

Ventilation à petit volume et bas débit pour sauver le patient et ... la planète !

Jean-michel Constantin M.D Ph.D.

Réanimation Chirurgicale et Polyvalente

Département D'anesthésiologie et Réanimation

Hopital Universitaire Pitié-Salpêtrière



DMU **DREAM** (Département de Réanimation Anesthésie Médecine Périopératoire)
Groupe de Recherche Clinique ARPE



DREAM
APHP.SORBONNE-UNIVERSITÉ

Links of interest

LFB

MSD

BAXTER

DRAGER

MAQUET

FRESENIUS-KABI

HOSPAL

GE

ORION

ASTELLAS

ABBOTT

VIASYS

ALERE

EDWARDS

PFIZER

PHILIPS

HAMILTON

MASSIMO

BBRAUN

BiRD-Corporation

ASTUTE Medical

Fisher-Paykel

Sedana Medical

French Ministry of Health

French Ministry of Education & research

APHP

Ventilation protectrice pour
sauver le patient et ... la planète !

La planète va mal

Les anesthésistes ont un impact
sur le développement durable ?

**Les anesthésistes ont un impact
sur le devenir des patients !**

Temporal Patterns of Postoperative Complications

Jon S. Thompson; B. Timothy Baxter; John G. Allison; Frank E. Johnson; Kelvin K. Lee; Woo Young Park
Arch Surg 2003;138:596-603

1021 patients with intraabdominal surgery studied prospectively during the postoperative period

Cardiac complications	N=135 (13%)
Myocardial infarction	4%
Congestive heart failure	3%
Hypotension	3%
Cardiac arrhythmia	2%
Angina	1%
Pulmonary complications	N=213 (21%)
Respiratory failure	12%
Pneumonia	7%
Respiratory depression	2%
Others	
Sepsis	4%
Renal failure	2%

Temporal Patterns of Postoperative Complications

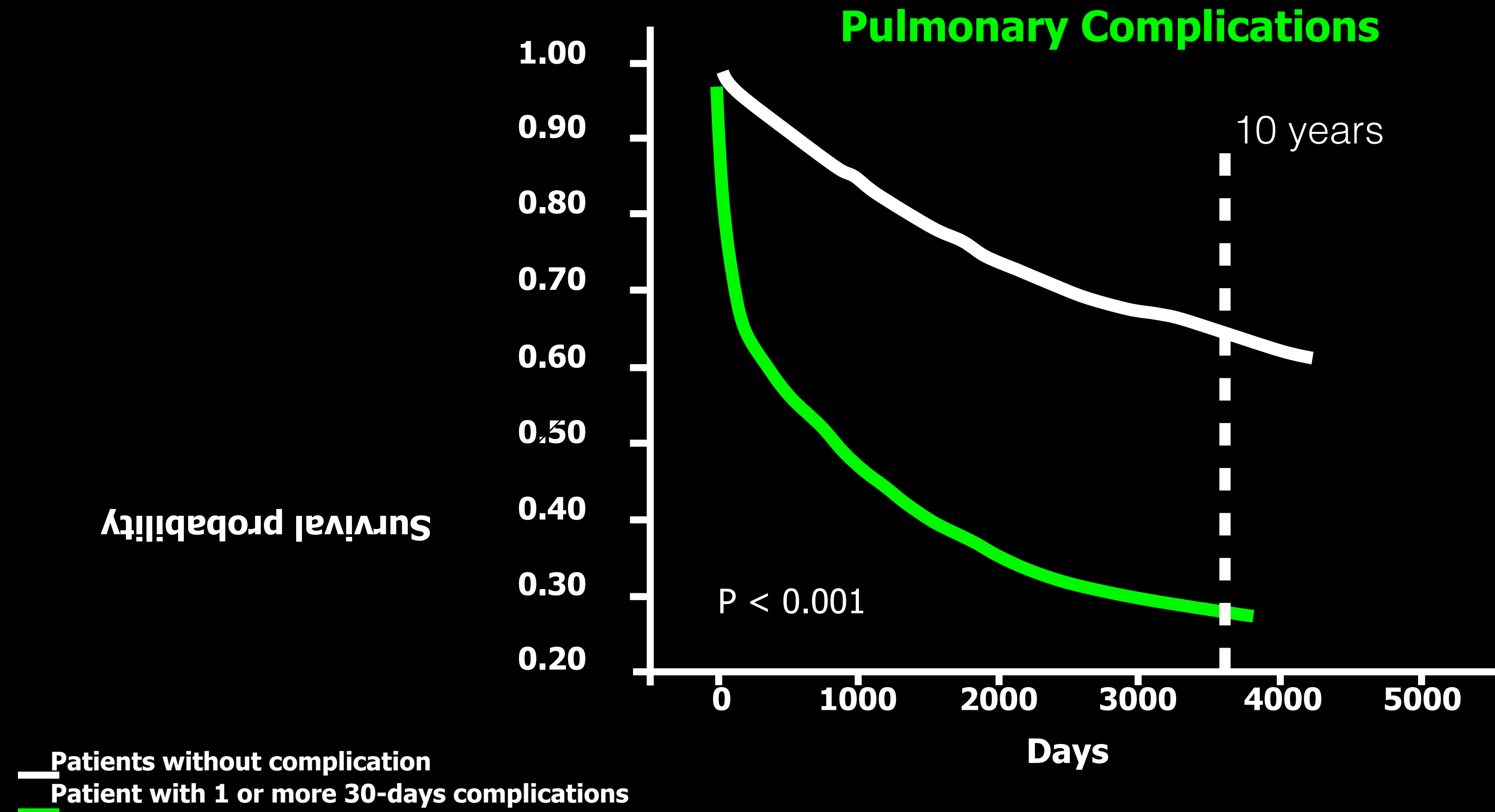
Jon S. Thompson; B. Timothy Baxter; John G. Allison; Frank E. Johnson; Kelvin K. Lee; Woo Young Park
Arch Surg 2003;138:596-603

1021 patients with intraabdominal surgery studied prospectively during the postoperative period

Cardiac complications	N=135 (13%)
Myocardial infarction	4%
Congestive heart failure	3%
Hypotension	3%
Cardiac arrhythmia	2%
Angina	1%
Pulmonary complications	N=213 (21%)
Respiratory failure	12%
Pneumonia	7%
Respiratory depression	2%
Others	
Sepsis	4%
Renal failure	2%

Determinants of Long-Term Survival After Major Surgery and the Adverse Effect of Postoperative Complications

Shukri F. Khuri, MD and al.



Authors' conclusions: The occurrence of a **30-day postoperative complication is more important than preoperative patient risk and intraoperative factors** in determining the survival after major surgery.

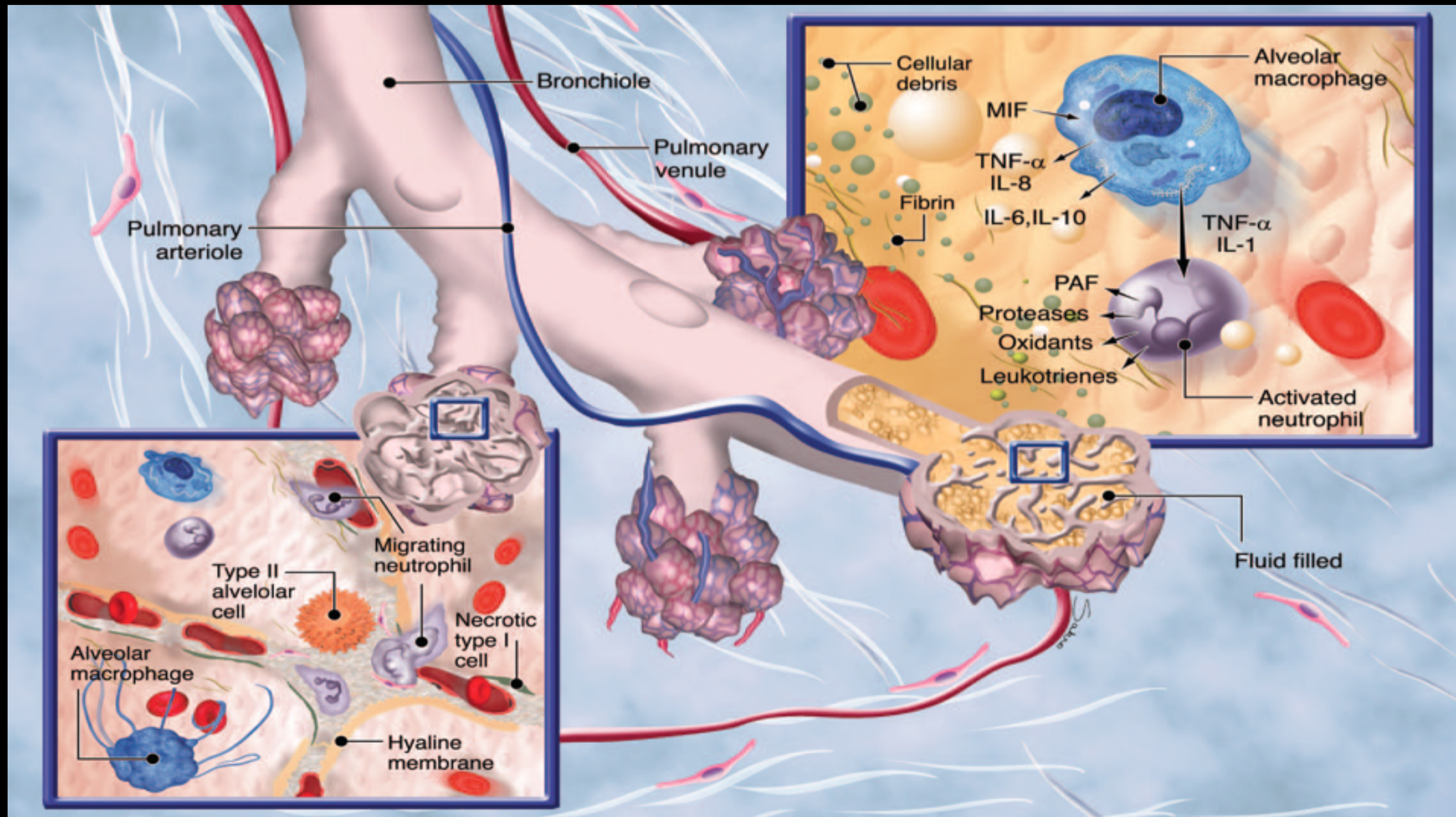
**Ventilation mécanique
coupable ?**

The Multiple "hits" theory

- Injurious mechanical ventilation alone may not be sufficient to induce lung injury
- Two (or more) different insults may interact to create the conditions of subsequent lung injury
 - **Major Surgery** + + + + +
 - Massive blood transfusion ++
 - Aspiration
 - Preexisting lung lesion (pneumonia, ...)
 - ...

Pulmonary Atelectasis:

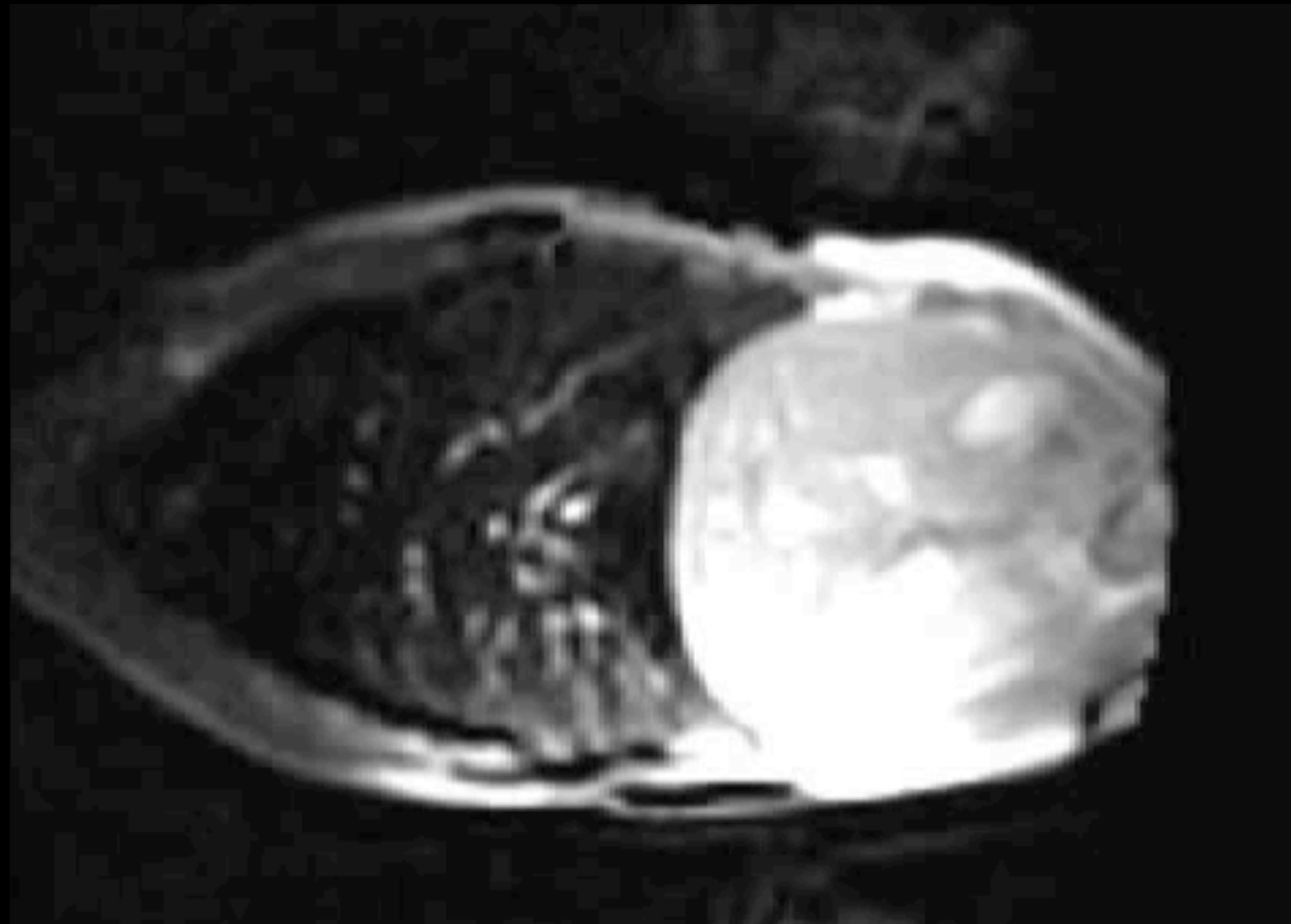
A Pathogenic Perioperative Entity



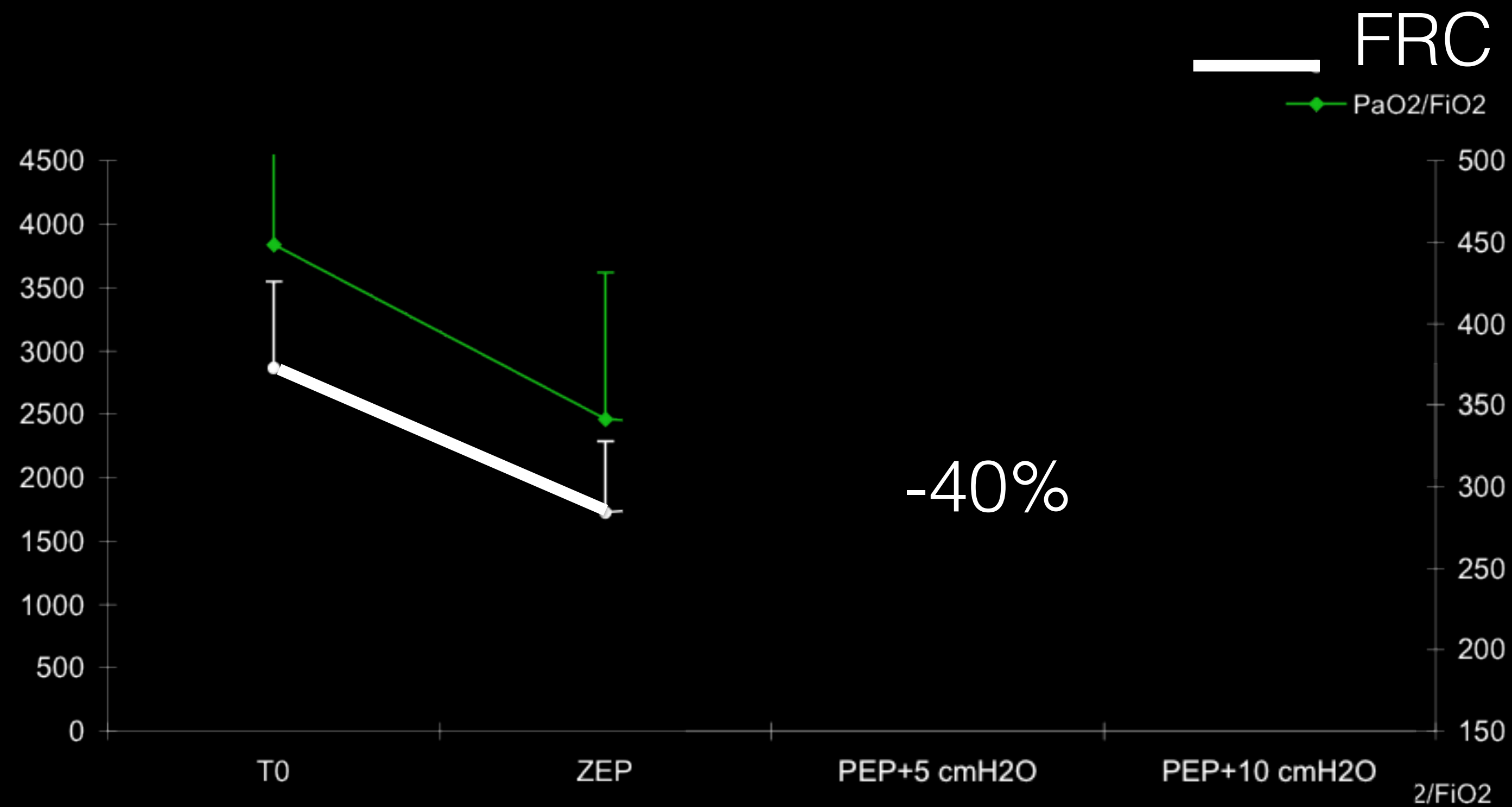
Initial injury is simple collapse of alveoli. However, with time, this leads to an **inflammatory reaction**. The derecruited lungs cause **epithelial injury** and **loss of epithelial integrity**

Atelectasis and General Anesthesia

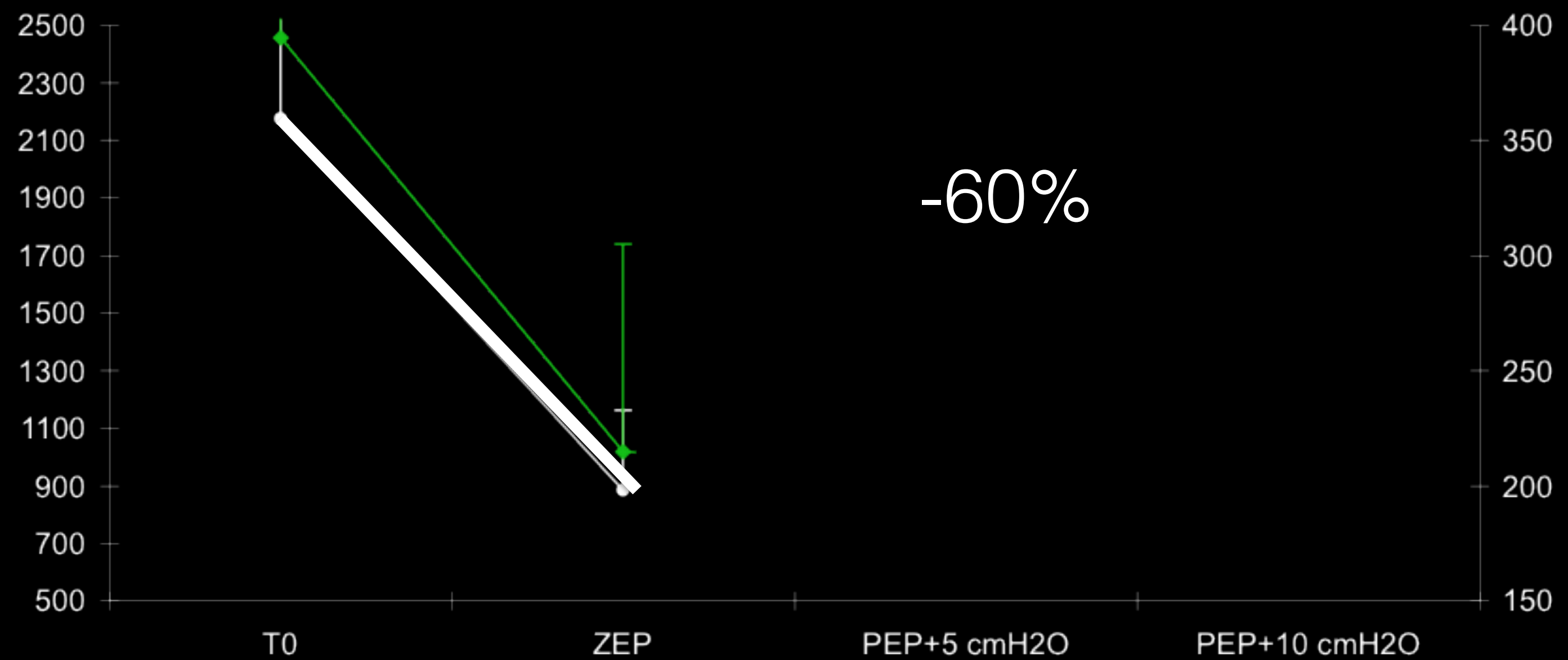
Spontaneous Ventilation



Non Obese



Obese



IMPAIRED OXYGENATION IN SURGICAL PATIENTS DURING GENERAL
ANESTHESIA WITH CONTROLLED VENTILATION*

A Concept of Atelectasis

H. H. BENDIXEN, M.D.,† J. HEDLEY-WHYTE, M.B., B.CHIR.,‡ AND M. B. LAVER, M.D.§

REVIEW ARTICLE

N Engl J Med 2013;369:2126-36.

