



肥満患者の PEEPは BMIで決める

日本大学医学部麻酔科学系麻酔科学分野
山本舞

今回の論文

Anaesthesia 2025

doi:10.1111/anae.16656

Original Article

Adjustment of positive end-expiratory pressure based on body mass index during general anaesthesia: a randomised controlled trial*

Helene Selpien,  Jann Penon, David Thunecke, Dirk Schädler,  Ingmar Lautenschläger, Henning Ohnesorge,  Christine Eimer,  Caroline Wolf, Armin Sablewski  and Tobias Becher 

Anaesthesia. 2025 Jun 23.

doi: 10.1111/anae.16656. Online ahead of print.

前提として

周術期は
呼吸器合併症が多い

死亡率、入院日数、
医療コスト増大

PERIOPERATIVE MEDICINE

Prediction of Postoperative Pulmonary Complications in a Population-based Surgical Cohort

Canet, Jaume M.D., Ph.D.^{*}; Gallart, Lluís M.D., Ph.D.[†]; Gomar, Carmen M.D., Ph.D.[‡]; Paluzie, Guillem M.D.[§]; Vallès, Jordi M.D.[†]; Castillo, Jordi M.D., Ph.D.[†]; Sabaté, Sergi M.D., Ph.D.^{||}; Mazo, Valentín M.D.[#]; Briones, Zahara M.Math.^{**}; Sanchis, Joaquín M.D., Ph.D.^{††}

Author Information 

Anesthesiology 113(6):p 1338-1350, December 1, 2010. | DOI: 10.1097/ALN.0b013e3181fc6e0a

- ✓ 外科手術を受けた患者の術後呼吸器合併症を調査した前向きコホート研究
- ✓ 術後呼吸器合併症：呼吸不全、肺炎、無気肺、胸水、気胸、気管支痙攣、誤嚥性肺炎など
- ✓ 術後呼吸器合併症を生じた患者は生じなかった患者と比較し有意に30日死亡率が高い（19.5 vs 0.5%）

術後呼吸器合併症を防ぐために
肺保護換気

ORIGINAL ARTICLE

f X in 10

A Trial of Intraoperative Low-Tidal-Volume Ventilation in Abdominal Surgery

Authors: Emmanuel Futier, M.D., Jean-Michel Constantin, M.D., Ph.D., Catherine Paugam-Burtz, M.D., Ph.D., Julien Pascal, M.D., Mathilde Eurin, M.D., Arthur Neuschwander, M.D., Emmanuel Marret, M.D., [+10](#), for the IMPROVE Study Group* [Author Info & Affiliations](#)

Published August 1, 2013 | N Engl J Med 2013;369:428-437 | DOI: 10.1056/NEJMoa1301082
VOL. 369 NO. 5 | Copyright © 2013

IMPROVE trial

腹部手術における肺保護換気は術後合併症率を低下させるか？

一回換気量10-15ml/kg + PEEP 0

VS

一回換気量6-8ml/kg+ PEEP 6-8cmH20+リクルートメント手技

肺保護換気は術後7日目までに術後呼吸器合併症と呼吸器以外の合併症（敗血症、死亡）を減少させた（10.5vs27.5%）

- 低一回換気量
- PEEPあり
がよさそう。
具体的にはどれくらい？

肥満患者には高いPEEPが
有効？

Effect of Intraoperative High Positive End-Expiratory Pressure (PEEP) With Recruitment Maneuvers vs Low PEEP on Postoperative Pulmonary Complications in Obese Patients A Randomized Clinical Trial

Writing Committee for the PROBESE Collaborative Group of the PROtective VEntilation Network (PROVENet) for the Clinical Trial Network of the European Society of Anaesthesiology

