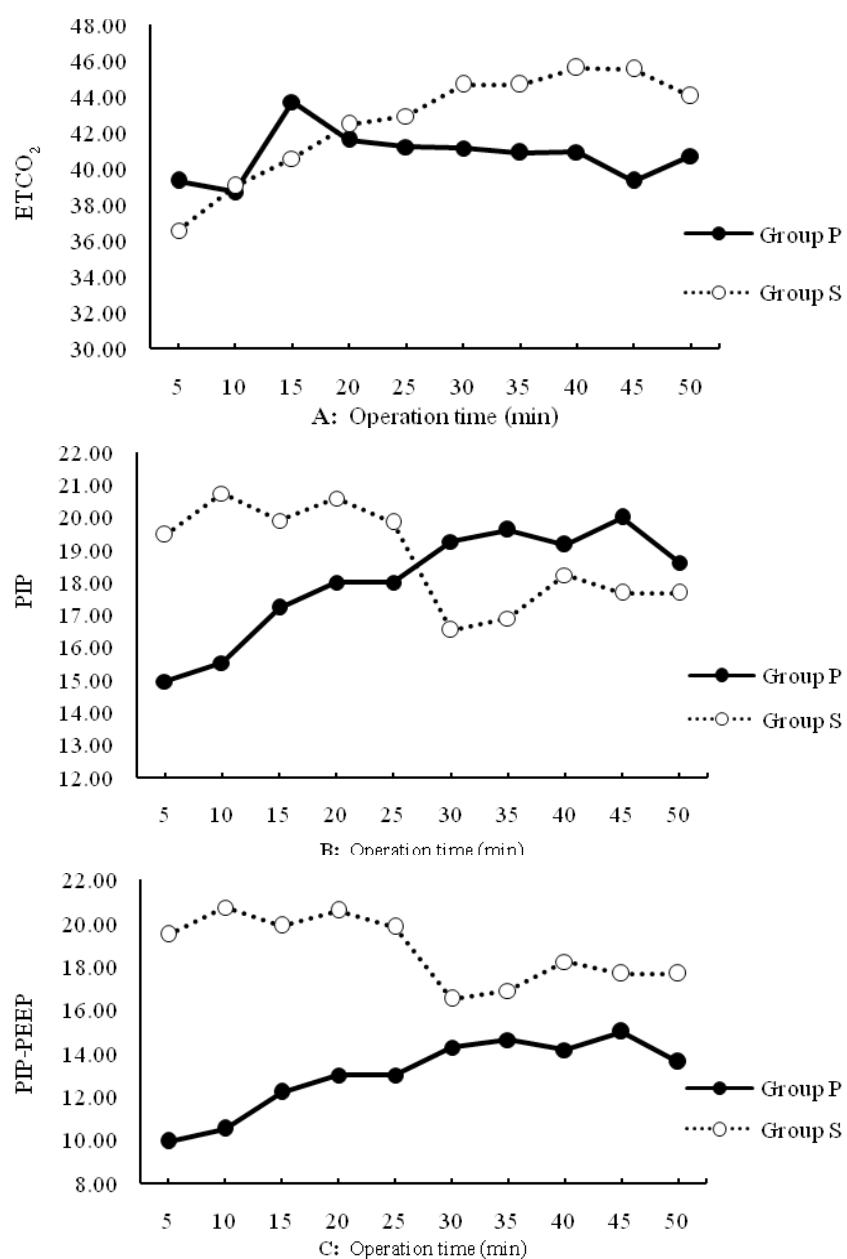
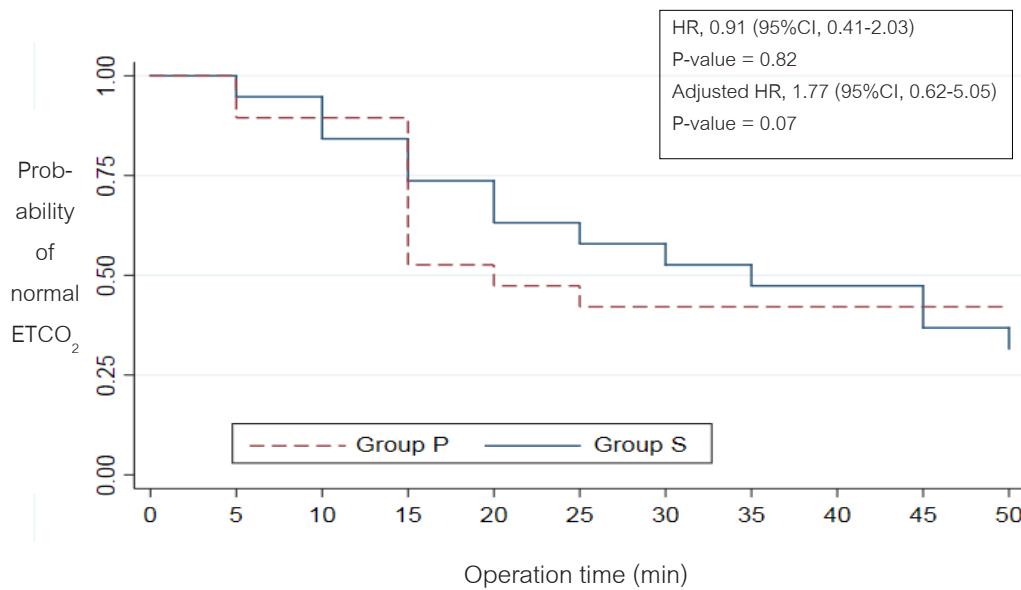