CRITICAL CARE MEDICINE

Simon R. Finfer, M.D., and Jean-Louis Vincent, M.D., Ph.D., *Editors*

Ventilator-Induced Lung Injury

Arthur S. Slutsky, M.D., and V. Marco Ranieri, M.D.

A. Ventilation at LOW Lung Volume



Atelectrauma

**Lung
inhomogeneity**

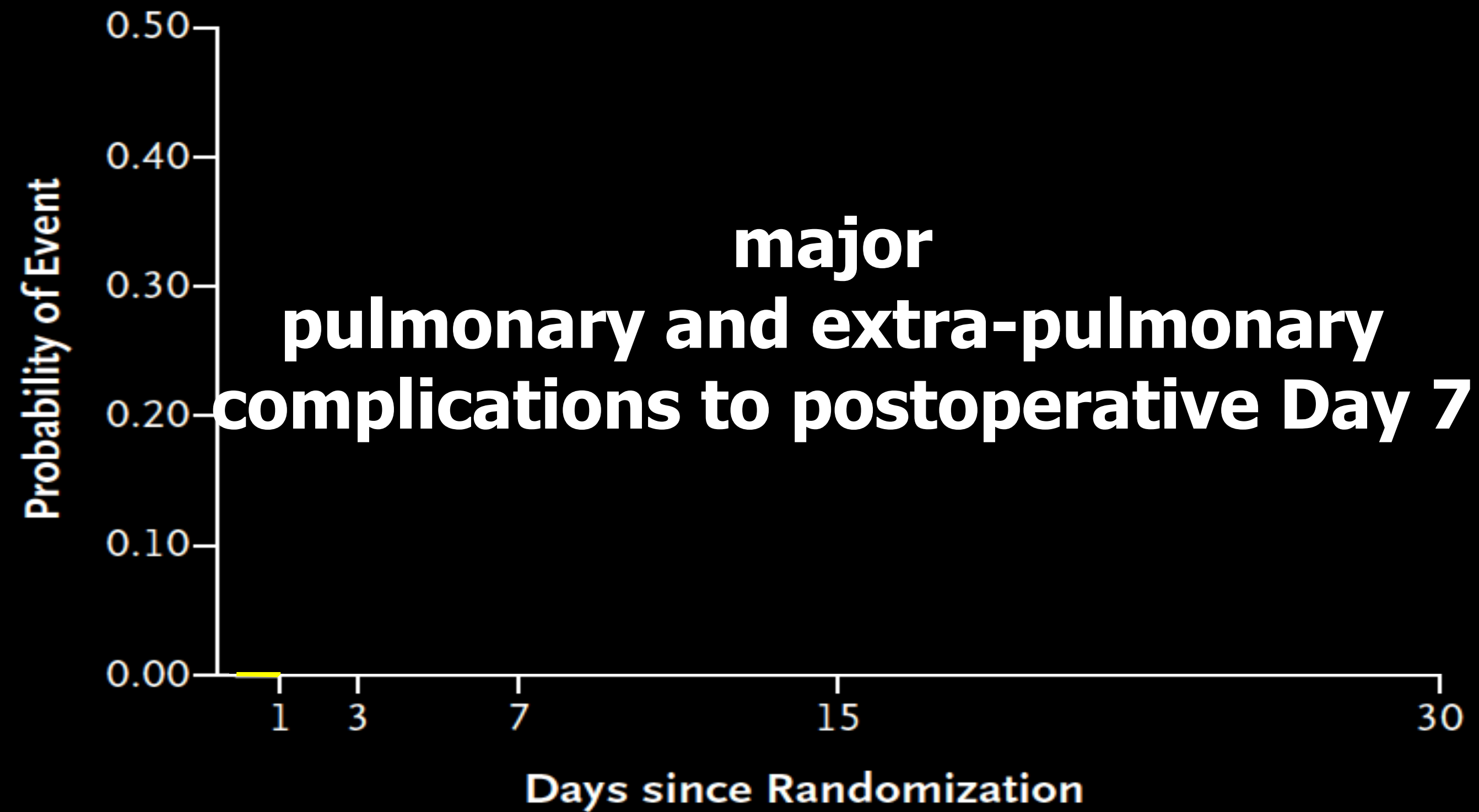
ORIGINAL ARTICLE

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

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.,
Marc Beaussier, M.D., Ph.D., Christophe Gutton, M.D., Jean-Yves Lefrant, M.D., Ph.D.,
Bernard Allaouchiche, M.D., Ph.D., Daniel Verzilli, M.D., Marc Leone, M.D., Ph.D.,
Audrey De Jong, M.D., Jean-Etienne Bazin, M.D., Ph.D., Bruno Pereira, Ph.D.,
and Samir Jaber, M.D., Ph.D., for the IMPROVE Study Group*

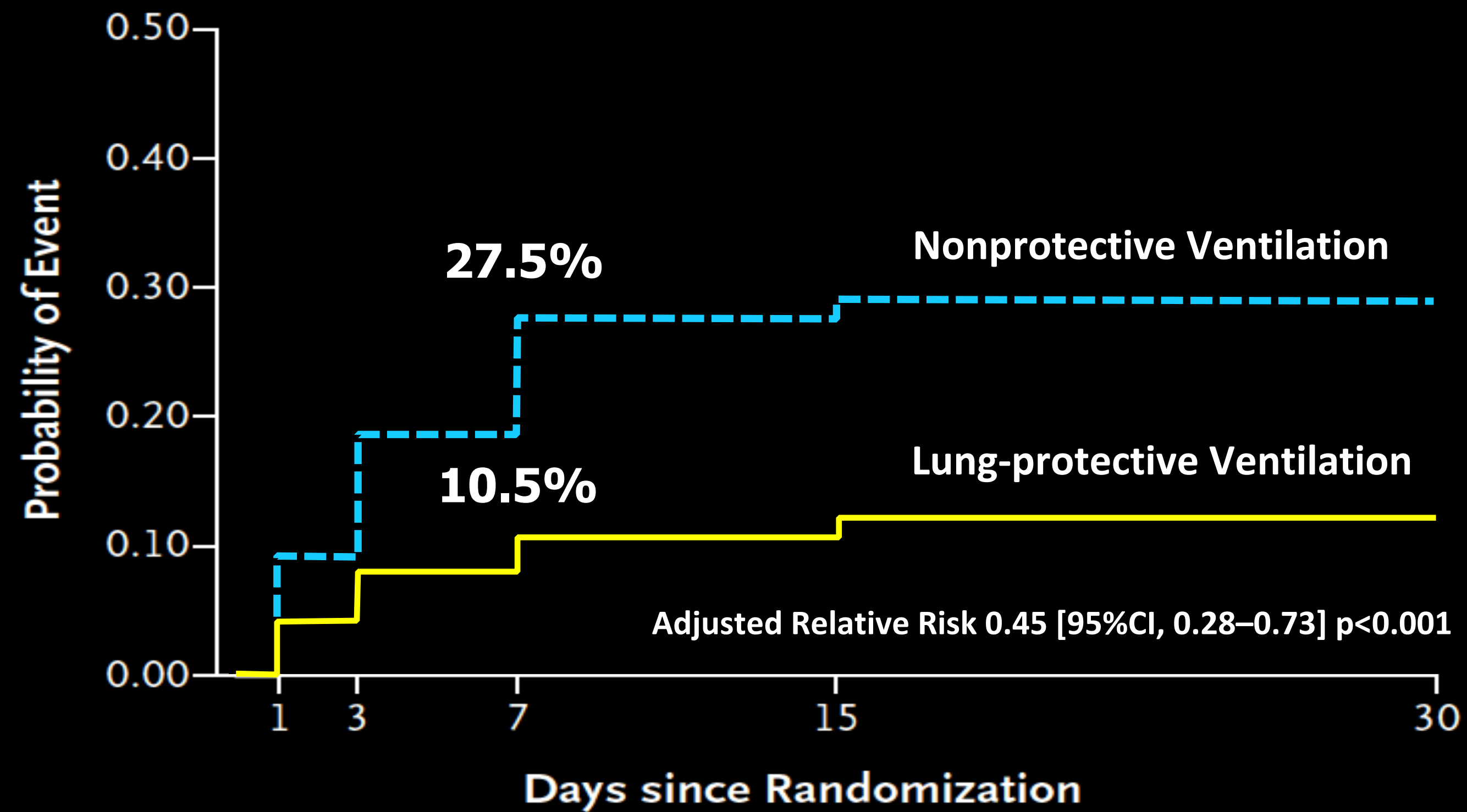
Lung-protective ventilation (N=200)
VT 6 to 8 ml/kg PBW
PEEP 6 to 8 cmH₂O
Recruitment Maneuver

Non-protective ventilation (N=200)
VT 10 to 12 ml/kg PBW
No PEEP
No Recruitment Maneuver



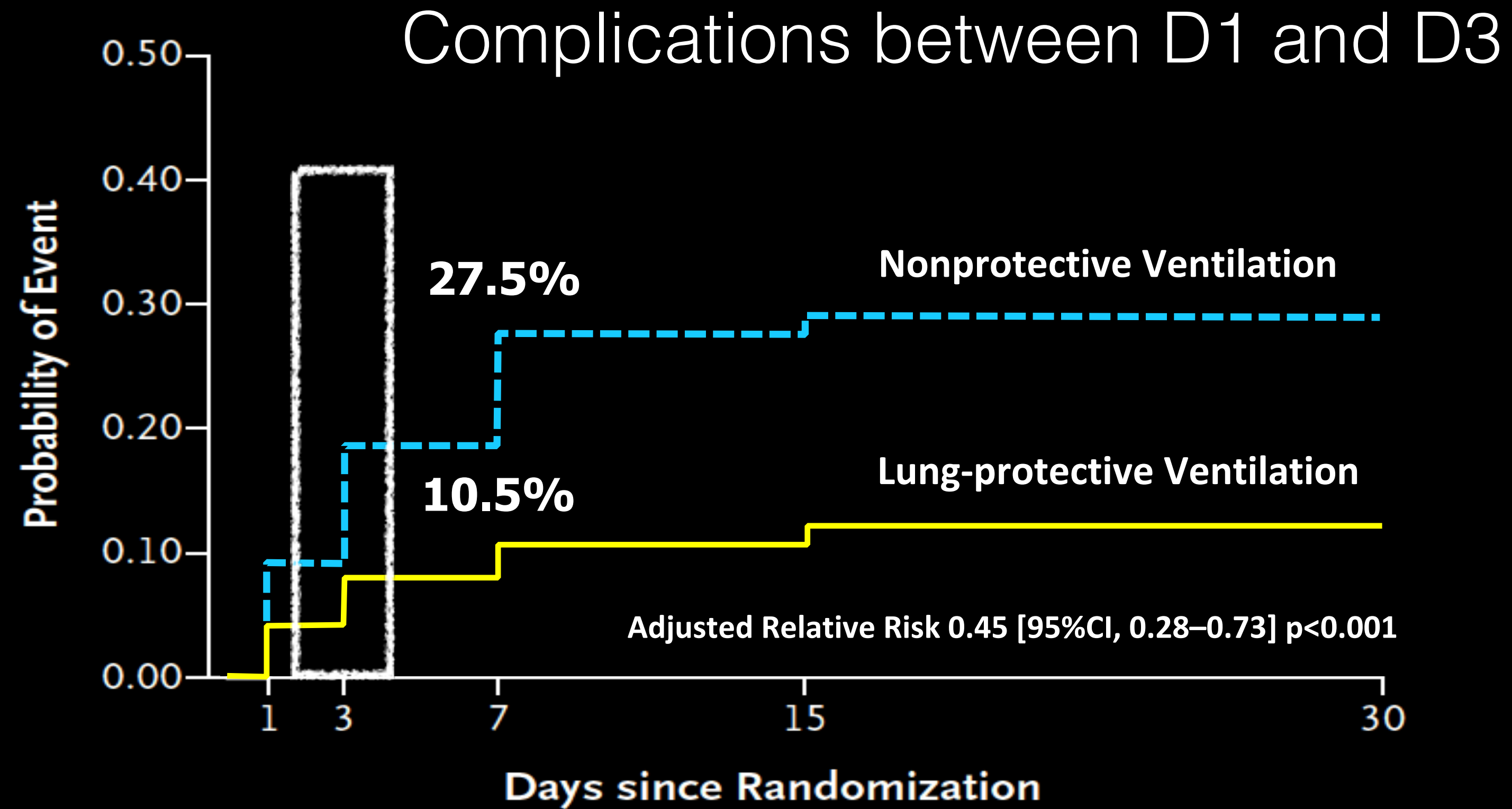
Lung-protective ventilation (N=200)
VT 6 to 8 ml/kg PBW
PEEP 6 to 8 cmH₂O
Recruitment Maneuver

Non-protective ventilation (N=200)
VT 10 to 12 ml/kg PBW
No PEEP
No Recruitment Maneuver



Lung-protective ventilation (N=200)
VT 6 to 8 ml/kg PBW
PEEP 6 to 8 cmH₂O
Recruitment Maneuver

Non-protective ventilation (N=200)
VT 10 to 12 ml/kg PBW
No PEEP
No Recruitment Maneuver



Secondary outcomes – no. (%)				
	Non-protective Ventilation Group (n=200)	Lung-protective Ventilation Group (n=200)	Adjusted Relative Risk or Between-Group Difference(95% CI)	P Value
Variables				
Pulmonary complications within 7 days				
Grade 1 or 2	30 (15)	25 (12.5)	0.67 (0.39–1.16)	0.16
Grade ≥3	42 (21)	10 (5.0)	0.23 (0.11–0.49)	<0.001
Atelectasis within 7 days	34 (17)	13 (6.5)	0.37 (0.19–0.73)	0.004
Pneumonia within 7 days	16 (8.0)	3 (1.5)	0.19 (0.05–0.66)	0.009
ALI or ARDS within 7 days	6 (3.0)	1 (0.5)	0.21 (0.02–1.71)	0.14
Extrapulmonary complications				
Sepsis	29 (14.5)	13 (6.5)	0.48 (0.25–0.93)	0.03
Severe Sepsis or septic shock	9 (4.5)	8 (4.0)	1.48 (0.51–4.32)	0.47
Death within 30 days	7 (3.5)	6 (3.0)	1.13 (0.36–3.61)	0.83
Duration of stay – days				
Hospital stay	13 (8–20)	11 (8–15)	-2.45 (-4.17 to -0.72)	0.006
ICU stay	7 (4–9)	6 (4–8)	-1.21 (-4.98 to 7.40)	0.69

Where does the “beneficial effect” come from?

Respective effects of



?

Where does the “beneficial effect” come from?