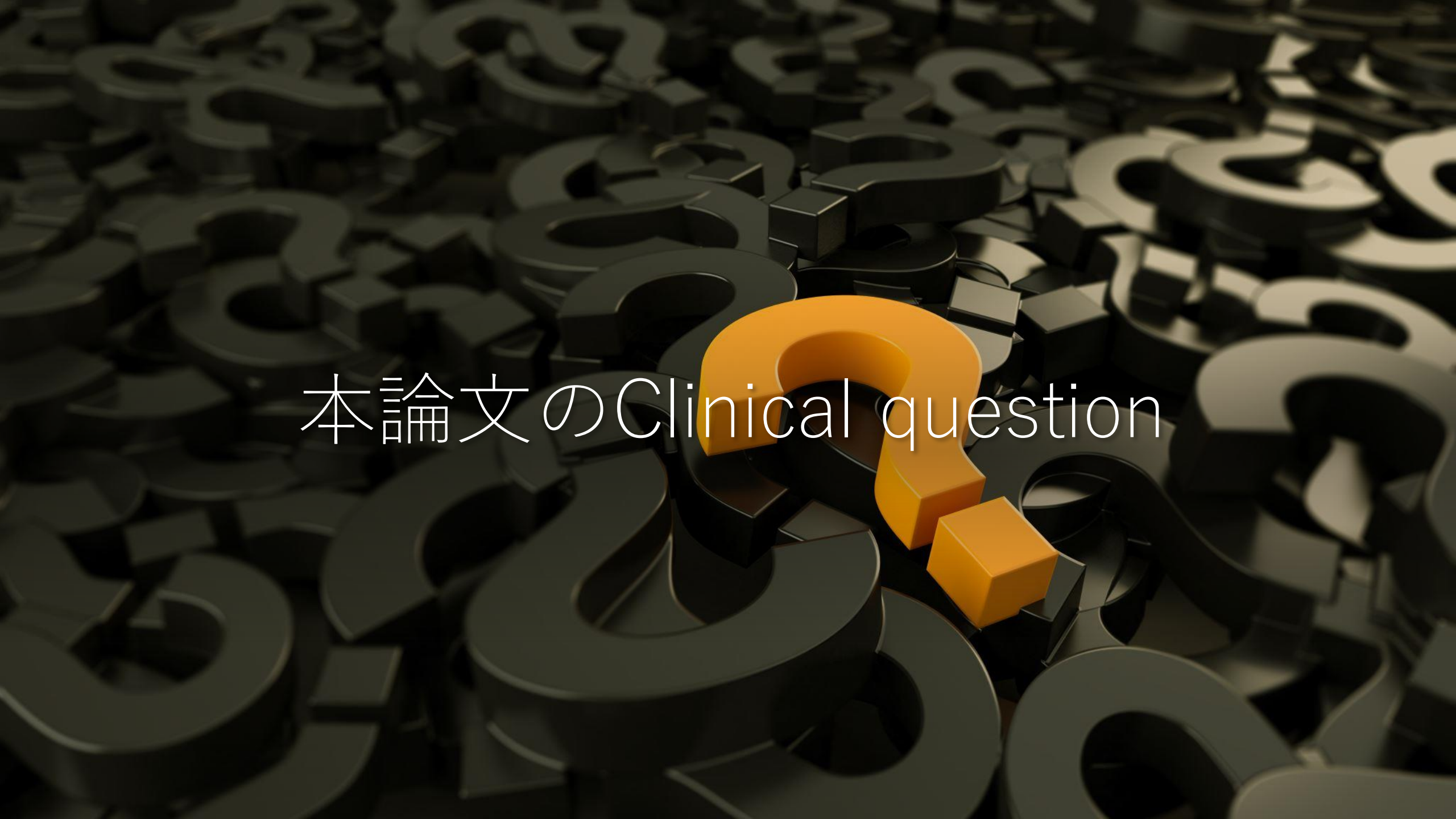
JAMA

Published Online: June 3, 2019

2019;321;(23):2292-2305.

doi:10.1001/jama.2019.7505

- ✓ BMI35以上の肥満患者の術中PEEPと術後呼吸器合併症の関連を調査
- ✓ PEEP 12cmH₂O vs 4cmH₂O
- ✓ 高PEEPと低PEEPは術後呼吸器合併症率に差がなかった (21.3 vs 23.6%)



本論文のClinical question

従量式 プラトー圧－PEEP
従圧式 吸気圧－PEEP

✓近年は駆動圧を最小限とする呼吸器設定を行うことで術後呼吸器合併症リスクが低下する可能性が示唆されている

- Neto AS, Hemmes SNT, Barbas CSV, et al. Association between driving pressure and development of postoperative pulmonary complications in patients undergoing mechanical ventilation for general anaesthesia: a meta-analysis of individual patient data. *Lancet Respir Med* 2016; **4**: 272–280.
- Mazzinari G, Serpa Neto A, Hemmes SNT, et al. The Association of Intraoperative driving pressure with postoperative pulmonary complications in open versus closed abdominal surgery patients – a posthoc propensity score-weighted cohort analysis of the LAS VEGAS study. *BMC Anesthesiol* 2021; **21**: 84.
- Simon P, Girrbach F, Petroff D, et al. Individualized versus fixed positive end-expiratory pressure for intraoperative mechanical ventilation in obese patients: a secondary analysis. *Anesthesiology* 2021; **134**: 887–900.
- Zhou L, Li H, Li M, Liu L. Individualized positive end-expiratory pressure guided by respiratory mechanics during anesthesia for the prevention of postoperative pulmonary complications: a systematic review and meta-analysis. *J Clin Monit Comput* 2023; **37**: 365–377.