Figure 3 Trend of respiratory parameters along the time of surgery in two groups: A=trend of ET CO₂ in 50 minutes of study period, B=trend of PIP in 50 minutes of study period, C=trend of PIP-PEEP in 50 minutes of study period. PIP=peak inspiratory pressure, PEEP=positive end expiratory pressure



No. at risk

Group P	19	17	17	10	9	8	8	8	8	8
Group S	19	18	16	14	12	11	10	9	9	7

Figure 4 Kaplan-Meier Estimates of cumulative incidence of hypercarbia within 50 minutes of operative time between patients be ventilated with pressure support ventilation and spontaneous ventilation, ETCO₂ = end tidal carbon dioxide.

Table 3 Adverse events

	Group P (N=19)	Group S (N=19)	P-value
Improper position (%)	0 (0%)	1 (5.26%)	>0.999
Laryngospasm (%)	0 (0%)	2 (10.53%)	0.486
Vomiting at PACU (%)	0 (0%)	1 (5.26%)	>0.999

Data are presented by mean $\pm$ standard deviation, median (interquartile range) or n (%) where appropriate.

* Statistically significant at $P < 0.05$. PACU=post anesthesia care unit.

วิจารณ์

การศึกษาแบบสุ่มและมีกลุ่มควบคุมนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบระดับ ETCO₂ ระหว่างการช่วยหายใจแบบ PSV และการให้ผู้ป่วยหายใจเองในผู้ป่วยที่ได้รับการช่วยหายใจผ่านทาง LMA-ProSeal™ ขณะระงับความรู้สึกแบบทั่วไปในการผ่าตัดเต้านม พบว่า ประสิทธิภาพในการแลกเปลี่ยนก๊าซไม่ต่างกัน โดยมี tidal volume อัตราการหายใจ ETCO₂ และ SpO₂ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยยะสำคัญทางสถิติ ซึ่งขัดแย้งกับผลการศึกษาที่ผ่านมาของ Brimacombe J และคณะ⁸ เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการแลกเปลี่ยนก๊าซระหว่างการช่วยหายใจแบบ PSV และ CPAP ในผู้ป่วยผู้ใหญ่