Cumulative effects of



**The multifaceted approach (bundle)
is probably the key!**

Lower VT

6 à 8 ml/kg IBW

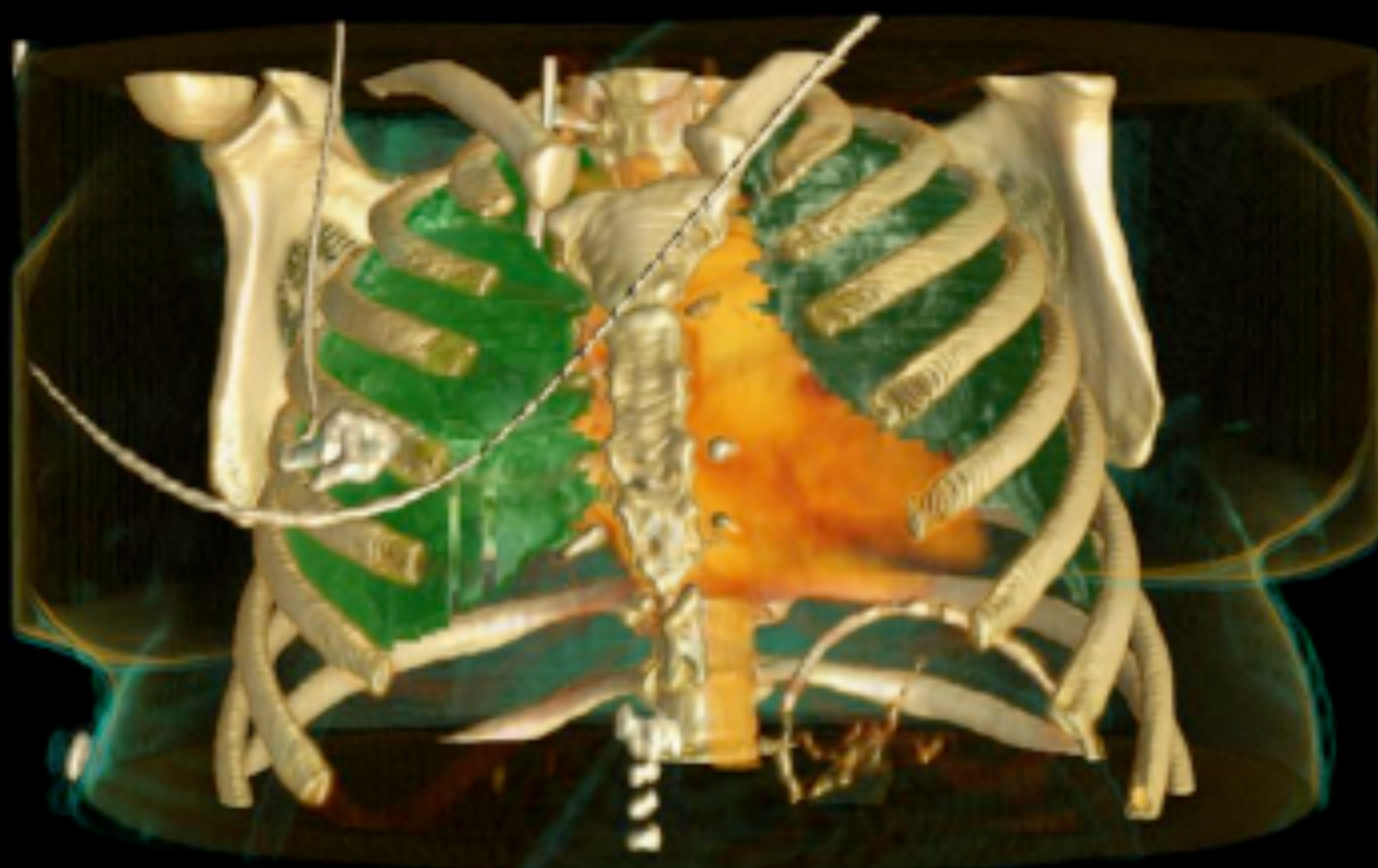
Marie-Thérèse S.
53 ans
162 cm 132 kg



Julia R.
49 ans
161 cm 47 kg



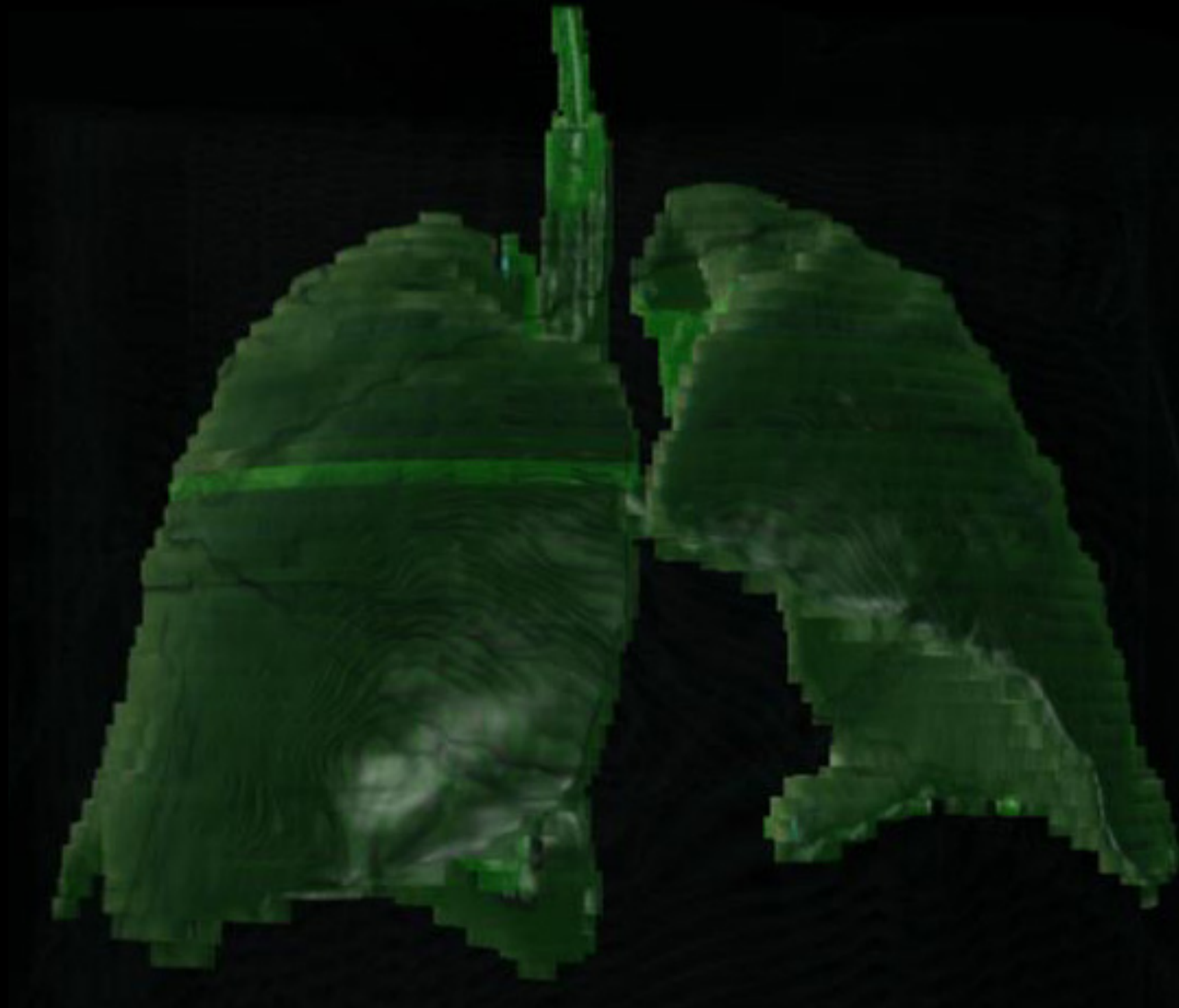
Marie-Thérèse S.
53 ans
162 cm 132 kg



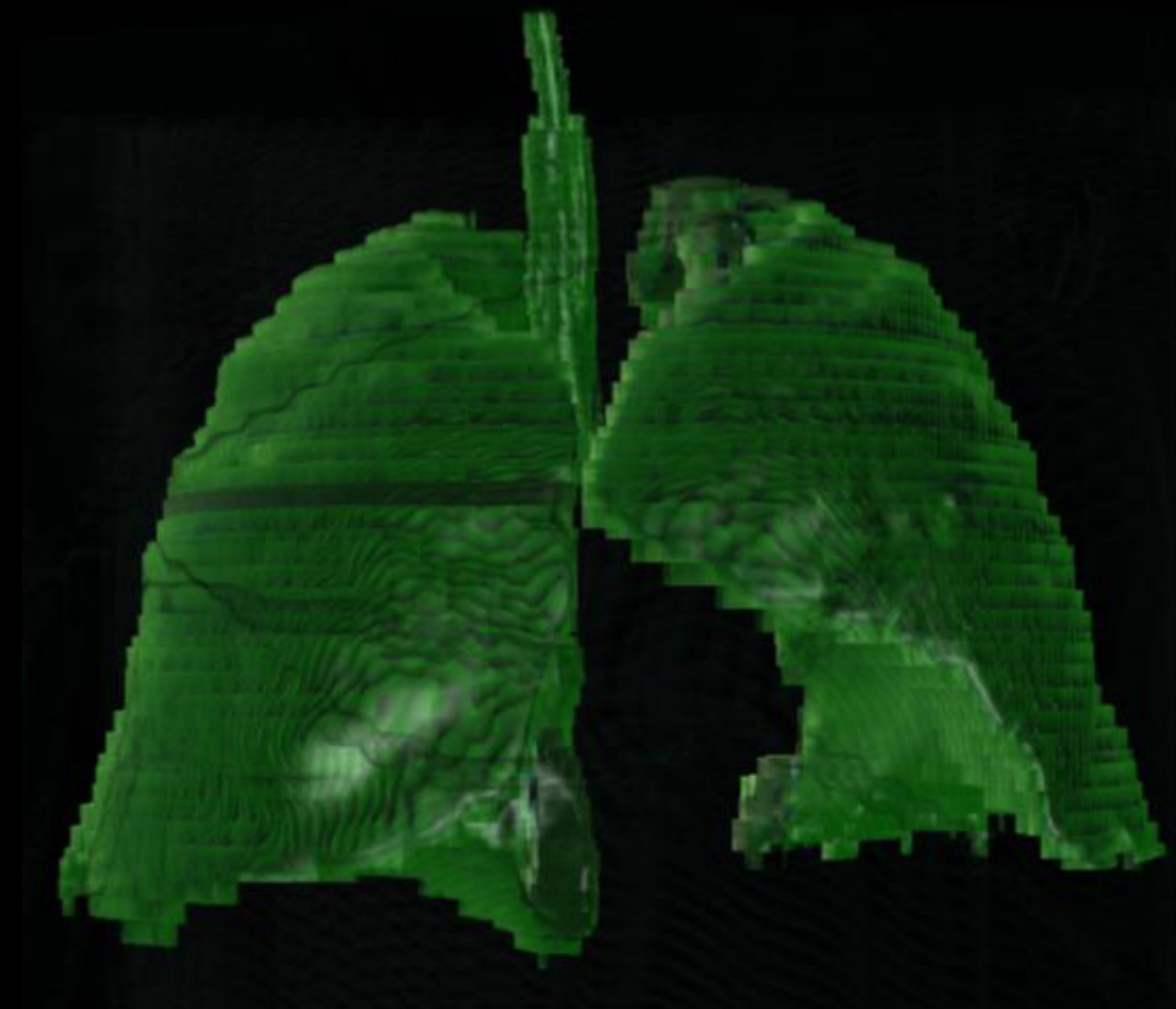
Julia R.
49 ans
161 cm 47 kg



Marie-Thérèse S.
53 ans
162 cm 132 kg



Julia R.
49 ans
161 cm 47 kg



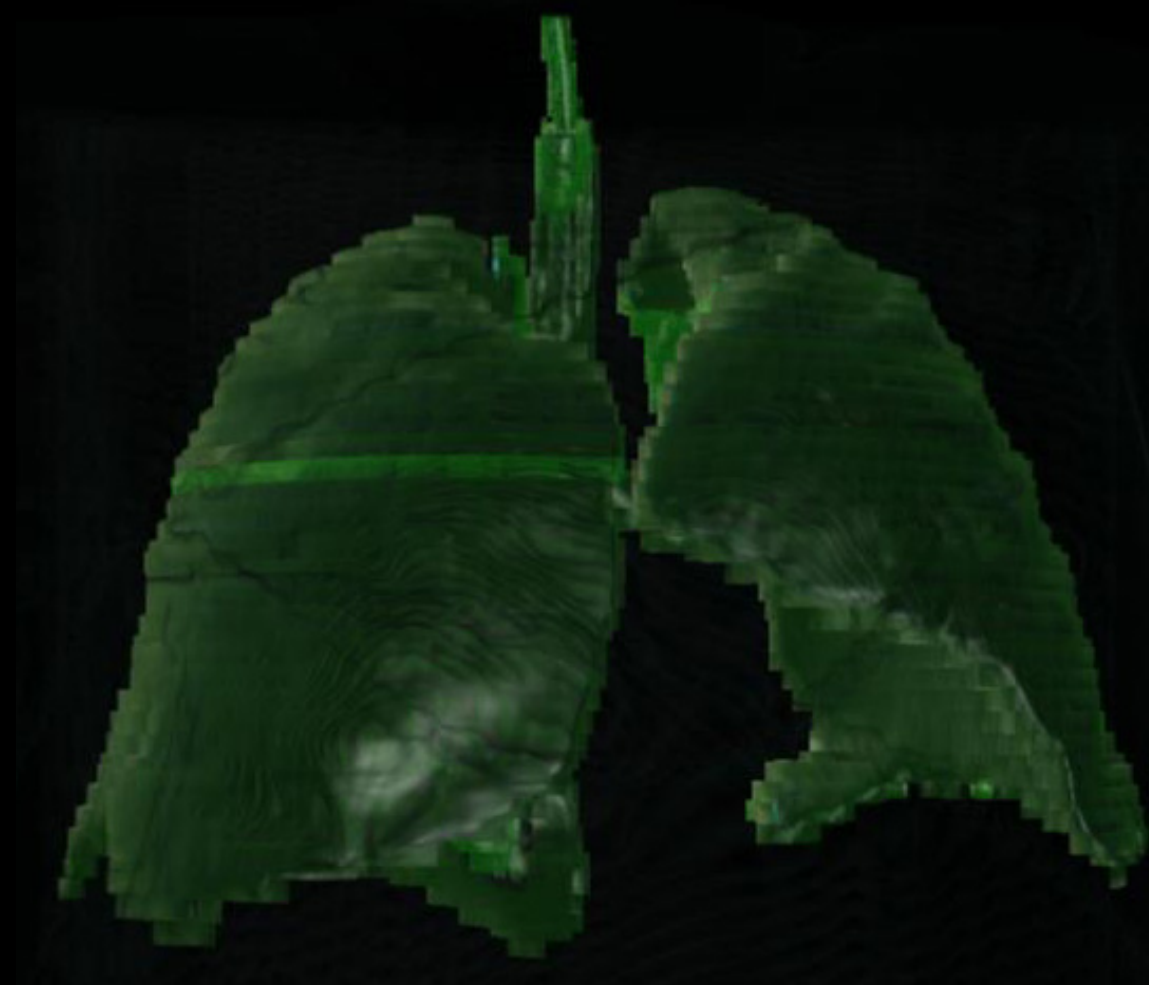
Marie-Thérèse S.
53 ans
162 cm 132 kg



Julia R.
49 ans
161 cm 47 kg

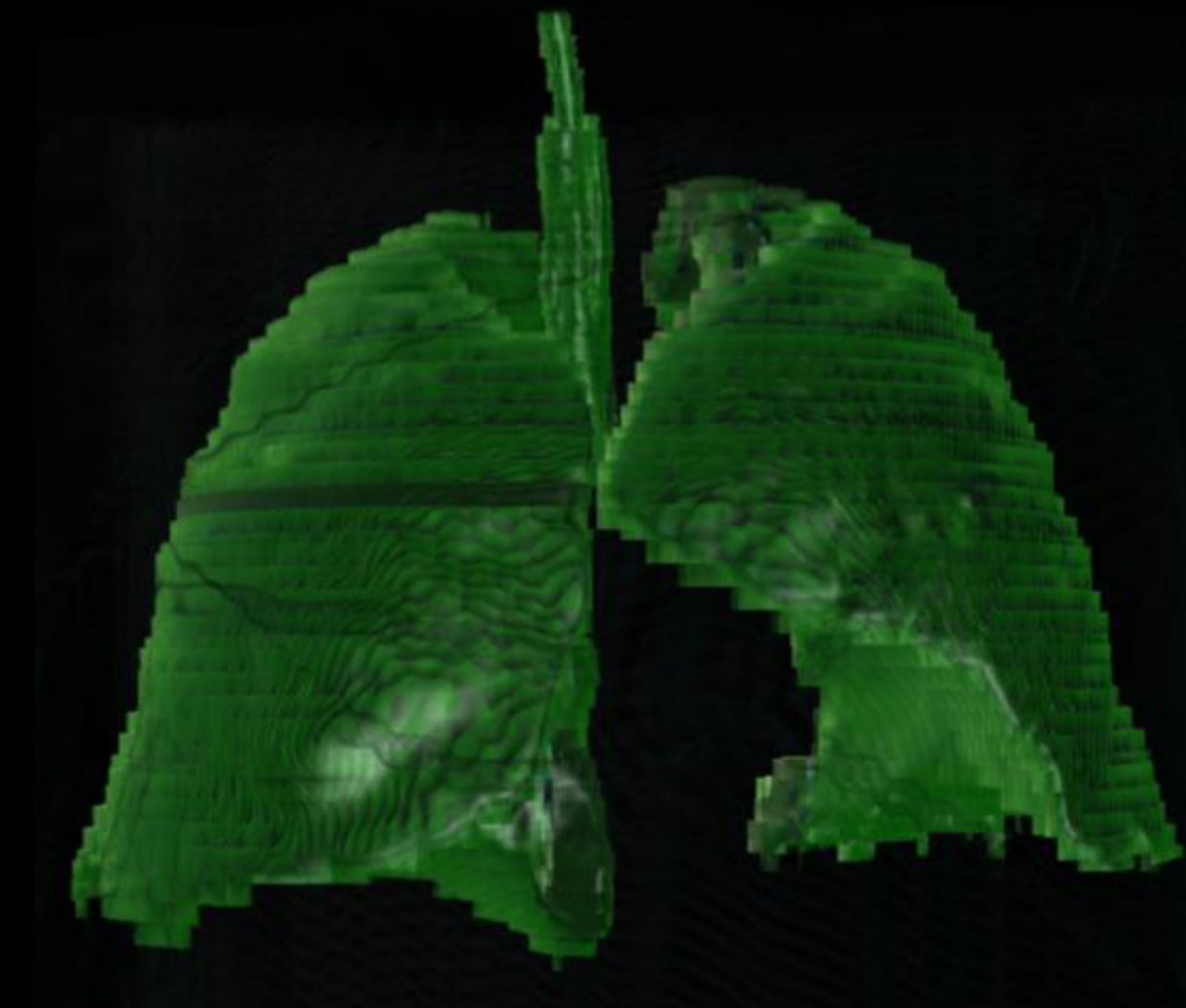


Marie-Thérèse S.
53 ans
162 cm 132 kg



**Lung Volume
= 3245 mL**

Julia R.
49 ans
161 cm 47 kg



**Lung Volume
= 3364 mL**

PIT = Taille (cm) - 110 pour les femmes

PIT = Taille (cm) - 100 pour les hommes



6-8 cm H₂O

>10 Obèse



La PEP ne suffit pas à (re)ouvrir un poumon collabé

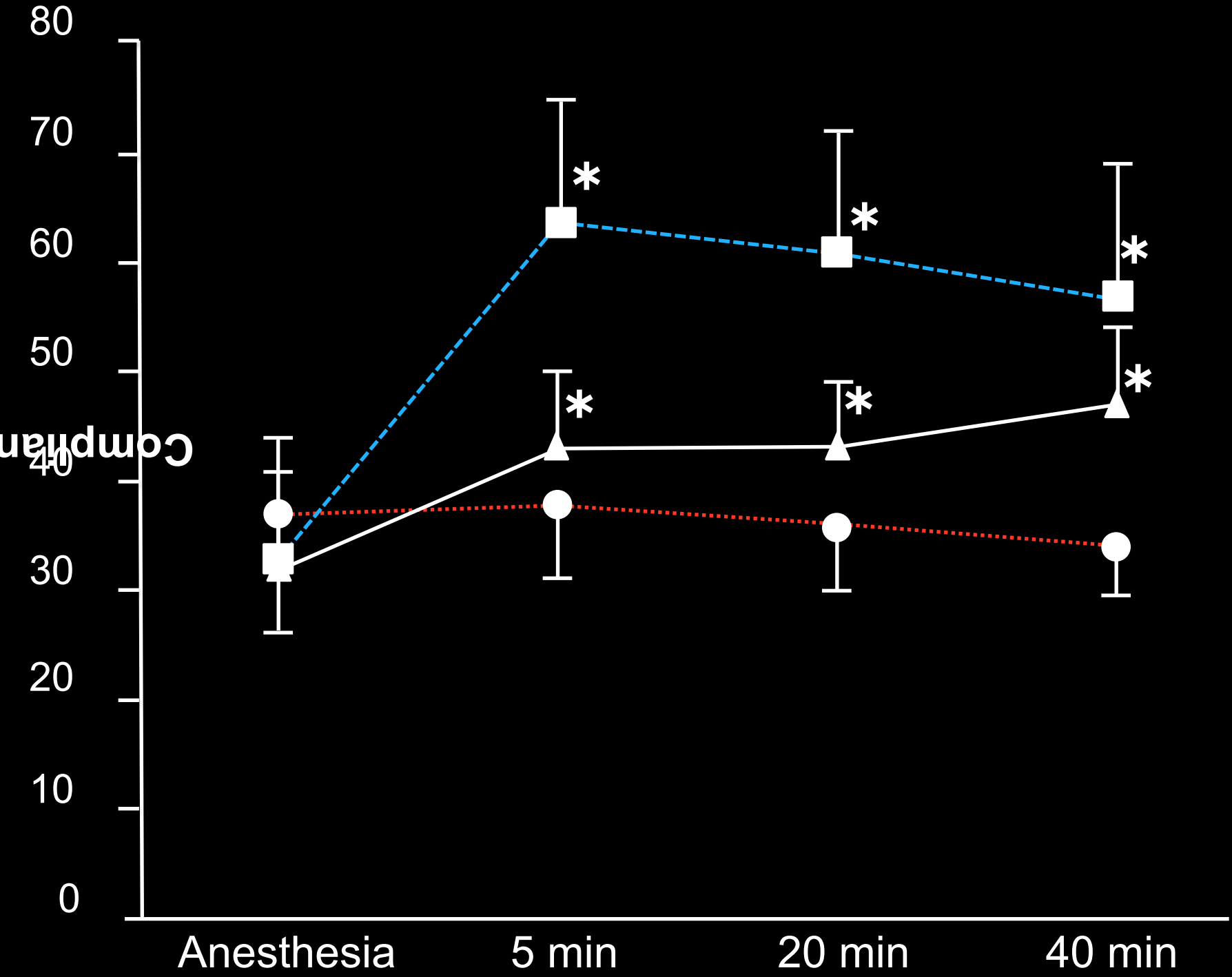
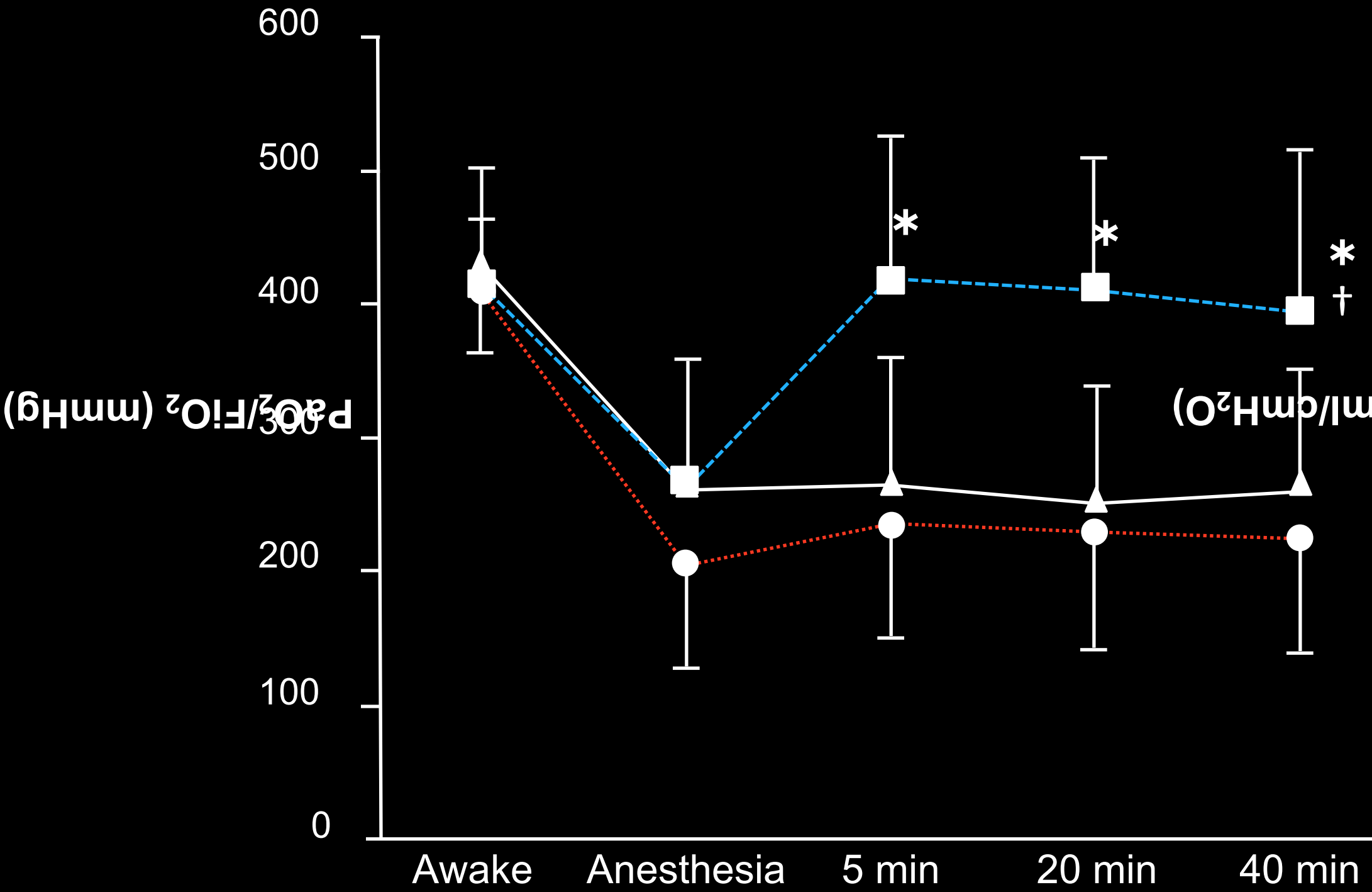
Une RM ne suffit pas à maintenir ouvert le poumon

Prevention of Atelectasis in Morbidly Obese Patients during General Anesthesia and Paralysis

A Computerized Tomography Study

Henrik Reinius, M.D., Lennart Jonsson, M.D., Sven Gustafsson, M.D., Ph.D., Magnus Sundbom, M.D., Ph.D., Olov Duvernoy, M.D., Ph.D.
Paolo Pelosi, M.D., Ph.D., Goran Hedenstierna, M.D., Ph.D., Filip Freden, M.D., Ph.D.