✓電気インピーダンス断層法を用いた調査で、仰臥位で全身麻酔を受ける健康人において、肺胞が過膨張も虚脱もしないPEEP値はBMIと相関していた

✓術中のPEEPをBMIの1/3とした場合に肺胞の過膨張と虚脱を抑制できると仮説を立て、調査を行った

本論文の PICO

- P** 手術室で2時間以上の全身麻酔を気管挿管下に受ける成人患者
- I** PEEP BMI/3cmH₂O
- C** PEEP 5cmH₂O
- O** 平均駆動圧

Trial design

- ドイツのUniversity Medical Centre Schleswig-Holsteinの中央手術室
- 期間：2023年2月28日～2023年7月26日
- 単施設無作為化試験
- すべての患者に書面でのインフォームドコンセントを得た



Inclusion Criteria

- 手術室で2時間以上の全身麻酔を気管挿管下に受ける成人患者

Exclusion Criteria

- フェイスマスクまたは声門上器具を使用する患者
- 腹腔鏡下または胸部手術、人工心肺を使用する手術
- 10° 以上のトレンデレンブルク/逆トレンデレンデンブルク位
- 妊娠中
- BMI > 60 kg/m²
- 急性心不全および重度の肺疾患（急性呼吸困難症候群、肺線維症、肺炎、慢性閉塞性肺疾患など）
- インフォームドコンセントを得られない患者

Randomization

- PEEP 5 cmH₂O (対照群)
- PEEP BMI/3 cmH₂O (介入群)

無作為化：

- ブロックサイズを変化させたランダム化順列ブロックを用いて、1:1の割り付け比で割り付けした。番号は封筒に封入し麻酔導入後に開封した。
- 割り付けは患者とデータの収集に関与しないグループが行い、患者と患者に関わる医療者には盲検化された。

- 全身麻酔導入前に12ゾーン法による肺エコー検査でlung aeration scores (肺胞含気スコア) を測定
- 全身麻酔を行いPEEP設定後、対照群ではPEEP + 20cmH₂O、介入群では30cmH₂Oで10秒間のリクルートメント手技を行う
- 人工呼吸器回路を外した場合や、 $F_{I}O_2 \geq 0.6$ でもSpO₂ 90%未満となる場合は同様にリクルートメント手技を行う
- 一回換気量は理想体重 × 7 ml/kg
- 術後基本的に酸素投与はなし、SpO₂ 90%未満なら酸素投与
- 回復室入室後に2回目の肺エコー検査を実施

Outcomes

Primary Outcome

平均駆動圧（吸気末期のプラトー圧－PEEP）

Outcomes

Secondary Outcome

- 手術前と回復室での肺含気スコアの変化
- 術中の肺コンプライアンス (Crs)
- 静的弾性Mechanical power (MPel_{-stat}) と動的弾性Mechanical power (MPel_{-dyn})
- 術中輸液、カテコラミン使用、低血圧イベント (平均動脈圧<65mmHg> 1分) の数と時間
- 術中のリクルートメント手技施行回数
- 回復室到着後の最初の酸素飽和度 (酸素供給なし)
- SpO₂90%以上維持するために回復室で酸素供給を必要とした患者数
- 術後1つ以上の呼吸器合併症を生じた患者数 (非侵襲的または侵襲的機械的換気が必要とする呼吸不全、既存の慢性肺疾患の増悪、胸水、無気肺、気管支痙攣、肺水腫、気胸、肺炎、および急性呼吸困難症状)



Sample size

- 対照群で駆動圧が9cmH₂O、介入群で7cmH₂Oとなるためには検出力80%、有意水準0.05で54例が必要と推定された
- 脱落を考慮し60例とした

Statistical Analysis

- 統計解析はWindows用のGraphPad Prismバージョン10.0.0
- 連続変数の群間比較：パラメトリックデータに対しては両側の対応のないt検定、ノンパラメトリックデータに対してはMann-Whitney検定、分散の不均一性（異分散性）が検出された場合に群間の分散の不等性を補正するためにWelchのt検定を使用
- カテゴリー変数の群間比較：Fisherの正確確率検定
- 駆動圧とBMIの関連は線形回帰分析を使用