ที่เข้ารับการผ่าตัดกล้ามเนื้อและกระดูกส่วนปลายภายใต้การระงับความรู้สึกแบบทั่วไปโดยใช้ LMA พบว่า ช่วงที่ผู้ป่วยได้รับการช่วยหายใจแบบ PSV มีการแลกเปลี่ยนก๊าซที่ดีกว่าโดยที่สัดส่วนการรั่วของก๊าซรอบ LMA ไม่แตกต่างกัน ต่อมาการศึกษาของ von Goedecke A และคณะ⁹ ได้ยืนยันประสิทธิผลในการแลกเปลี่ยนก๊าซของ PSV ในผู้ป่วยเด็กดีกว่า CPAP และใช้ LMA-ProSeal™ แทน ซึ่งมีช่องที่สามารถใส่สายระบายลมหรือของเหลวจากกระเพาะอาหาร จึงลดความตึงของกระเพาะอาหารได้ดี^{13, 14} และมีการออกแบบให้ส่วนปลาย cuff บานขึ้นเพื่อให้แนบสนิทกับคอหอยและมีลมรั่วน้อยลงเมื่อใช้ช่วยหายใจด้วยแรงดันบวก¹⁵ โดยกลุ่ม PSV มี ETCO₂ ต่ำกว่า กลุ่มที่ได้ CPAP เพียงอย่างเดียว (46 $\pm$ 6 เทียบกับ 52 $\pm$ 7 มิลลิเมตรปรอท; $P < 0.001$) และมีปริมาตรอากาศในลมหายใจออกมากกว่า (179 $\pm$ 50 เทียบกับ 129 $\pm$ 44 มิลลิลิตร; $P < 0.001$) ด้วยเช่นกัน อีกทั้งการศึกษาของ Lim B และคณะ¹⁰ เปรียบเทียบประสิทธิภาพของการช่วยหายใจแบบ PSV กับการให้ผู้ป่วยหายใจเองผ่าน LMA-ProSeal™ ในผู้ป่วยเด็กที่มาผ่าตัดแบบวันเดียวกลับ (ambulatory surgery) พบว่าผู้ป่วยกลุ่ม PSV มีค่า ETCO₂ ต่ำกว่า (42.8 $\pm$ 5.8 vs 50.4 $\pm$ 4.0 มิลลิเมตรปรอท; $P = 0.001$) และมีปริมาตรอากาศในลมหายใจออกมากกว่า (8.3 $\pm$ 1.8 vs

5.8±0.8 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัม; $P=0.001$) ซึ่งการที่ผลการศึกษานี้ขัดแย้งกับผลการศึกษาก่อนหน้า อธิบายได้จากในกลุ่มที่ให้ผู้ป่วยหายใจเองนั้น ผู้ป่วยส่วนมากไม่สามารถหายใจเองได้แม้หลังจากลงมิดไปแล้ว ผู้ป่วยยังคงมีระดับการสลบที่ลึกอยู่ เว้นแต่ผู้ป่วยบางรายที่แผลมีขนาดใหญ่ ทั้งนี้ขึ้นกับชนิดการผ่าตัด ที่มวิสัญญีผู้ดูแลผู้ป่วยจึงต้องช่วยหายใจจากการบีบมือ โดยตั้งเป้าหมายในการช่วยให้ได้ tidal volume ประมาณ 8 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัม (PBW) ประมาณ 10 ครั้งต่อนาที จึงทำให้ผลลัพธ์ในแง่การแลกเปลี่ยนก๊าซดูไม่แตกต่างกันกับการใช้ PSV แต่หากพิจารณาจาก Kaplan-Meier Estimates พบว่า ในช่วง 20 นาทีแรก การให้ผู้ป่วยหายใจเองมีแนวโน้มของการเกิด hypercarbia น้อยกว่า แต่ในช่วงหลังจากนั้นการใช้ PSV กลับมีแนวโน้มการเกิด hypercarbia น้อยกว่า ซึ่งอาจอธิบายได้จาก ในช่วงประมาณ 20 นาทีแรกหลังการนำสลบ เป็นช่วงที่ผู้ป่วยหลับลึกภายใต้การระงับความรู้สึกแบบทั่วไปและยังไม่มีปัจจัยกระตุ้นจากการผ่าตัด อีกทั้งการตั้งเครื่องช่วยหายใจแบบ PSV ยังอยู่ในระหว่างการปรับค่า pressure support เพื่อให้ได้ tidal volume ตามที่ต้องการ แต่เมื่อถึงช่วงเวลาขณะผ่าตัดไปแล้ว และ pressure support ได้ระดับที่เหมาะสม PSV มีแนวโน้มได้เปรียบในแง่การเกิด hypercarbia น้อยกว่า