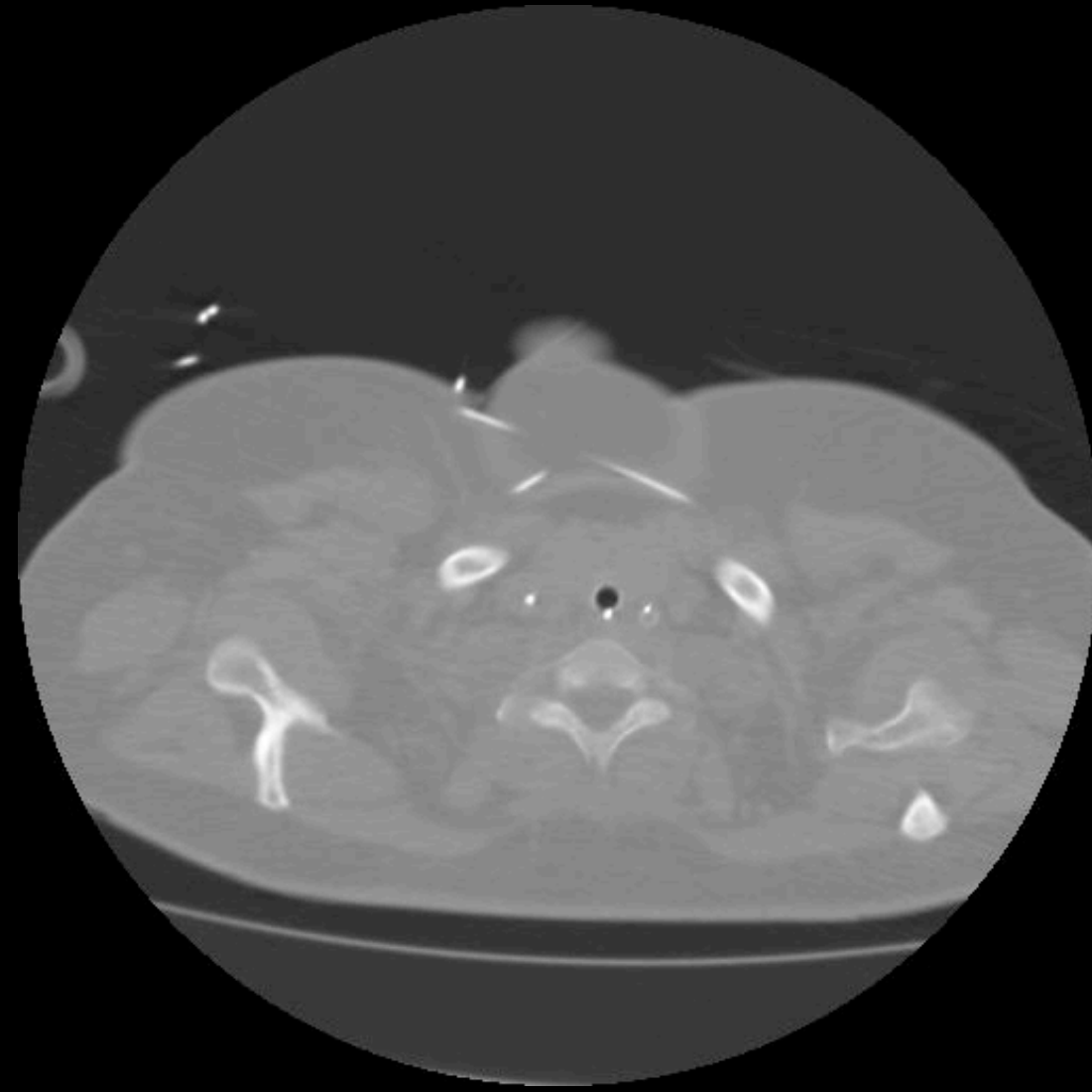
RM = CPAP 55 cmH₂O for 10 sec



- PEEP 10 cmH₂O
- -■- - RM+PEEP
- -▲- - RM+ZEEP

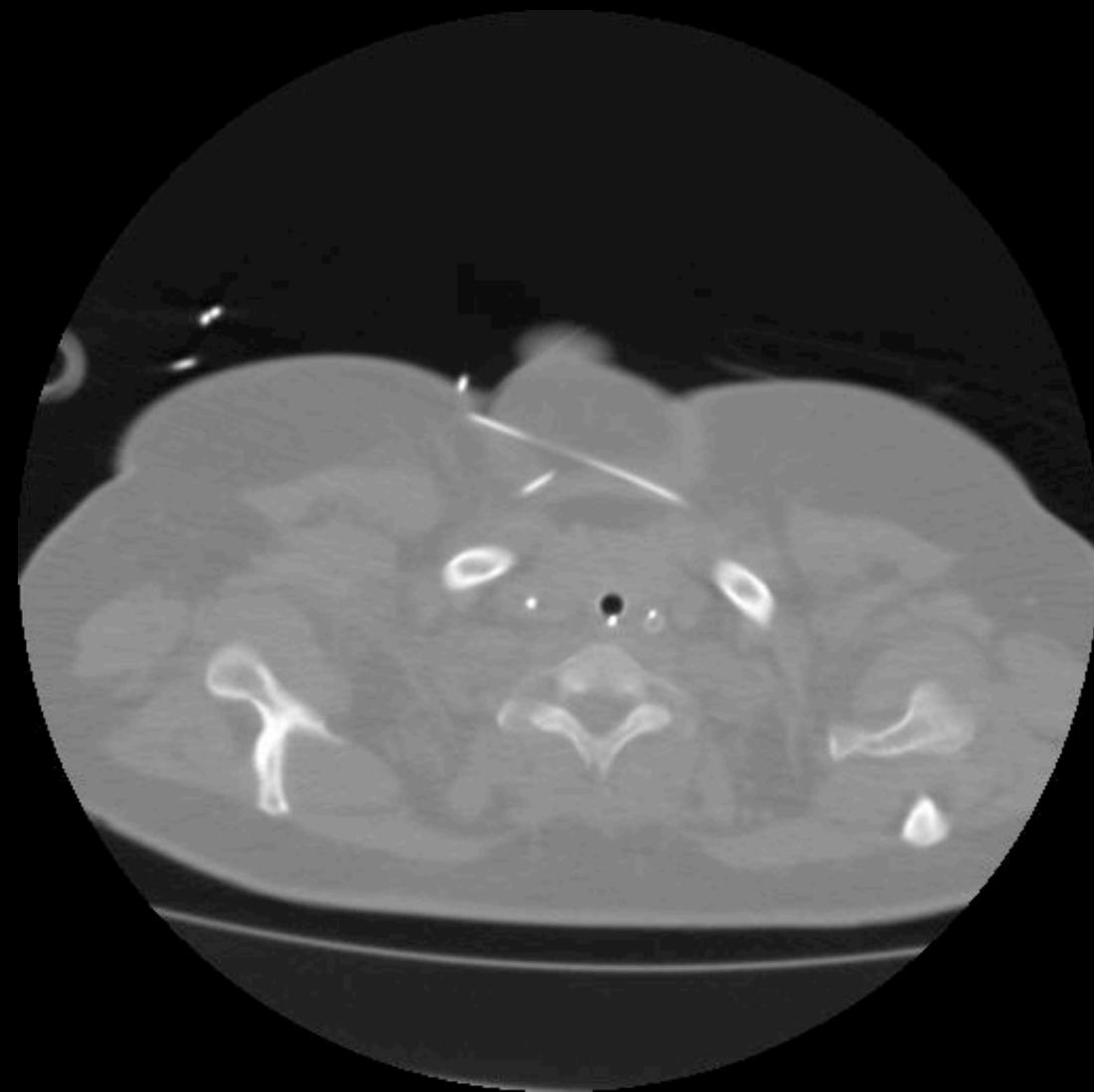
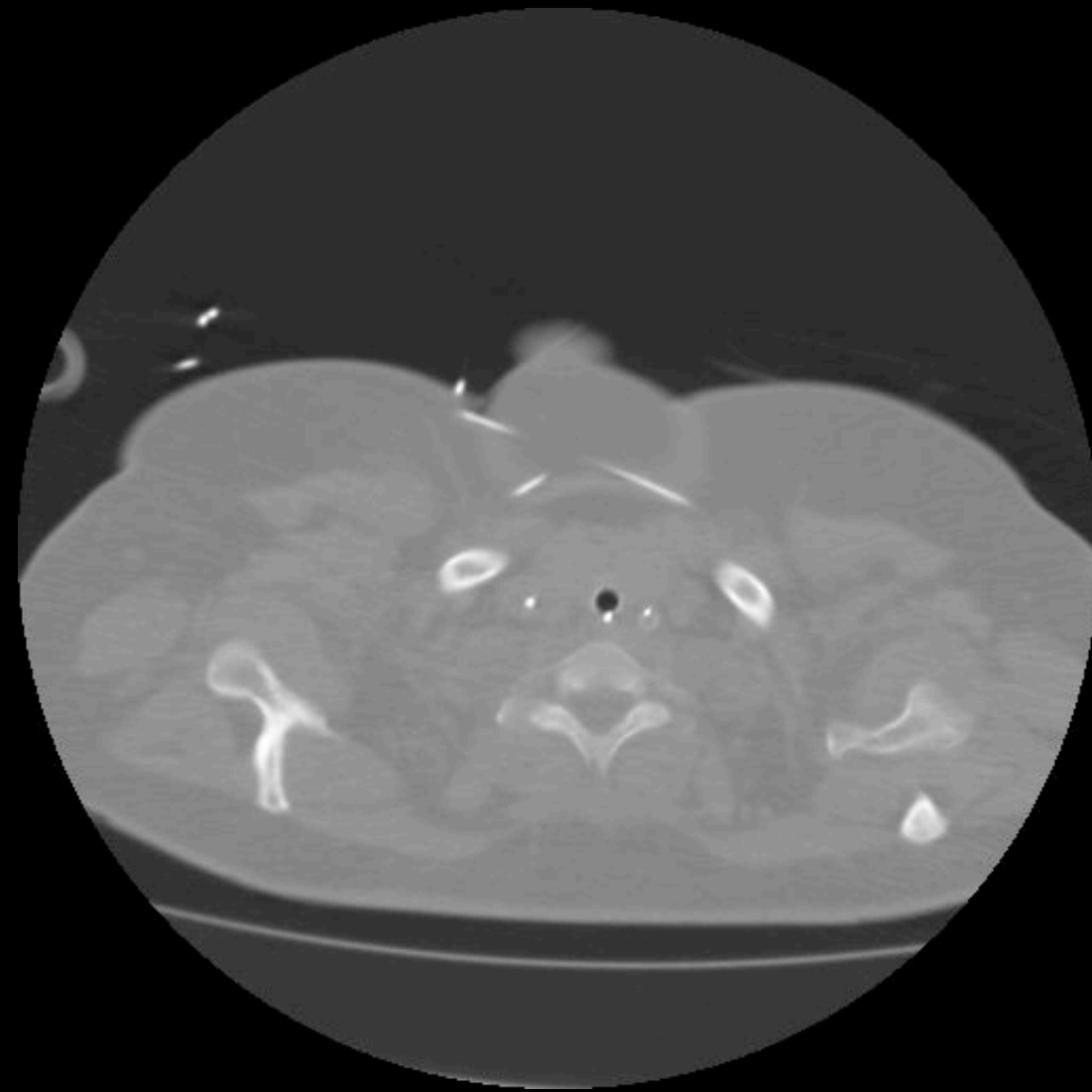
ZEEP

PaO₂= 171 mmHg



ZEEP

PaO₂= 171 mmHg

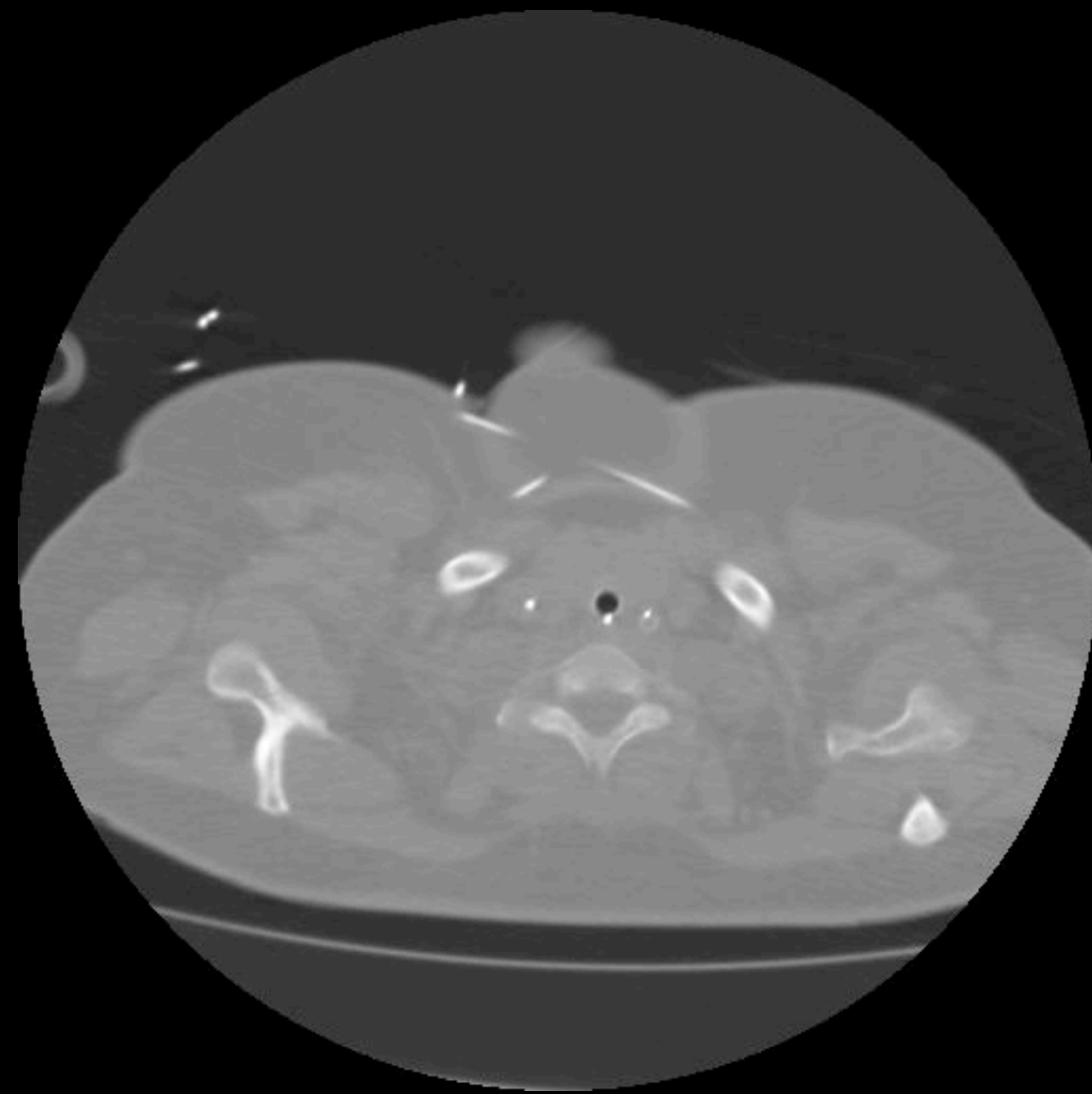


PEP=11

PaO₂= 171 mmHg

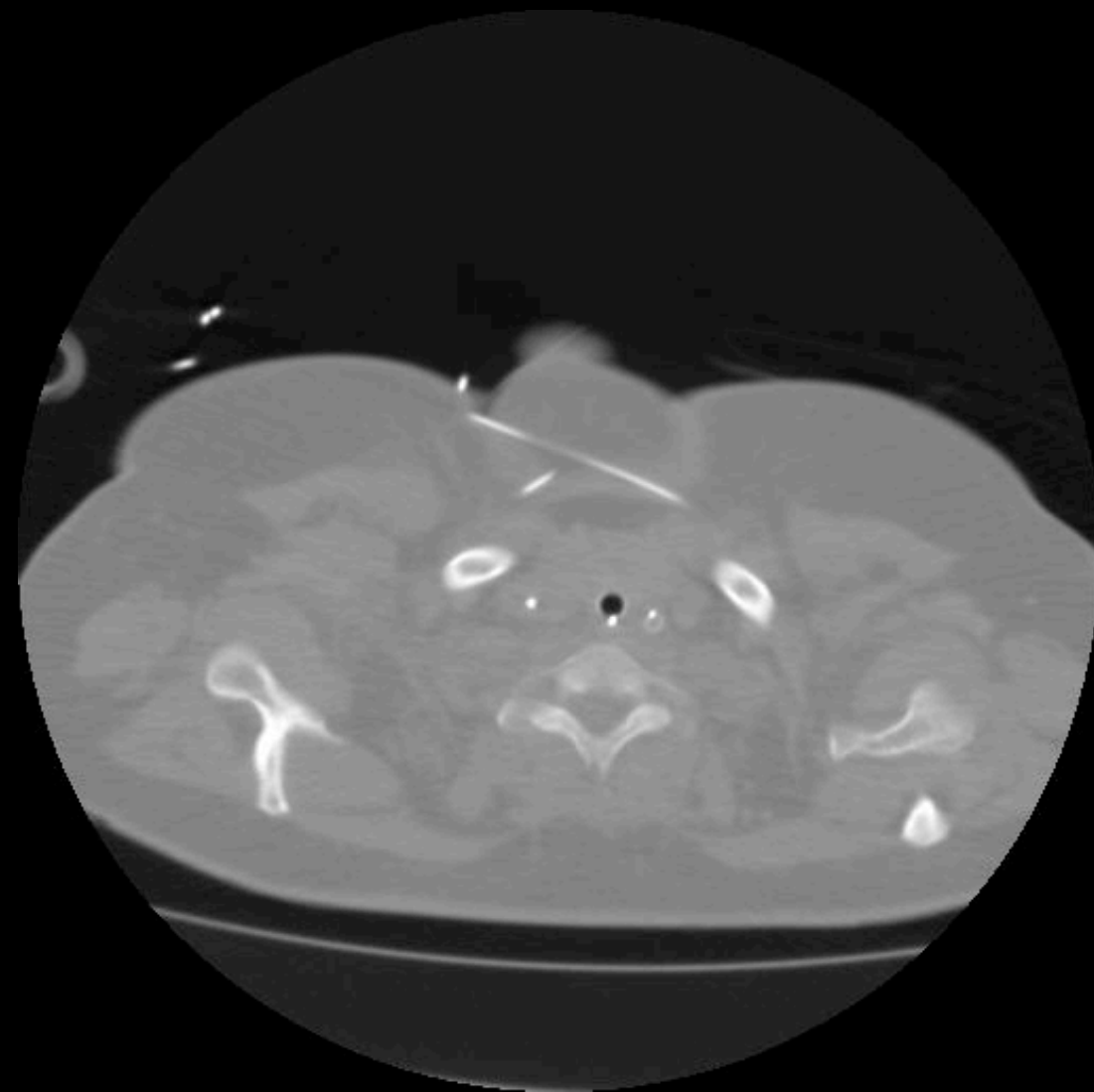
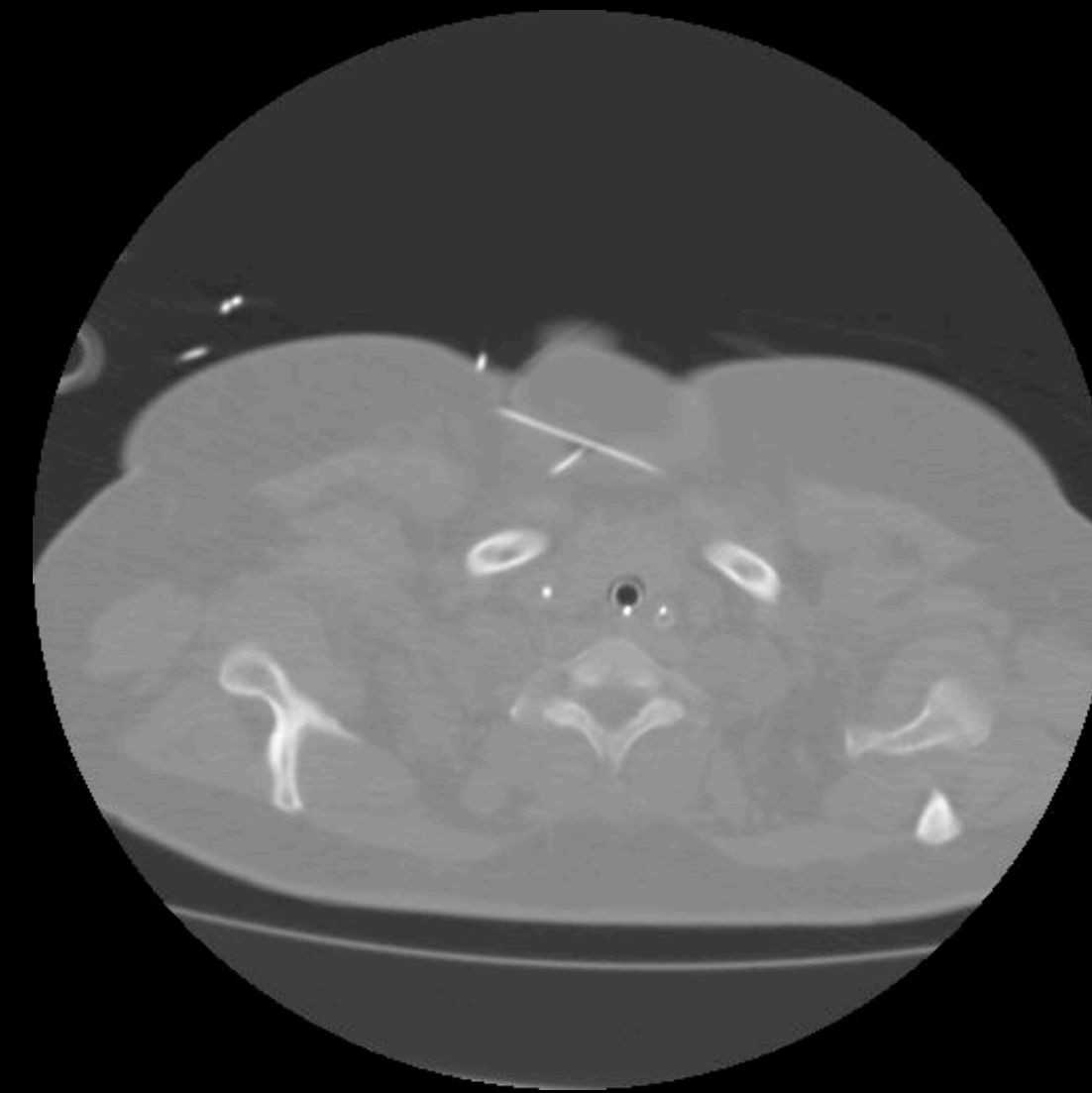
ZEEP