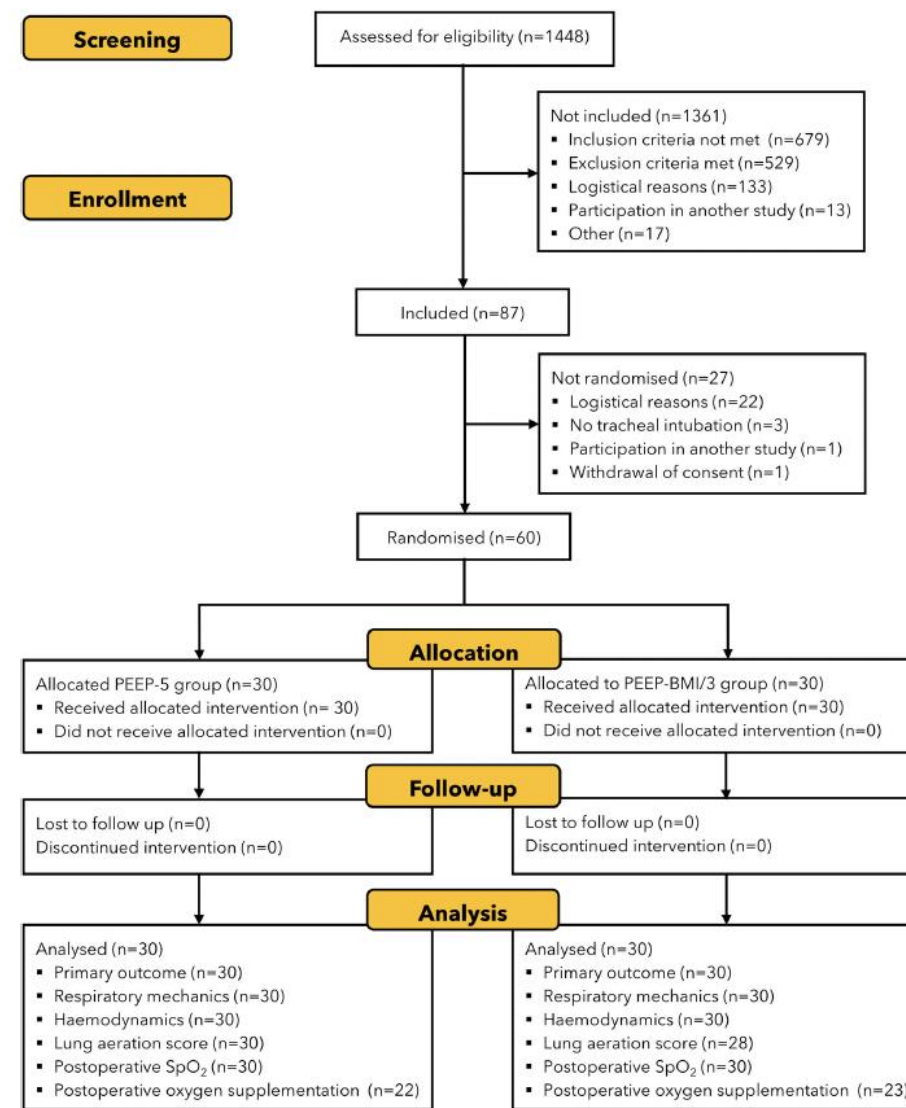


Results

対照群30例

介入群30例

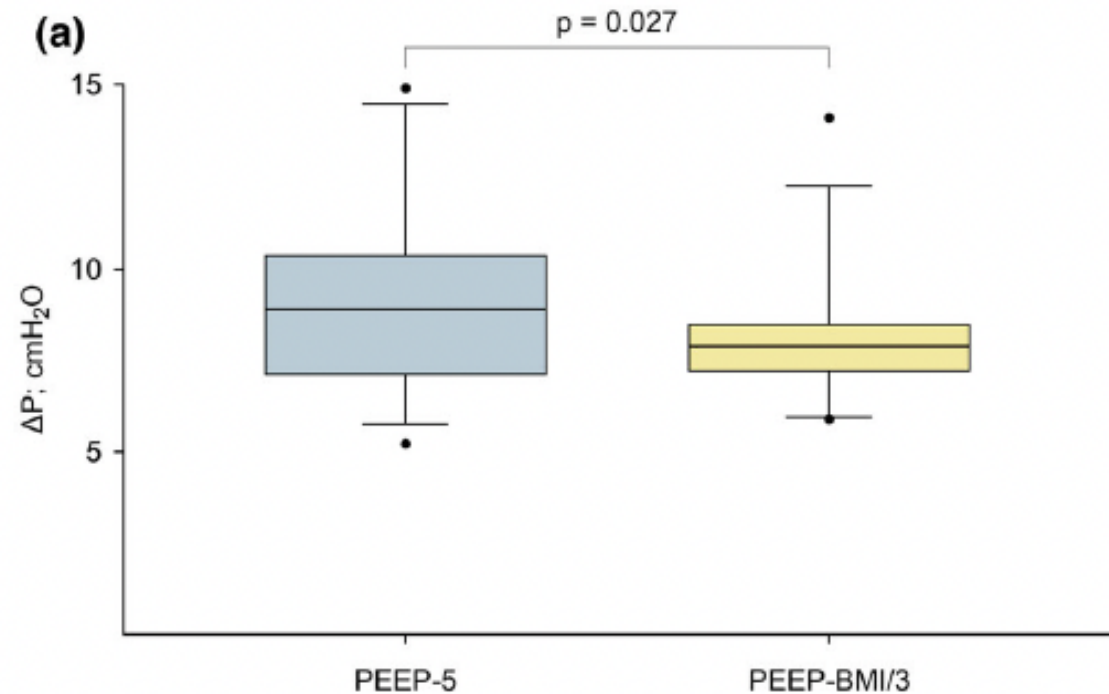
患者や手術要因に有意差なし