ผลการศึกษารองพบว่าผลต่างของ PIP-PEEP ในกลุ่มที่ให้ผู้ป่วยหายใจเองร่วมกับใช้มือบีบช่วยหายใจมีค่าสูงกว่ากลุ่ม PSV อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยค่า PIP-PEEP มีความสัมพันธ์กับค่า dynamic compliance ตามสูตร $\text{dynamic compliance (C}_{\text{dyn}}) = \text{tidal volume} / \text{PIP-PEEP}$ นอกจากนี้ค่า PIP-PEEP มีความสัมพันธ์โดยอ้อมกับค่า plateau pressure-PEEP หรือ driving pressure โดยค่า PIP-PEEP มักสูงกว่าค่า driving pressure เสมอ ซึ่ง driving pressure เป็นความสัมพันธ์ระหว่าง tidal volume และ static compliance ($\text{static compliance} = \text{tidal volume} / \text{driving pressure}$) โดยค่า dynamic compliance จะมีค่าต่ำกว่า static compliance อยู่เล็กน้อย และได้รับอิทธิพลจากความต้านทานในทางเดินหายใจ (airway resistance) มาเกี่ยวข้องด้วย¹⁶ การศึกษาของ Amato MB และคณะ¹⁷ พบว่าค่า driving pressure ที่เพิ่มขึ้นทุก 7 เซนติเมตรน้ำ โดยประมาณ สัมพันธ์กับอัตราการเสียชีวิตที่สูงมากขึ้นในผู้ป่วย acute respiratory distress syndrome (relative risk = 1.41; 95% confidence interval [CI], 1.31 to 1.51; $P<0.001$) จึงอาจสรุปผลการศึกษารองว่าการให้ผู้ป่วยหายใจเองทำให้ค่า PIP-PEEP สูงกว่า ซึ่งอาจสะท้อนถึงค่า dynamic compliance ที่ต่ำกว่า กลุ่มที่ใช้ PSV

อุปกรณ์ที่เลือกใช้ในการช่วยหายใจในการศึกษานี้ ได้แก่ LMA-ProSeal™ เป็น LMA ที่คิดค้นมาเมื่อปี 2000 มีลักษณะพิเศษแตกต่างจาก LMA รุ่น classic ตรงที่ LMA-ProSeal™ ประกอบด้วยสองท่อติดกันคือ ท่อทางเดินอากาศ (airway tube) ซึ่งภายในมีขดลวดป้องกันการหักพับงอเมื่อมีการโค้งงอของท่อทางเดินอากาศ และ ท่อระบาย (drain tube) ซึ่งอยู่ติดกัน สามารถใส่สายระบายลมและสารคัดหลั่งในกระเพาะอาหารได้ รวมถึงรูปลักษณะของ cuff ที่ออกแบบให้โค้งงอมากขึ้นด้านหลัง เพื่อให้แนบกับกล่องเสียงได้ดีขึ้นและความเรียบมนของ cuff เมื่อใส่และวางในตำแหน่งได้อย่างเหมาะสมจะอุดส่วนปลายเปิดด้านบนของหลอดอาหารพอดี เชื่อว่าสามารถป้องกันไม่ให้น้ำย่อยจากกระเพาะอาหารสำลักลงสู่ปอดได้ LMA-ProSeal™ จึงถูกออกแบบมาเพื่อให้สามารถใช้กับการช่วยหายใจแบบแรงดันบวกได้เป็นอย่างดี¹⁸ ดังเช่นการศึกษาของ Goldmann K และคณะ¹⁹ ทำการศึกษาในผู้ป่วยเด็กที่ได้รับการระงับความรู้สึกแบบทั่วไปโดยใช้ LMA พบว่า ในกลุ่มที่ใช้ LMA-ProSeal™ มีค่าเฉลี่ยของ tidal volume สูงสุด สูงกว่ากลุ่มที่ใช้ LMA รุ่น classic อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (1088 ± 299 เทียบกับ 949 ± 298 มิลลิลิตร; $P=0.002$) และมีค่า airway leak pressure ในท่านอนหงายปกติสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นกัน (22.6 ± 6.5 เทียบกับ 18.5 ± 6.4 มิลลิเมตรปรอท; $P=0.003$)