PaO₂= 171 mmHg



MRA

PaO₂= 344 mmHg

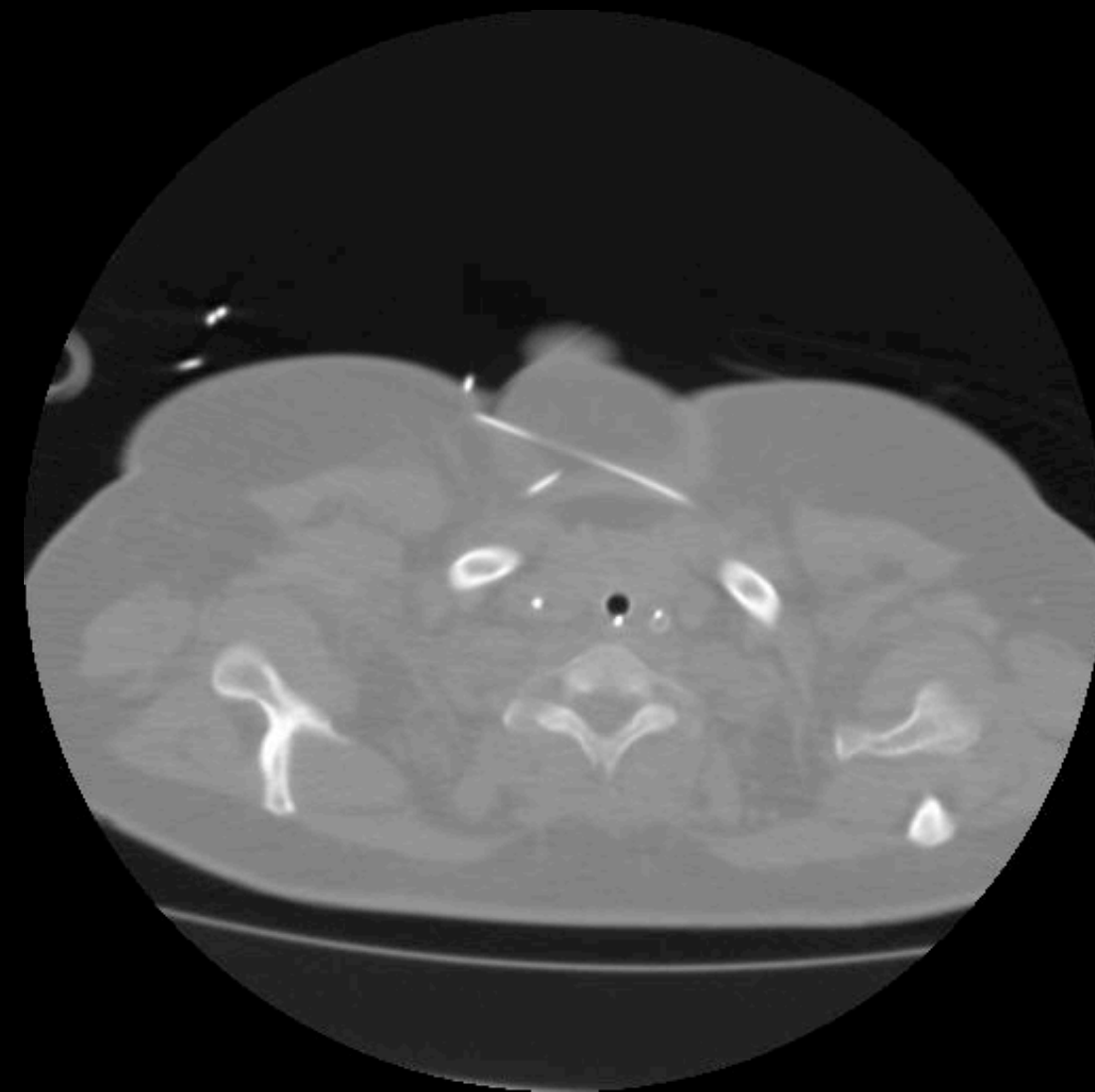
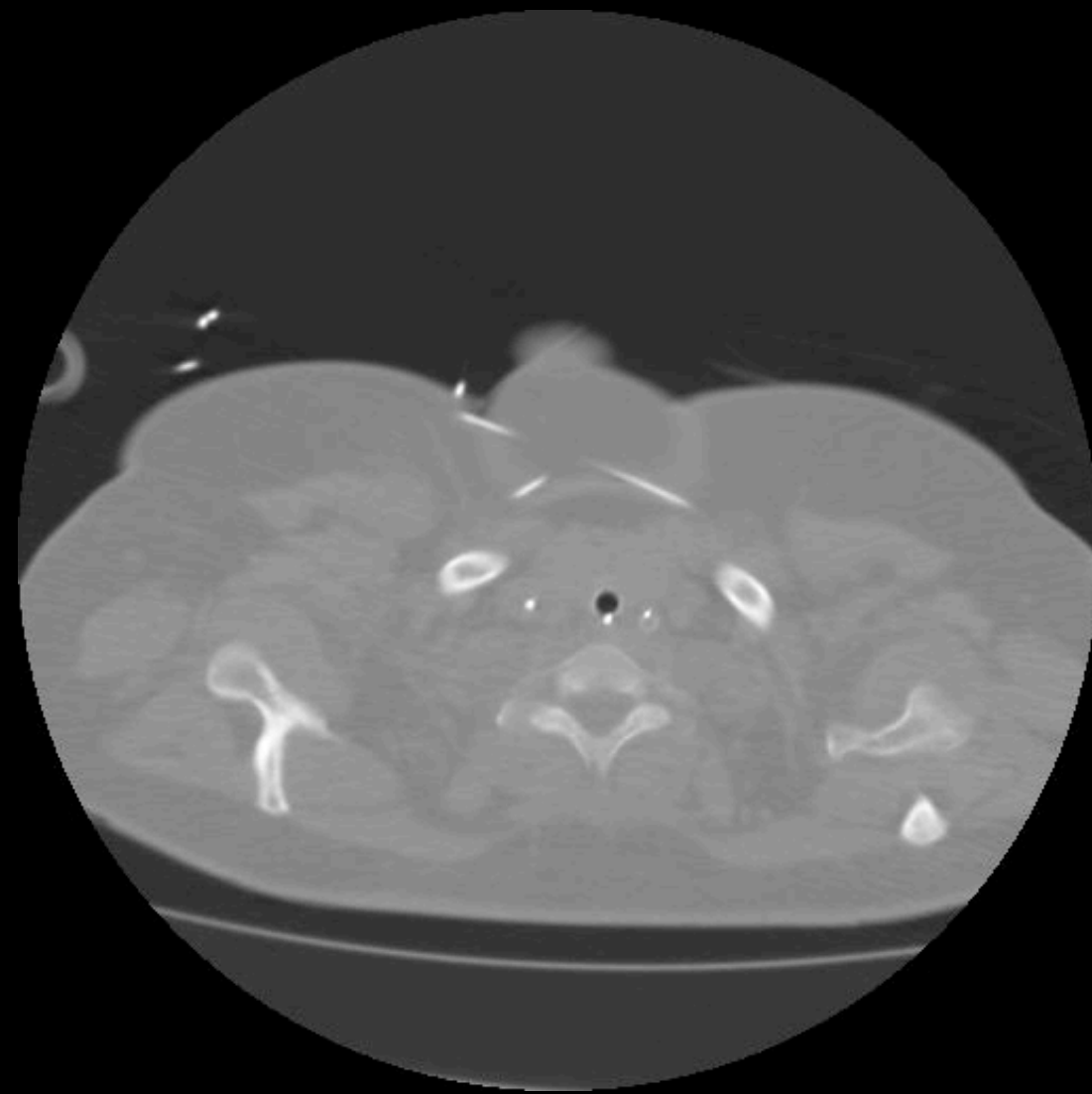


PEP=11

PaO₂= 171 mmHg

ZEEP

PaO₂= 171 mmHg

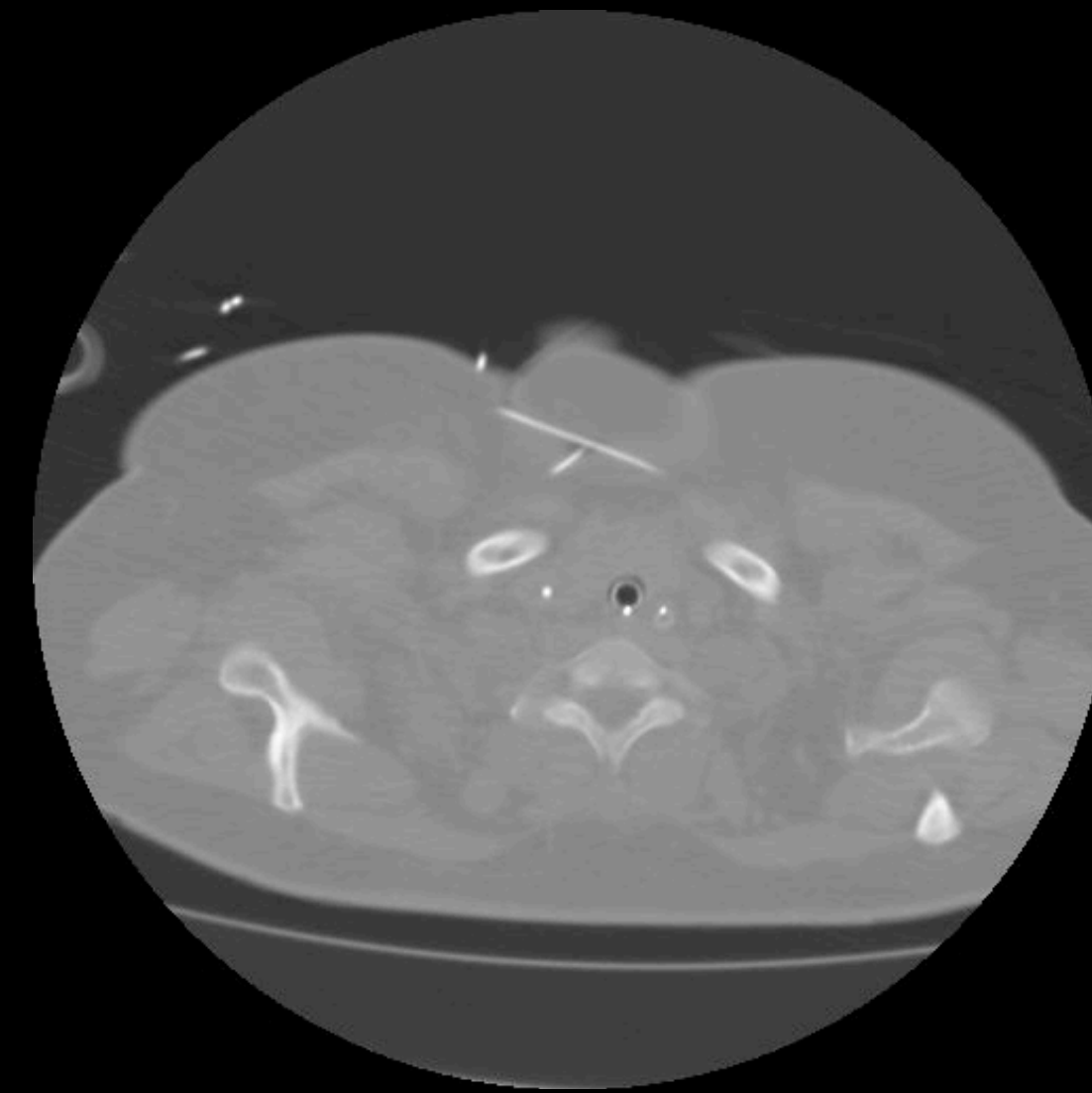


PEP=11

PaO₂= 171 mmHg

MRA

PaO₂= 344 mmHg



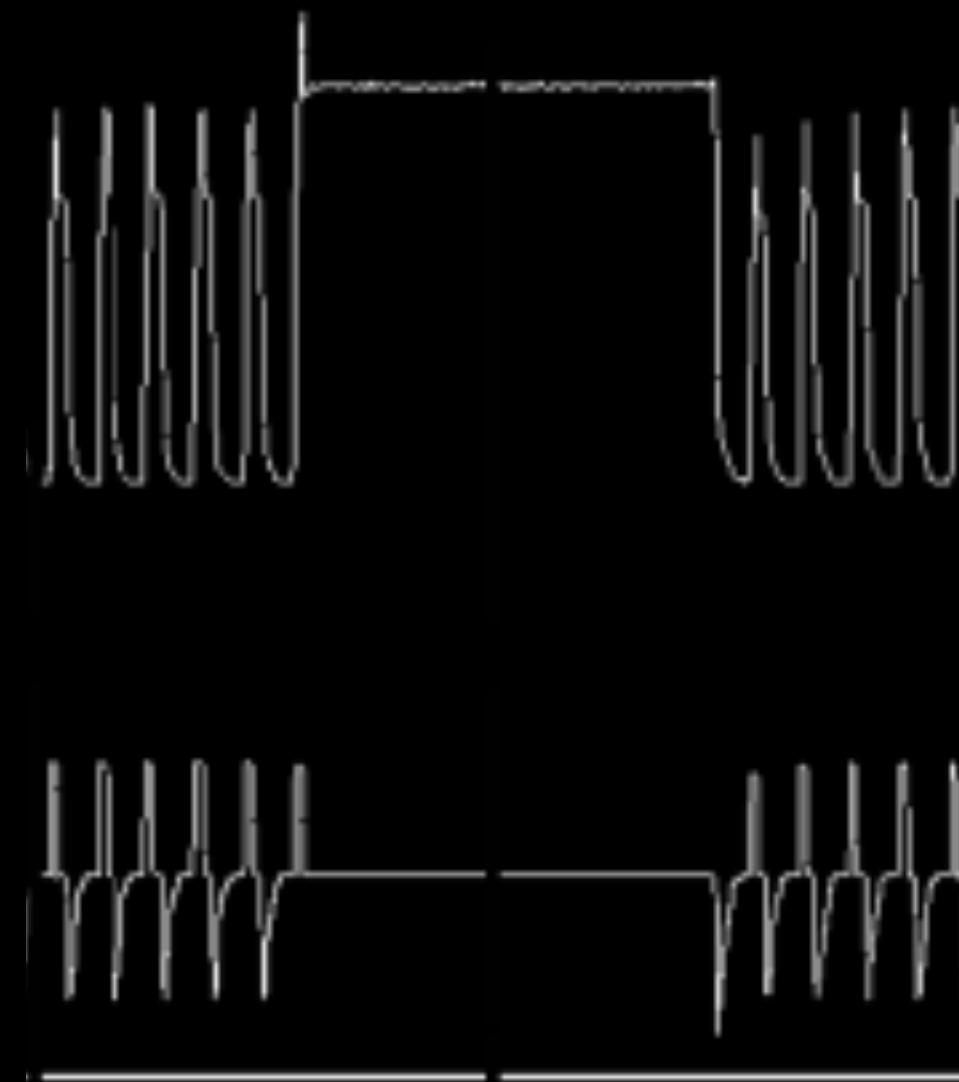
PEP=11

PaO₂= 340 mmHg

Comment ?

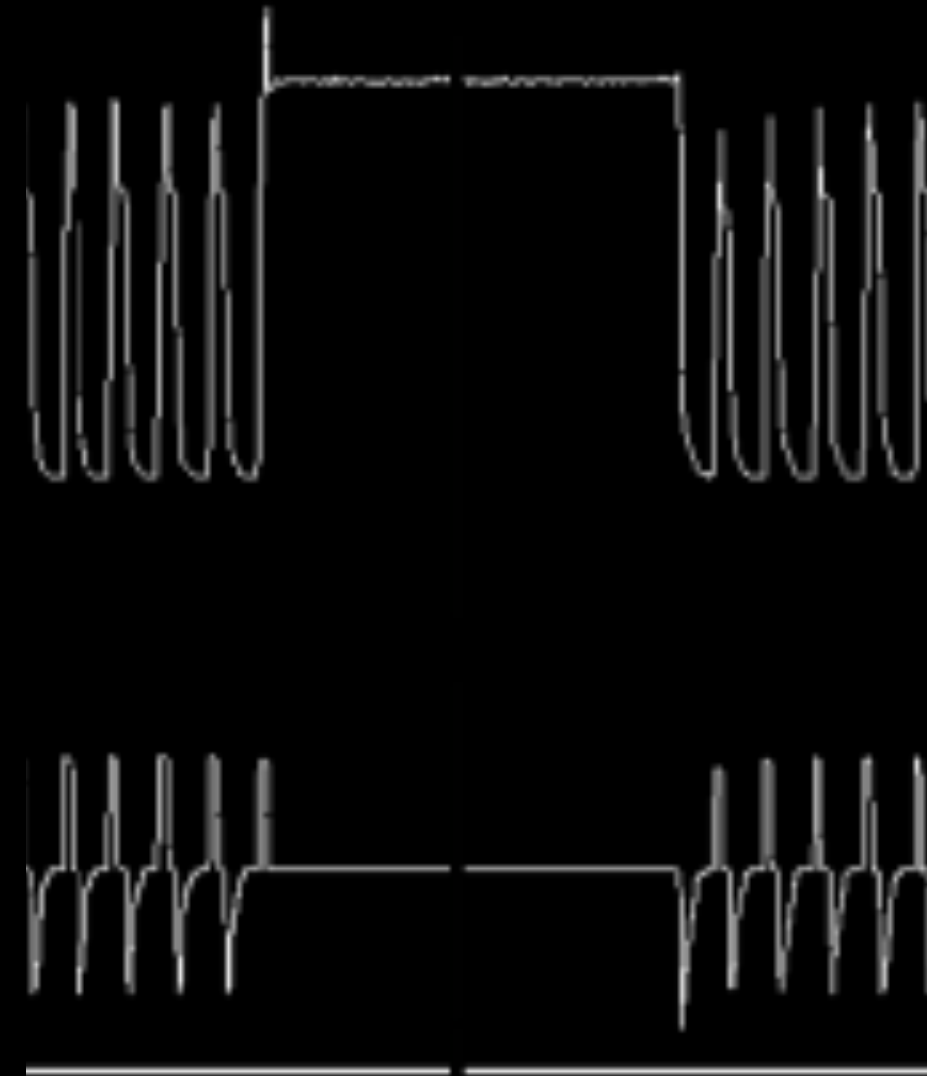
Comment ?