Results

Primary Outcome

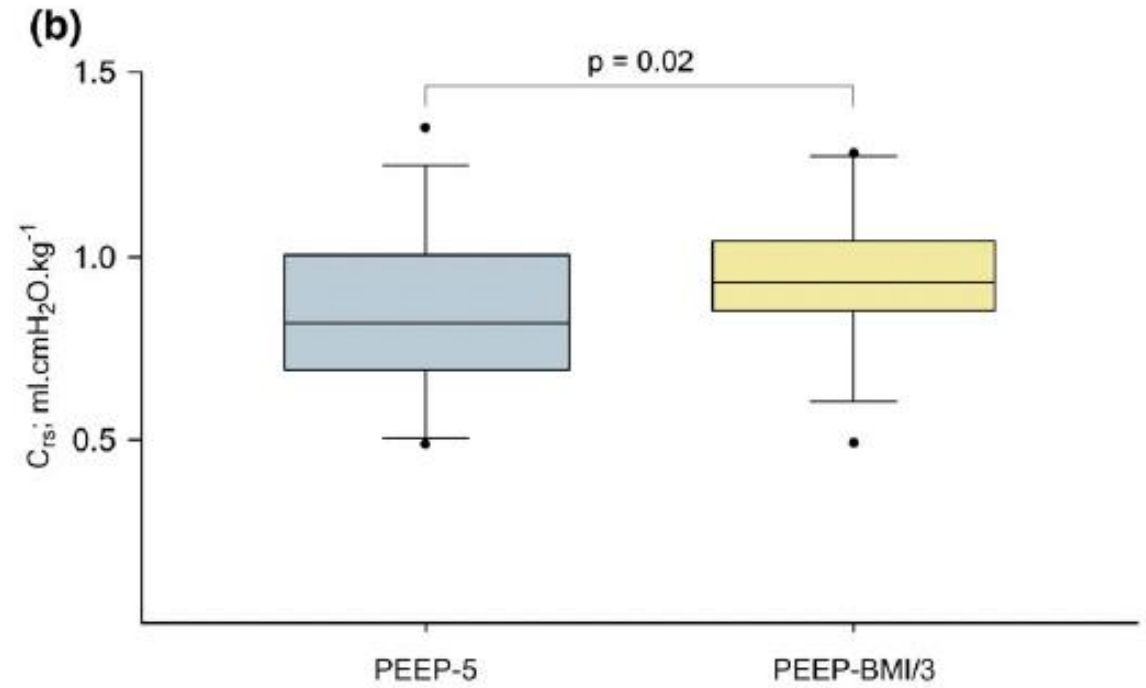
PEEP 5 群と比較し
PEEP BMI/3群は
有意に駆動圧が低い
(8.9 vs 7.9 cmH₂O)