ถึงแม้ว่าผลการศึกษานี้จะขัดแย้งกับการศึกษาที่ผ่านมาในแง่ความได้เปรียบของการช่วยหายใจแบบ PSV ในการระงับความรู้สึกแบบทั่วไปโดยใช้ LMA-ProSeal™ และไม่ได้ใช้ยาหย่อนกล้ามเนื้อ ในด้านการแลกเปลี่ยนก๊าซที่ดีกว่าการให้ผู้ป่วยหายใจเอง เนื่องจากการช่วยหายใจโดยใช้มือบีบร่วมด้วย โดยตั้งเป้าหมาย tidal volume และอัตราการหายใจที่ใกล้เคียงกัน พบว่าสามารถมีประสิทธิผลในการแลกเปลี่ยนก๊าซของปอดที่ไม่แตกต่างกันได้ หากแต่การใช้ PSV ยังคงมีประโยชน์ในแง่มีค่า PIP-PEEP ต่ำกว่า และ dynamic compliance สูงกว่า เนื่องจากสามารถใส่ PEEP ได้คงที่ตลอดการผ่าตัด อีกทั้ง PSV ยังมีแนวโน้มที่จะมีค่า ETCO_2 ต่ำกว่า หากใช้ในกรณีการผ่าตัดที่ใช้เวลานาน

ข้อจำกัดของการศึกษานี้ ได้แก่ การศึกษานี้ไม่สามารถอำพรางข้อมูลการแบ่งกลุ่มผู้ป่วยที่เข้าร่วมการศึกษากับผู้เก็บข้อมูลและผู้ให้การระงับความรู้สึกได้ อีกทั้งการผ่าตัดเด็คนมีประเภทต่างๆ มีการลงแผลที่แตกต่างกัน จึงทำให้สิ่งรบกวนผู้ป่วยต่างกัน ปฏิกริยาการตอบสนองต่อสิ่งรบกวนของผู้ป่วยจึงต่างกัน มีผลต่ออัตราการหายใจเร็วช้าต่างกัน ทำให้มีผลต่อระดับ ETCO_2 สูงต่ำไปตามแรงกระตุ้นจากสิ่งรบกวน ดังนั้นถ้าสามารถระงับชนิดการผ่าตัดที่ต้องการศึกษาเพียงประเภทเดียว น่าจะทำให้ผลการศึกษาน่าเชื่อถือมากขึ้น ส่วนผู้ปฏิบัติ

งานวิจัยในโรงพยาบาลรามาธิบดีมีประสบการณ์การทำหัตถการใส่ LMA ไม่เท่ากัน มีผลต่อตำแหน่งของ LMA ซึ่งทำให้ tidal volume ช่วงหายใจเข้าไม่เพียงพอแม้ว่าจะมีแรงดันบวกจากเครื่องช่วยหายใจหรือมือบีบช่วย จึงอาจส่งผลต่อค่า ETCO₂ ที่แท้จริง และ LMA-ProSeal™ ที่ใช้ในการศึกษานี้เป็นการนำมาใช้ซ้ำหลังผ่านการทำความสะอาดและฆ่าเชื้อโดยวิธีการนึ่งอบไอน้ำ (autoclave) ซึ่งบางอันเป็นการใช้ซ้ำครั้งที่ใกล้เคียงครั้งที่ 40 หรือมากกว่า เนื่องจากทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด ทั้งนี้ทางบริษัทผู้ผลิตไม่ได้แนะนำให้ทำการ autoclave เกินกว่า 40 ครั้ง เพราะจะทำให้ส่วน cuff ของ LMA-ProSeal™ มีความแข็งแรงมากขึ้น และส่งผลให้ประสิทธิภาพการปิดผนึกกับทางเดินหายใจให้ลดลง

สรุป

การช่วยหายใจแบบ PSV ในการระงับความรู้สึกแบบทั่วไปโดยใช้ LMA-ProSeal™ และไม่ได้ใช้ยาหย่อนกล้ามเนื้อในผู้ป่วยที่มาผ่าตัดเต้านมมีประสิทธิภาพในการแลกเปลี่ยนก๊าซของปอดไม่แตกต่างกับการให้ผู้ป่วยหายใจเองร่วมกับการใช้แรงดันบวกจากมือบีบช่วยในกรณี ETCO₂ ค้างหรือผู้ป่วยสลบลึกจนไม่หายใจ แต่มีค่า PIP-PEEP ต่ำกว่า ซึ่งอาจจะสะท้อนถึงค่า dynamic compliance ที่มากกว่า