CPAP



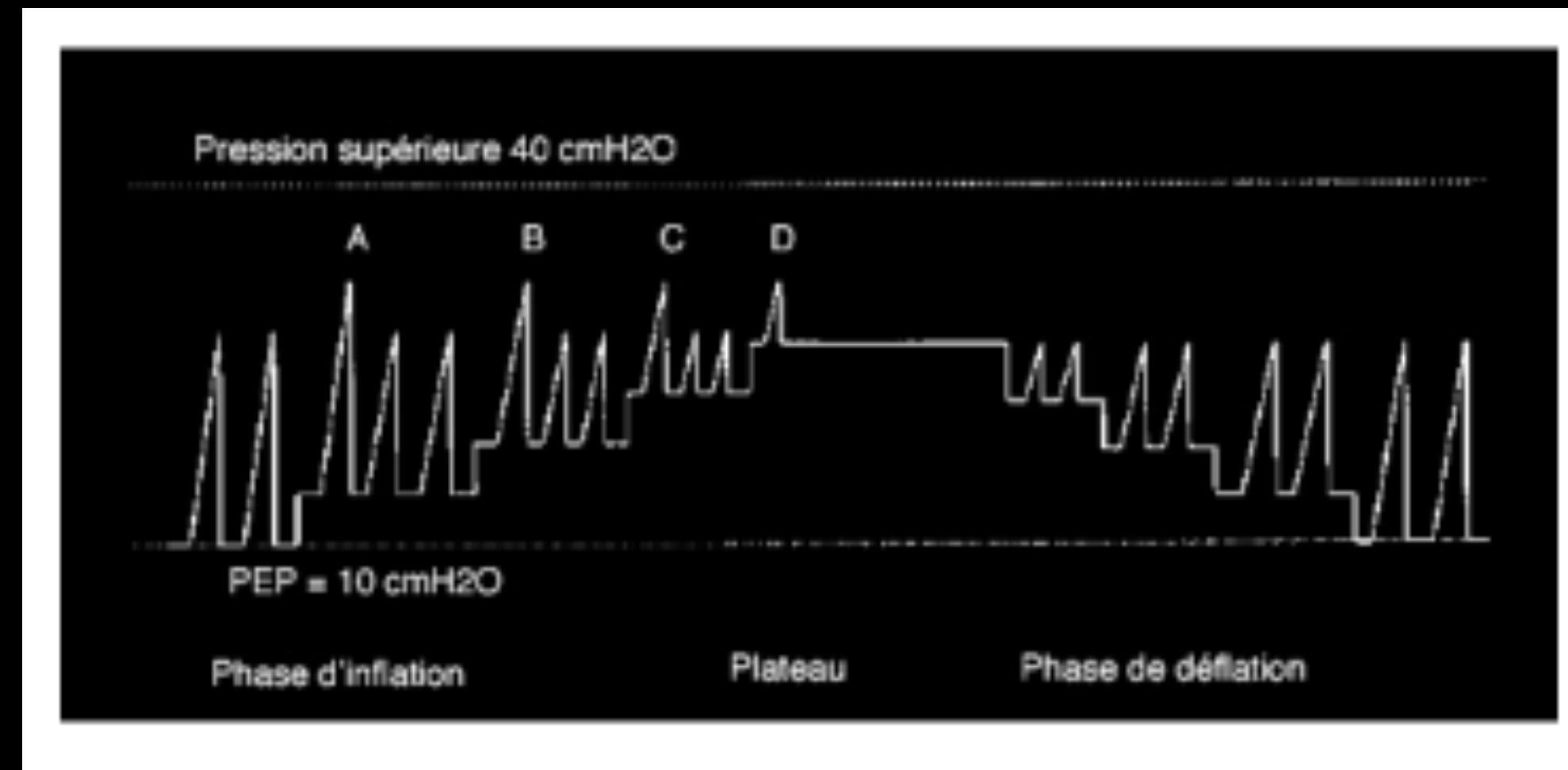
Comment ?

CPAP
30 à 60 cmH₂O
30 à 60 s



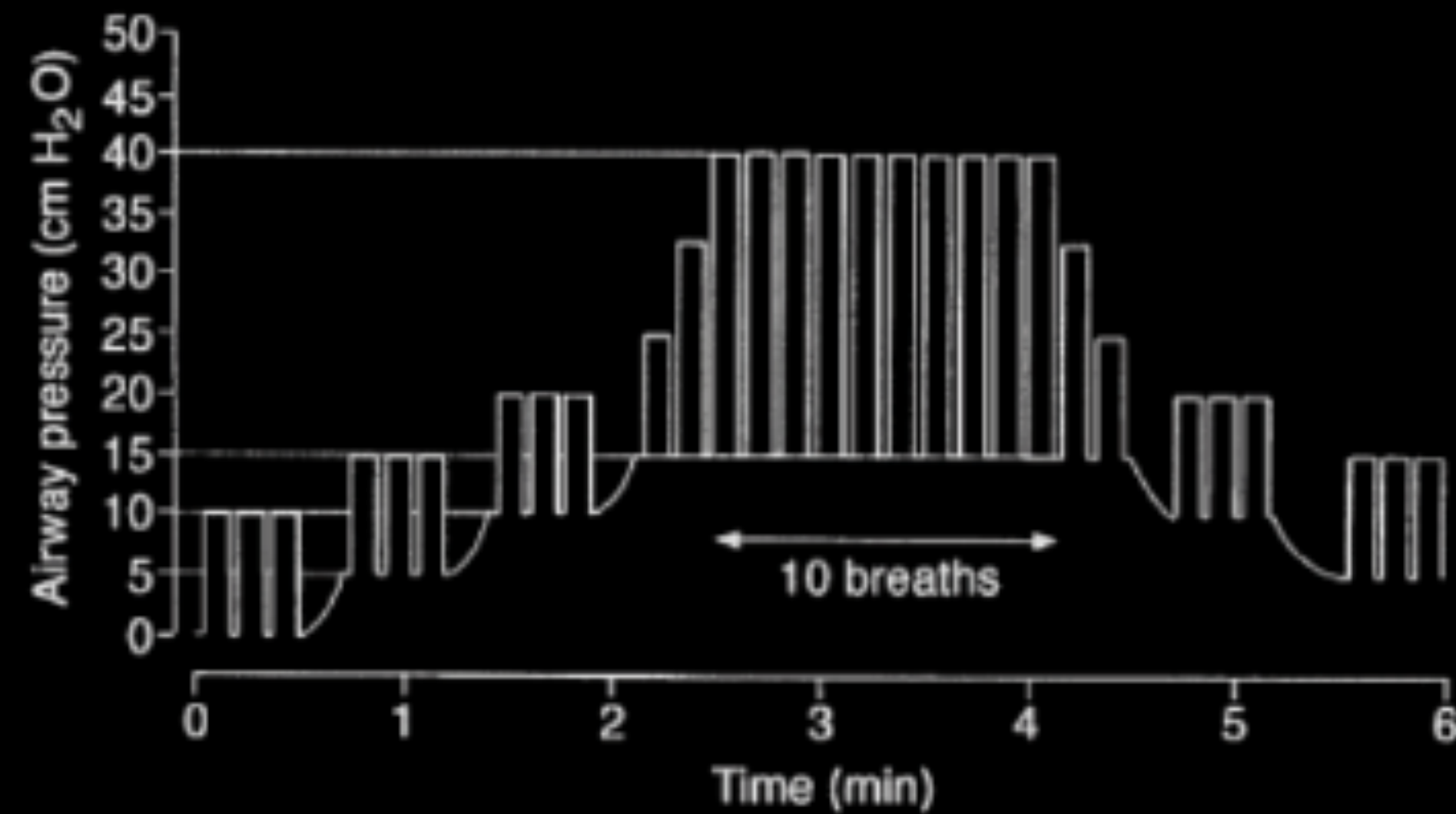
Comment ?

Extended sight



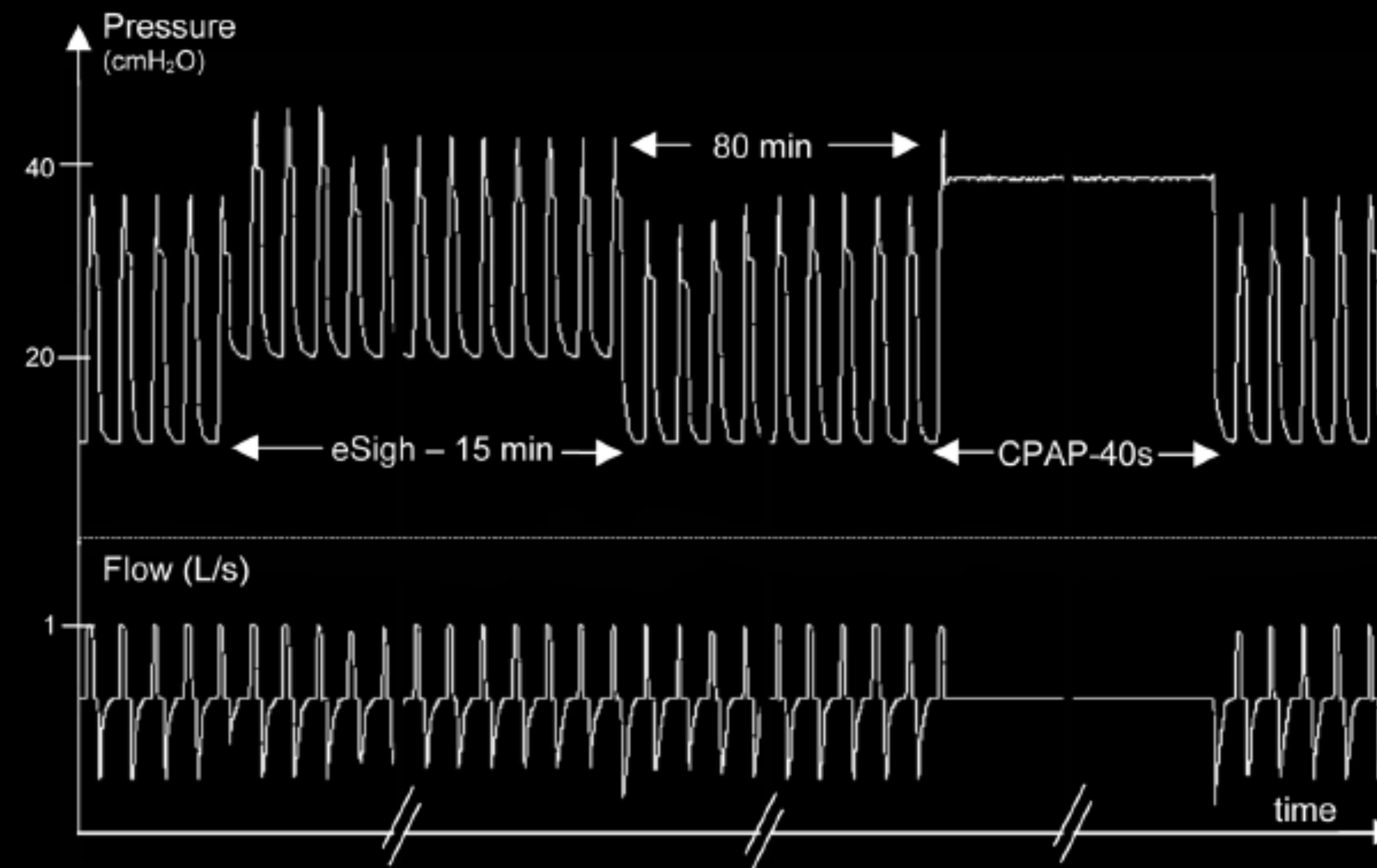
Comment ?

Extended sight



Comment ?

Extended sight



Comment ?

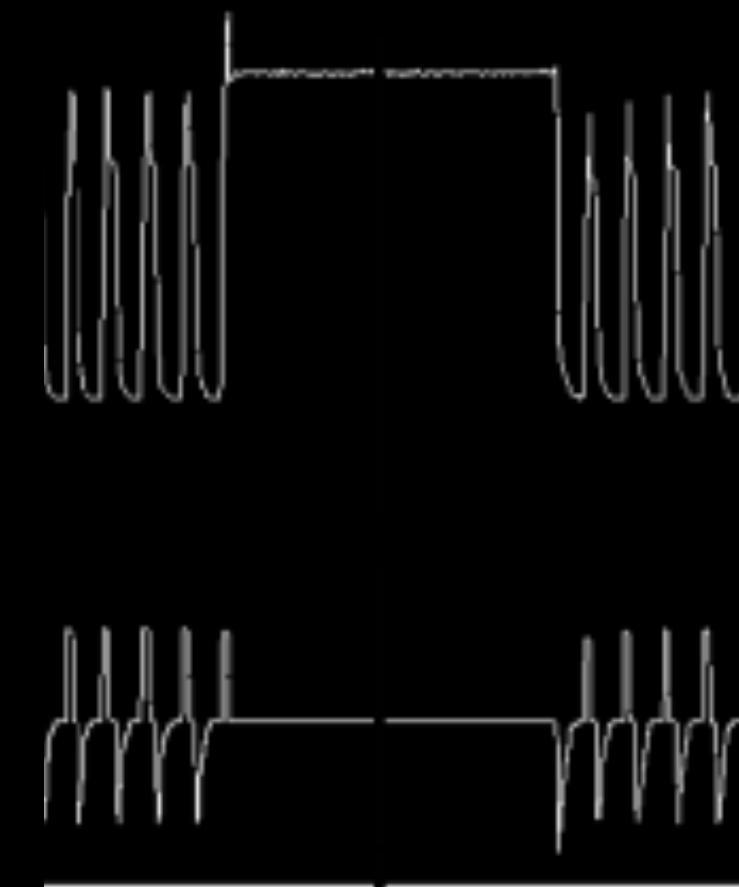
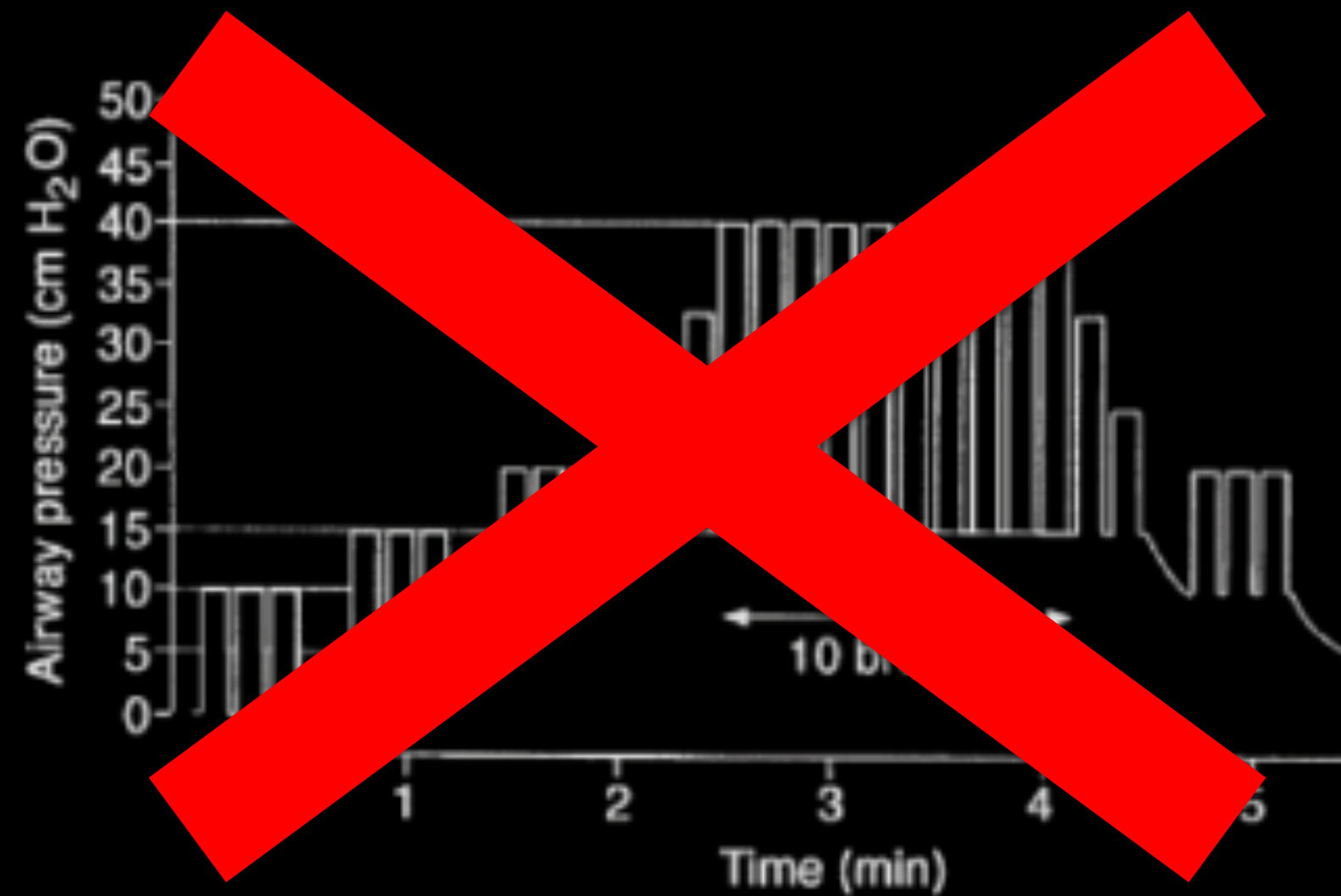
Pressure '  Mechanics

Au bloc ?

Comment ?

CPAP / eSigh

How ?



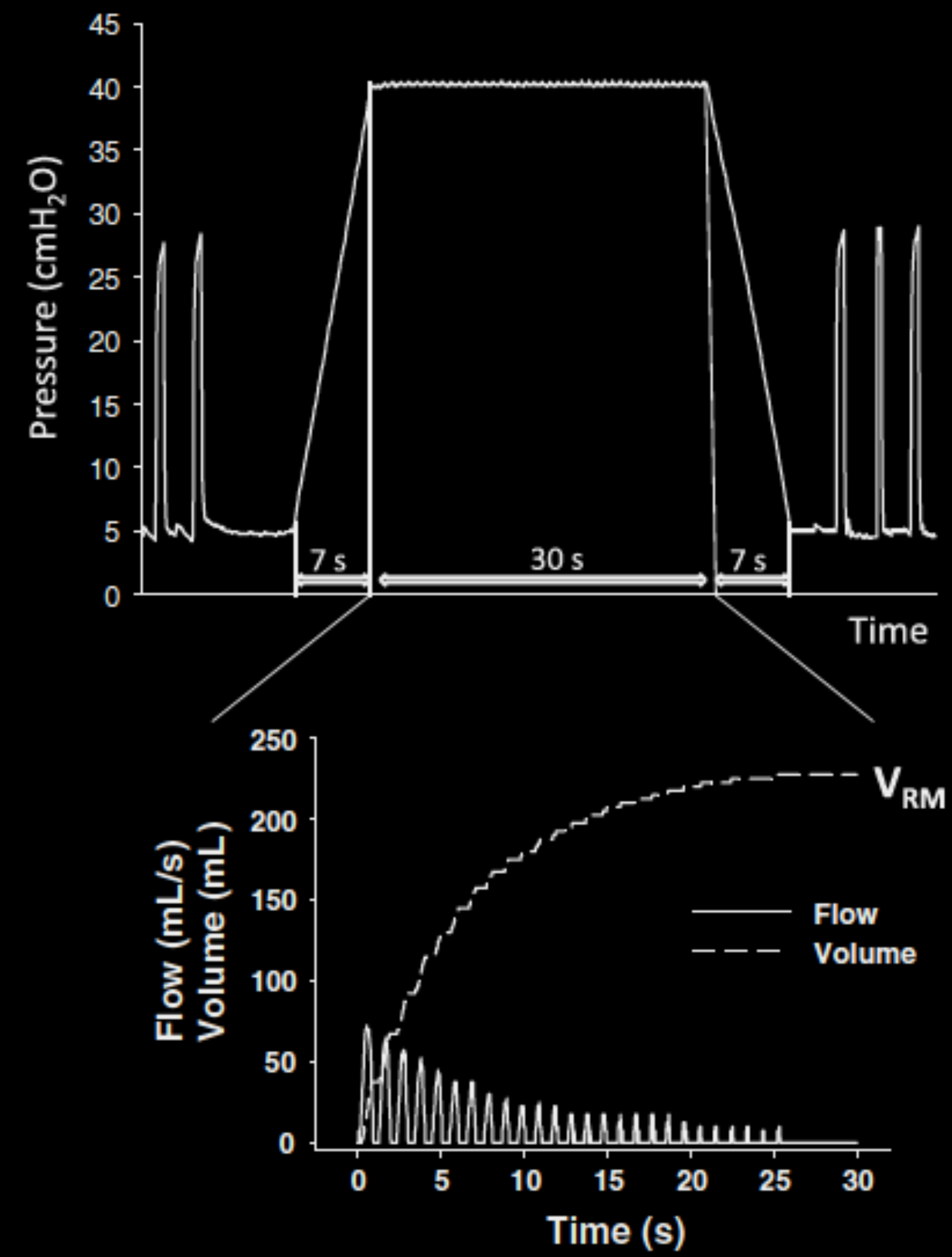
Simple

IMPROVE : 9 RM / patient

- Resorption atelectasis : 30 cmH₂O
- Compression atelectasis : 20 à 25 cmH₂O

Pressure ≥ 30 cmH₂O

Durée ?