Results

Secondary Outcome

PEEP BMI/3群は
肺コンプライアンスが
有意に高値
(0.83 vs 0.95 ml/cmH₂O/kg)

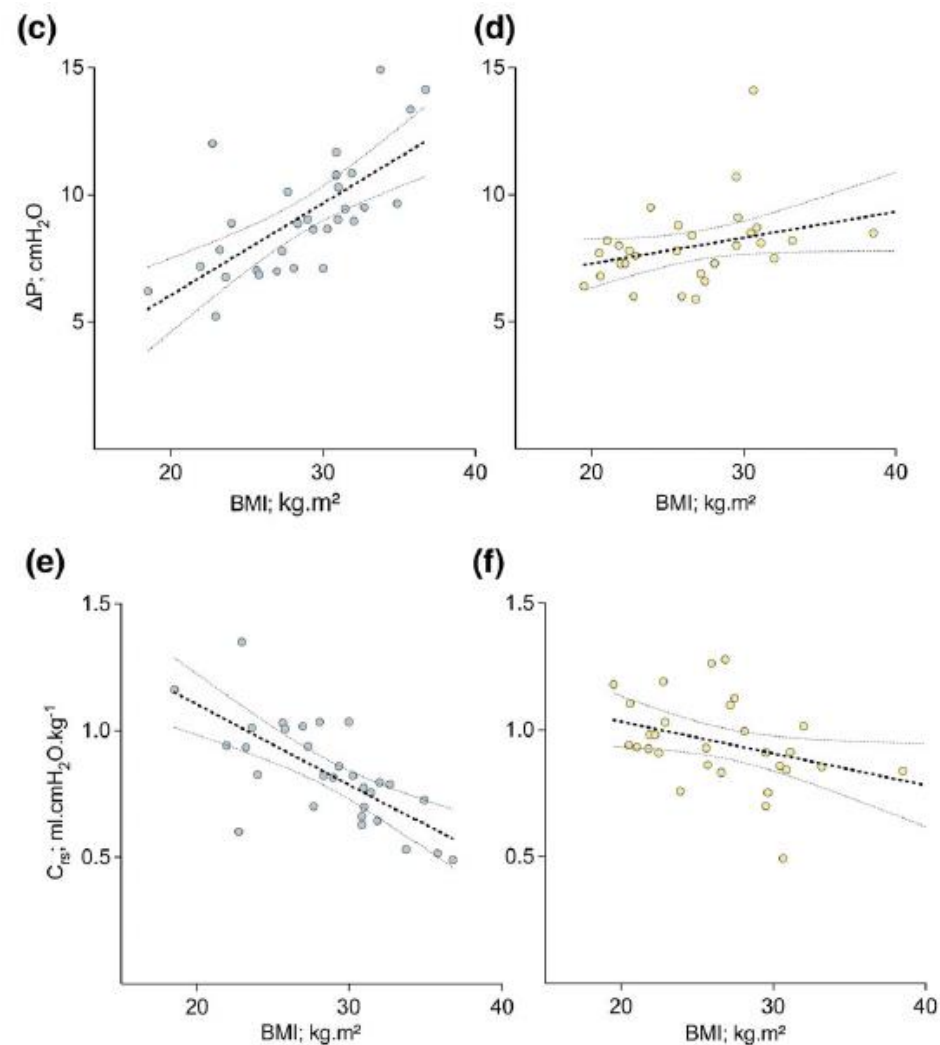


Results

Secondary Outcome

駆動圧はPEEP 5 群はBMIに相関し、
PEEP BMI/3群は
BMIに相関しなかった

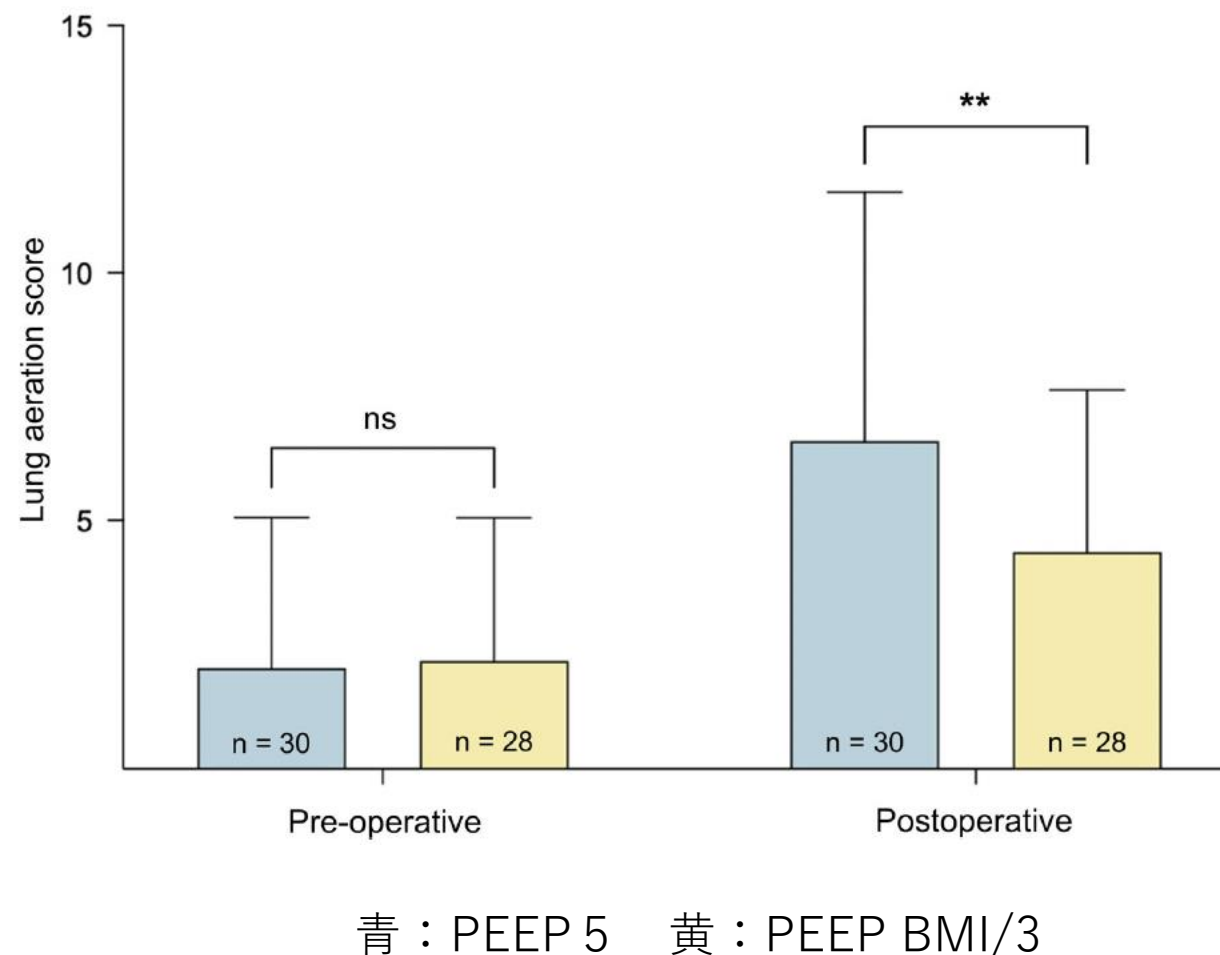
両群において肺コンプライアンスは
BMIと負の相関があった



Results

Secondary Outcome

肺エコーによる評価で
術後無気肺はPEEP BMI/3群
で有意に減少した
(7人 vs 0人)



Results

Secondary Outcome

- 術後PACU入室時のSpO₂はPEEP 5 群で有意に低かった (SpO₂ 92 vs 94%)
- 術後酸素投与を要した患者はPEEP 5 群で有意に多かった (13 vs 16人)
- 血行動態変化は両群に有意差を認めなかった