References

- Mao S, Du X, Ma J, Zhang G, Cui J. A comparison between laryngeal mask airway and endotracheal intubation for anaesthesia in adult patients undergoing NUSS procedure. *J Thorac Dis* 2018;10:3216-24.
- Song Z, Tan J, Fang J, Bian Q, Gu L. Comparison of laryngeal mask airway and endotracheal intubation in gynecological cancer operation. *Oncol Lett* 2019;17:2344-50.
- Devitt JH, Wenstone R, Noel AG, O'Donnell MP. The laryngeal mask airway and positive-pressure ventilation. *Anesthesiology* 1994;80:550-5.
- Riem N, Boet S, Tritsch L, Bould D. LMA with positive pressure ventilation is safe! *Korean J Anesthesiol* 2011;61:88-9.
- Zoremba M, Kalmus G, Dette F, Kuhn C, Wulf H. Effect of intra-operative pressure support vs pressure controlled ventilation on oxygenation and lung function in moderately obese adults. *Anaesthesia* 2010;65:124-9.
- Feldman JM. Pressure-support ventilation in the operating room. *Anesthesiology* 2007;107:670.
- Keller C, Sparr HJ, Luger TJ, Brimacombe J. Patient outcomes with positive pressure versus spontaneous ventilation in non-paralysed adults with the laryngeal mask. *Can J Anaesth* 1998;45:564-7.

- Brimacombe J, Keller C, Hormann C. Pressure support ventilation versus continuous positive airway pressure with the laryngeal mask airway: a randomized crossover study of anesthetized adult patients. *Anesthesiology* 2000;92:1621-3.
- von Goedecke A, Brimacombe J, Hormann C, Jeske HC, Kleinsasser A, Keller C. Pressure support ventilation versus continuous positive airway pressure ventilation with the ProSeal laryngeal mask airway: a randomized crossover study of anesthetized pediatric patients. *Anesth Analg* 2005;100:357-60.
- Lim B, Pawar D, Ng O. Pressure support ventilation vs spontaneous ventilation via ProSeal laryngeal mask airway in pediatric patients undergoing ambulatory surgery: a randomized controlled trial. *Paediatr Anaesth* 2012;22:360-4.
- Christie JM, Smith RA. Pressure support ventilation decreases inspiratory work of breathing during general anesthesia and spontaneous ventilation. *Anesth Analg* 1992;75:167-71.
- Asai T. Editorial II: Who is at increased risk of pulmonary aspiration? *Br J Anaesth* 2004;93:497-500.
- Lopez-Gil M, Brimacombe J, Garcia G. A randomized non-crossover study comparing the ProSeal and Classic laryngeal mask airway in anaesthetized children. *Br J Anaesth* 2005;95:827-30.
- Lardner DR, Cox RG, Ewen A, Dickinson D. Comparison of laryngeal mask airway (LMA)-ProSeal™ and the LMA-Classic™ in ventilated children receiving neuromuscular blockade. *Can J Anaesth* 2008;55:29-35.
- Cook TM, Lee G, Nolan JP. The ProSeal laryngeal mask airway: a review of the literature. *Can J Anaesth* 2005;52:739-60.
- Costa EL, Slutsky AS, Amato MB. Driving pressure as a key ventilation variable. *N Engl J Med* 2015;372:2072.
- Amato MB, Meade MO, Slutsky AS, et al. Driving pressure and survival in the acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med* 2015;372:747-55.
- Brain AI, Verghese C, Strube PJ. The LMA 'ProSeal'--a laryngeal mask with an oesophageal vent. *Br J Anaesth* 2000;84:650-4.
- Goldmann K, Jakob C. A randomized crossover comparison of the size 2 1/2 laryngeal mask airway ProSeal versus laryngeal mask airway-Classic in pediatric patients. *Anesth Analg* 2005;100:1605-10.