Comment ?





Mieux ?

FotCible

10:42

Silence Alarms

Régl.
Alarmes

Alde

Tendances

Menu
Principal

Vérification

Début/Fin
du cas

Encore mieux ?

RAZ
chron.

Fig. 4.5.10.1a

10:40

Silence Alarmes

**Régl.
Alarmes**

Alde

Tendances

Menu
Principal

Vérification

Début/Fin
du cas



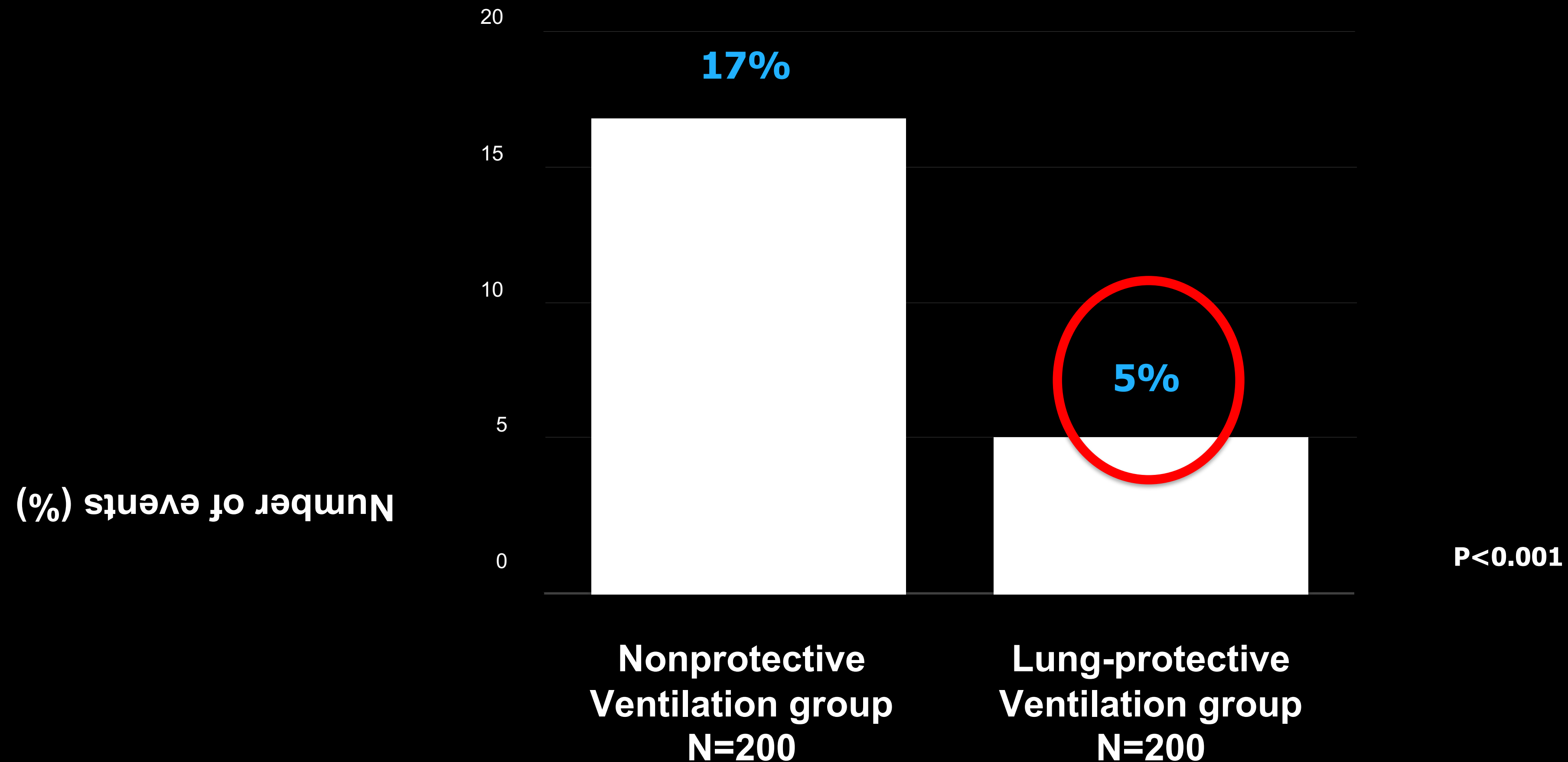
Quando?

I have a Dream That one Day ...

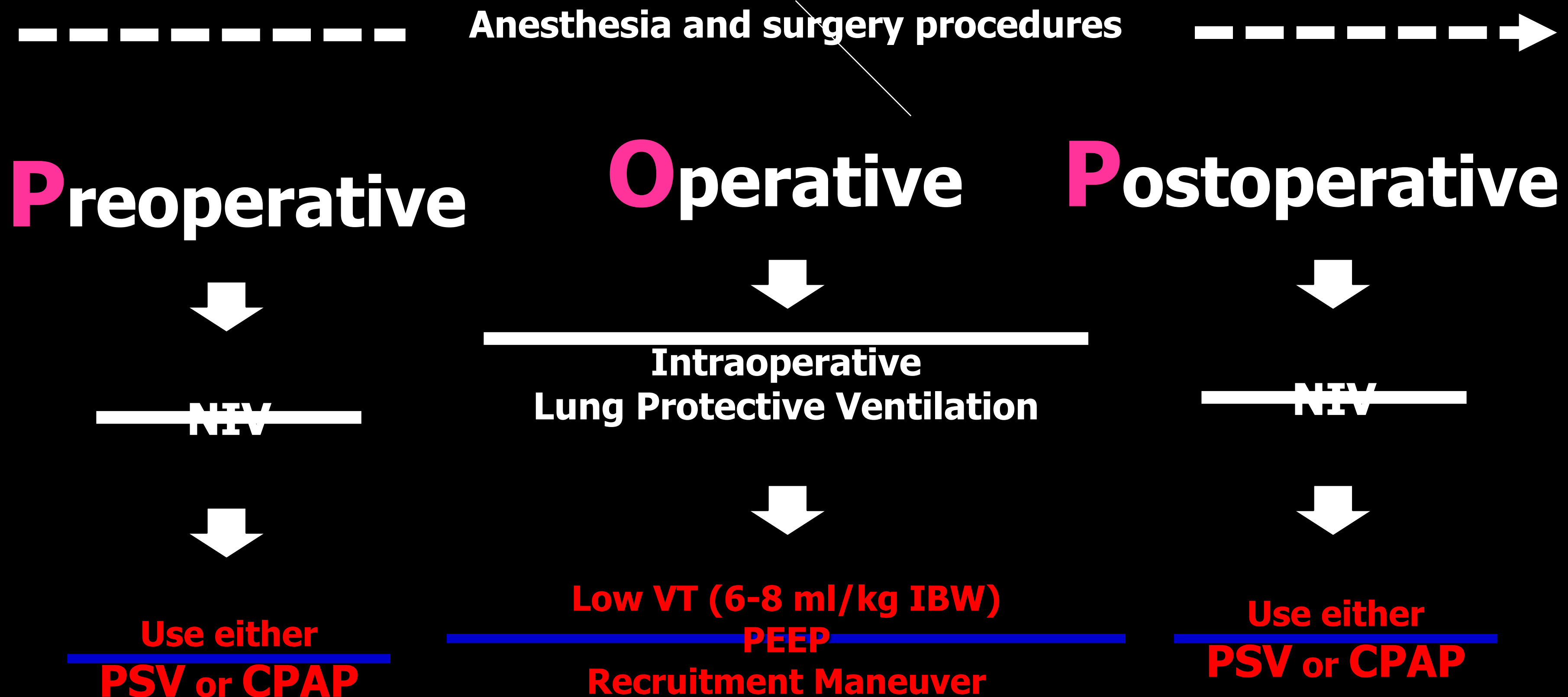


No atelectasis,
No pulmonary complications,
In « all » mechanically ventilated patients ! "

Need for invasive or non-invasive ventilation for ARF to postoperative Day-7



The «P.O.P» Ventilation concept



Les anesthésistes ont-ils un impact
sur le développement durable ?

Le changement climatique est la plus grande menace du XXI^{eme} siècle pour la santé humaine

250000 décès supplémentaires/an dès 2030

Enquête SFAR sur 498 anesthésistes

Risque du réchauffement pour la santé



EFFETS AIGUS

Evènements exceptionnels (cyclones, tempêtes) :

Direct : traumatismes, stress post-traumatique

Indirect : pollution, infections, maladie mentale

Sécheresses :

Direct : Malnutrition, dénutrition, mauvais développement infantile

Indirect : Violences sociales

Canicules :

Complications sur des pathologies chroniques

EFFETS CHRONIQUES

Baisse de la disponibilité en eau :

Conflits

Sécheresse des sols érosion :

Malnutrition

Pollution :

Maladies chroniques

Habitats favorables aux pathogènes :

Maladies infectieuses via eau ou vecteurs

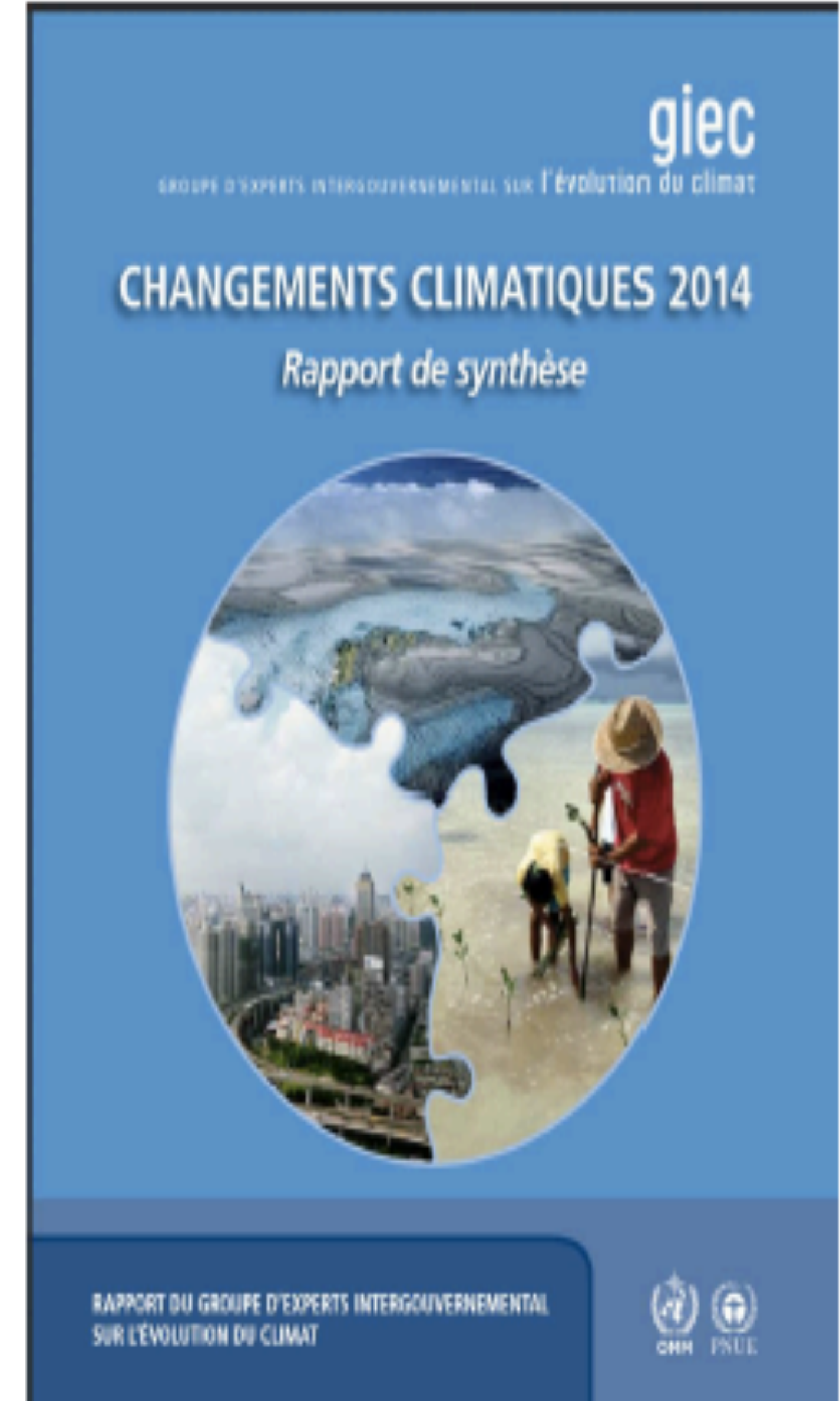
Anthropocène

- Accord de Paris en décembre 2015 :
 - Accord ambitieux sur la limite du réchauffement à **2°C** (température globale moyenne) à ne pas dépasser en 2100
 - mais les modèles prédisent, pour l'instant, sur les efforts réalisés un réchauffement à **3,4°C**
 - Baisse de **25 %** de la production de carbone en 2028

Anthropocène

Entre 1880 et 2012, : **+ 0,85 °C** en moyenne

L'augmentation des températures moyennes à la surface de la planète pourrait atteindre **4,8°C** à l'horizon **2100** par rapport à la période 1986-2005, dans le scénario le plus pessimiste, c'est-à-dire si les émissions de gaz à effet continuent à leur rythme

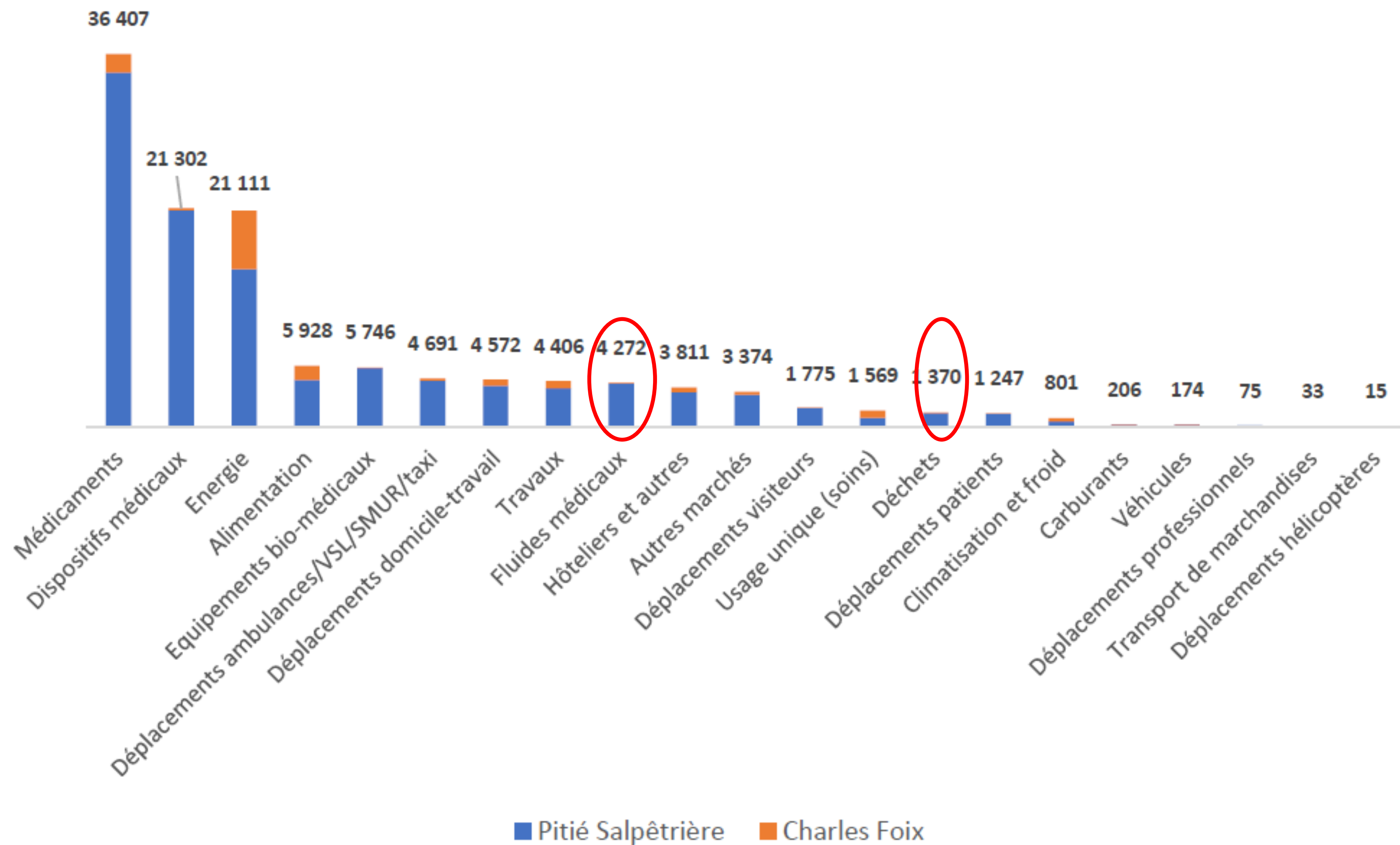


Anesthésiste-Réanimateur ?