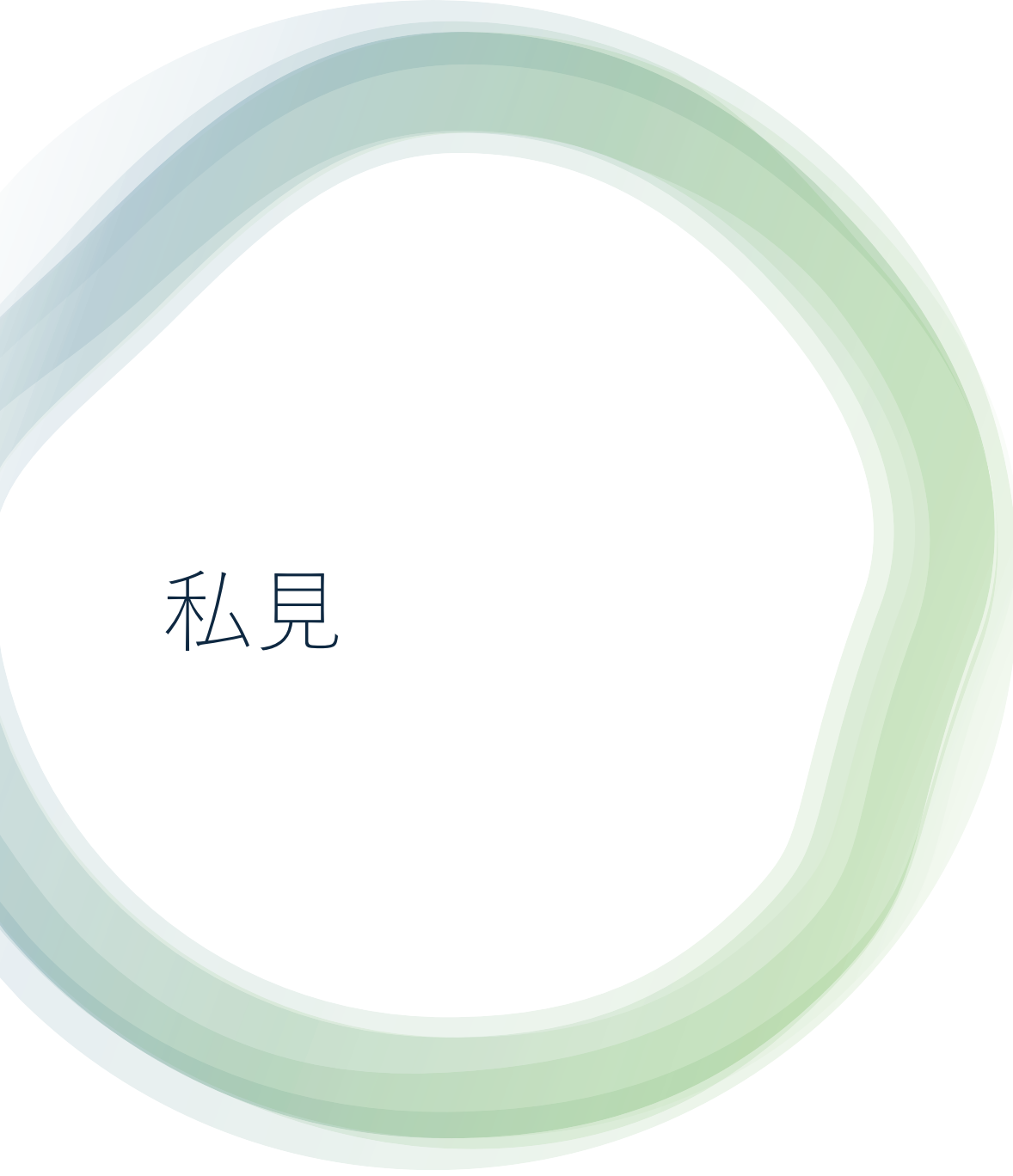
Discussion

- PEEP BMI/3cmH₂O設定により駆動圧と術後の肺胞含気スコアの改善、無気肺の低減を認めた。
- 術後回復室でのSpO₂が上昇、酸素投与の必要性が減少した。
- PEEP BMI/3cmH₂O設定では駆動圧とBMIが相関しなかった。特に高BMI患者において術後呼吸器合併症の軽減に有効である可能性がある



Limitation

- BMI > 60の高度肥満患者が除外されている。
- BMIを層別化しておらず、有意ではないが対照群と介入群のBMIに差がある (28.6 vs 27.0)。
- 術後SpO₂に有意差を認めたが、臨床的に有用な値ではない可能性がある。また、麻酔薬や患者要因等の影響が考えられ、術中の換気戦略の結果のみを反映していない。



私見

○無作為化されている

○患者、麻酔担当医、データ解析者に盲検化されている

✕患者のBMIに差がある

✕単施設研究

- BMI ÷ 3 を用いたPEEP設定はEITや食道内圧測定のような精度はないが、簡便でコストがかからない
- 有害事象がなく安全に適用できる
- より大規模で層別化された研究が待たれる