Anesthésiste-Réanimateur

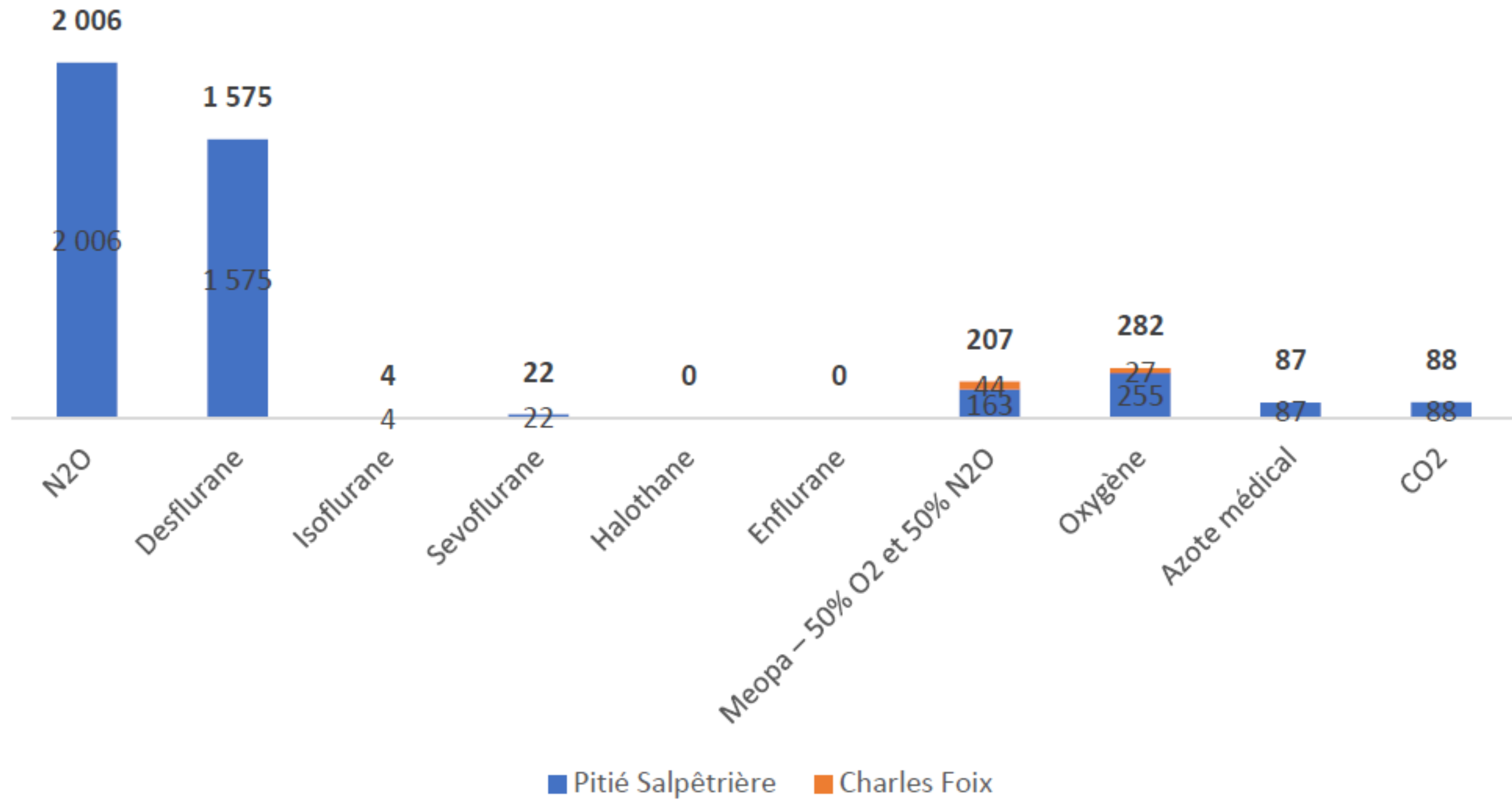
- Santé humaine
- Devoir d'information et d'action
- Au cœur de l'hôpital
- Dans un lieu avec une forte empreinte carbone
- Des ressemblances avec le combat contre les cigarettiers

Bilan global : émissions de GES par poste, en tCO2e



Bilan Carbone de la Pitié réalisé en 2019 sur les données de 2016 par Climat Mundi

Fluides médicaux : émissions de GES par poste, en tCO₂e



Comparaison entre les gaz

100 ans GWP

1 MAC pendant 1 heure pour un patient de 70 Kg ou l'équivalent pour le propofol

Table 1. Variables for Anesthetic Drugs Required to Provide 1 Minimum Alveolar Concentration (MAC)-hour				
Parameter	Desflurane	Isoflurane	Sevoflurane	Propofol
MAC% or equivalent	6.7%	1.2%	2.2%	100 mcg/kg/h
Density (g/mL) (liquid form)	1.47	1.50	1.22	1.03
Fresh gas flow (L/min)	1	1	2	
Molar mass (g/mol)	168	184.5	200.1	178.3
Metabolism (%)	0.02%	0.20%	5%	100%
% MAC-h from agent/N ₂ O*	37/63	37/63	37/63	0/100
Agent used per MAC-h (g)	10.2	2.0	8.0	0.01
Agent used per MAC-h (mL)	6.9	1.3	6.6	0.01
Agent released per MAC-h (g)	10.2	2.0	7.6	0
GWP ₁₀₀ Sulbaek-Andersen et al. (Ref. 9)	2540	510	130	
N ₂ O used per MAC-h (g)*	71.2	71.2	142.3	

*Modeled as 60/40% fresh gas flow N₂O/O₂; nitrous oxide at 105% MAC, 0.005% metabolism, density of 1.98 g/L (gas), and 100-y GWP (GWP₁₀₀) of 310.

Entretien de l'anesthésie

Entretien de l'anesthésie



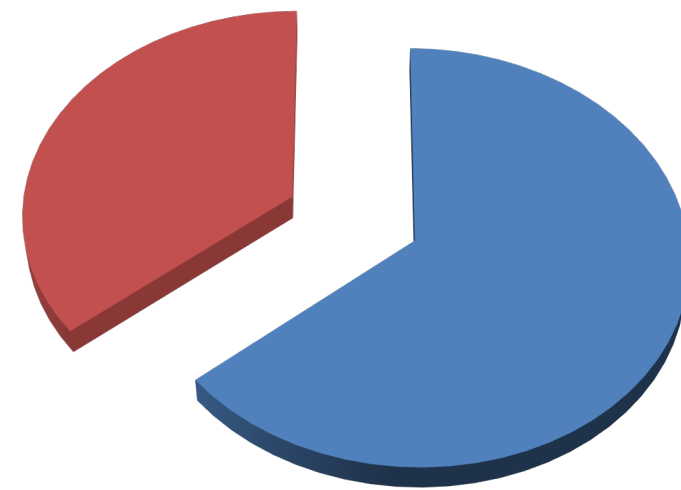
■ intraveineux

■ inhalé

■ 50/50

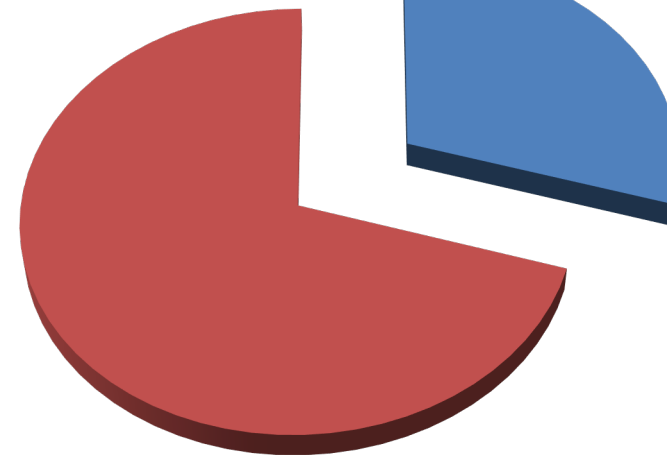
Information des médecins

Pouvoir de réchauffement



■ bonne réponse ■ mauvaise réponse

Durée de vie



■ bonne réponse ■ mauvaise réponse

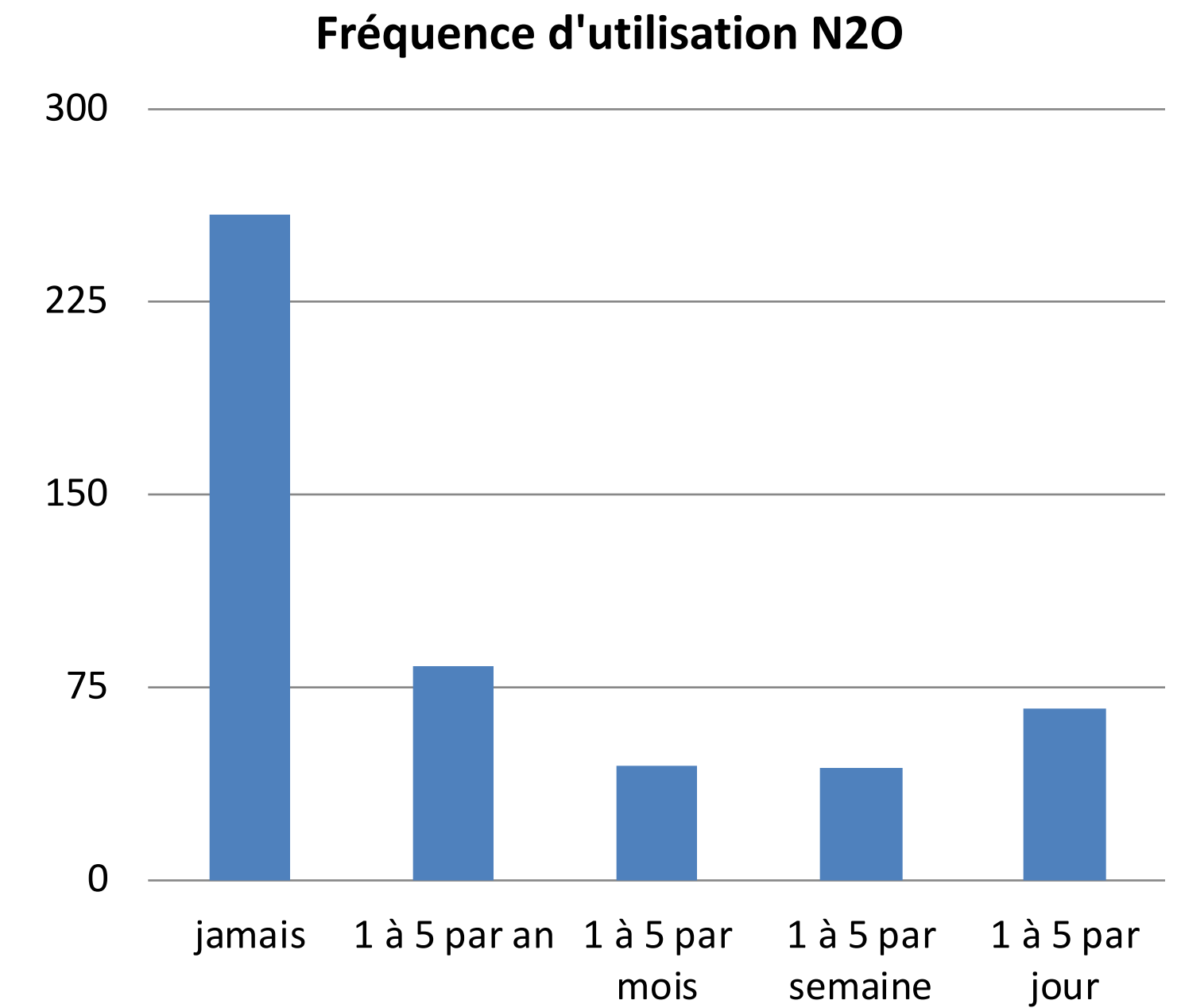
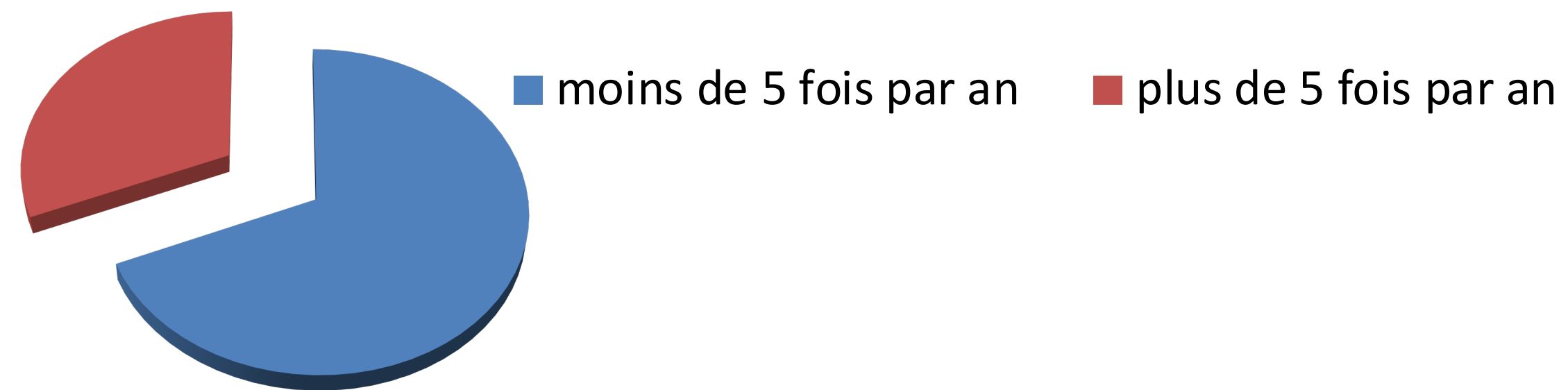
**Durée de vie dans l'atmosphère et potentiel de réchauffement global
des gaz à effet de serre (rapport du [GIEC](#), 2007⁶)**

Gaz	Durée de vie (années)	PRG selon la période considérée		
		20 ans	100 ans ⁷	500 ans
Dioxyde de carbone (CO ₂)	100	1	1	1
Méthane (CH ₄)	12	72	25	7,6
Oxyde nitreux (N ₂ O)	114	289	298	153
PFC-14 (tétrafluorure de carbone, CF ₄)	50 000	5 210	7 390	11 200
HFC-23 (trifluorométhane, CHF ₃)	260	9 400	12 000	10 000
Hexafluorure de soufre (SF ₆)	3 200	15 100	22 200	32 400

N₂O

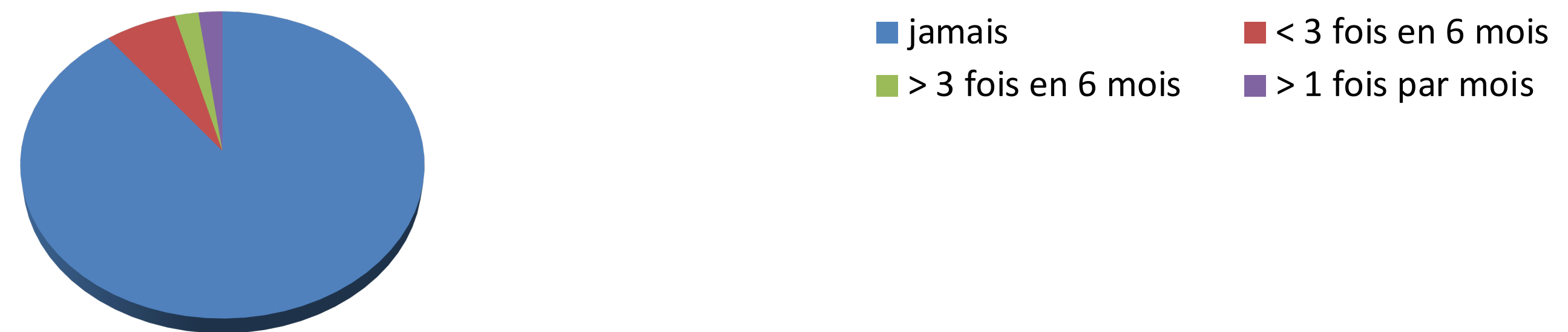
Utilisation du protoxyde d'azote

Utilisation du protoxyde d'azote



Enquête Pitié : 49 anesthésistes

Utilisation N2O



Pour / contre l'éviction du N2O en tuyau



Intérêt du Protoxyde d'Azote ?

- CAM du N₂O : 104 %, interaction N₂O et halogénés : additif ou infra additif, pas de réduction de la consommation du propofol.
- Accélère la vitesse d'induction et la décroissance de la concentration d'halogéné au réveil : ouverture des yeux plus rapide de 1.6 min et de l'extubation : 2.2 min
- Effets analgésiques : à partir de 10 %, effet maximal après 20 à 30 min d'exposition (opioïdes endogènes)
- A démontré son intérêt en obstétrique, chirurgie dentaire et pédiatrie : ponction pansement etc...

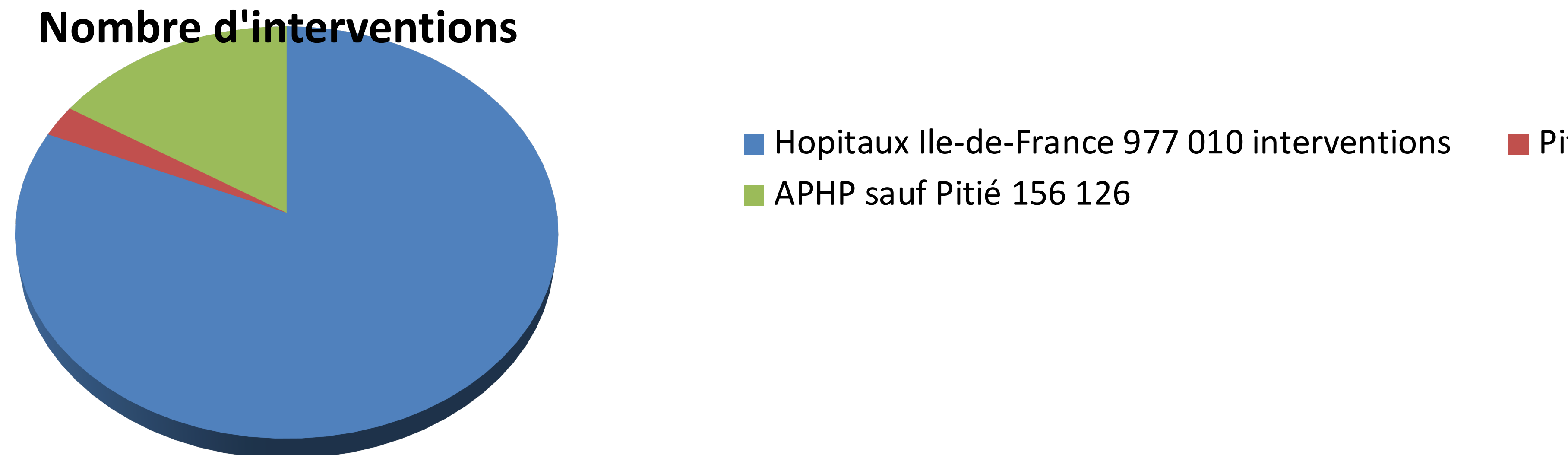
- Accélération vitesse induction : prouvé
- Effet anti-hyperalgique
 - agent anti NMDA, l'augmentation des douleurs en salle de la durée de la PCA sans baisse de l'VA

STOP

- Effets secondaires
 - NVPO, Diffusion au technique d'administration d'un mélange hypoxique technique d'explosion avec laser, Pollution de la salle d'

Emission de gaz à effet de serre due à l'anesthésie

- Pitié : 5 419 tonnes Equi CO2
- APHP : 34 901 tonnes Equi CO2
- Ile de France : 218 407 tonnes Equi CO2



Que faire en pratique ?

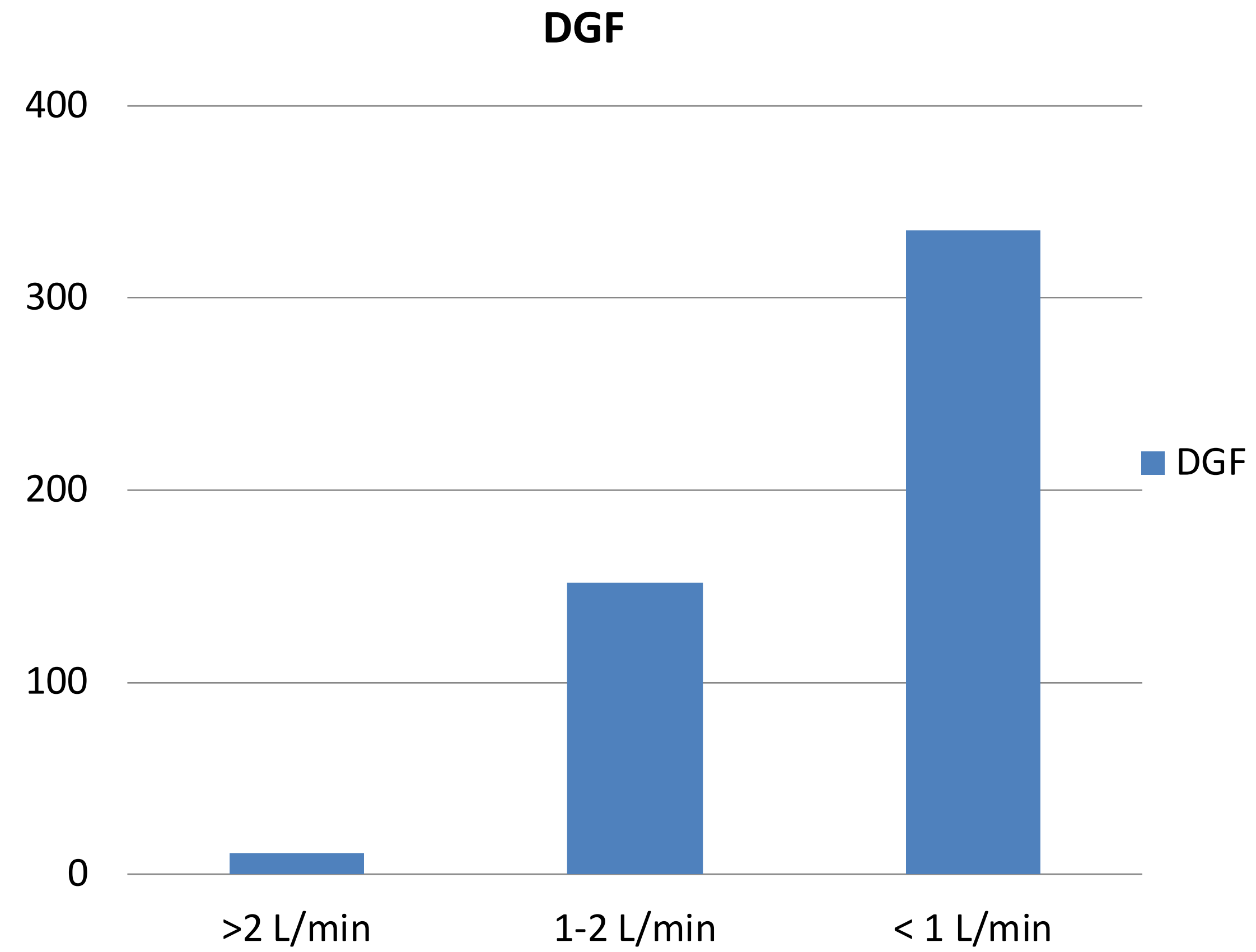


Table 1. Variables for Anesthetic Drugs Required to Provide 1 Minimum Alveolar Concentration (MAC)-hour

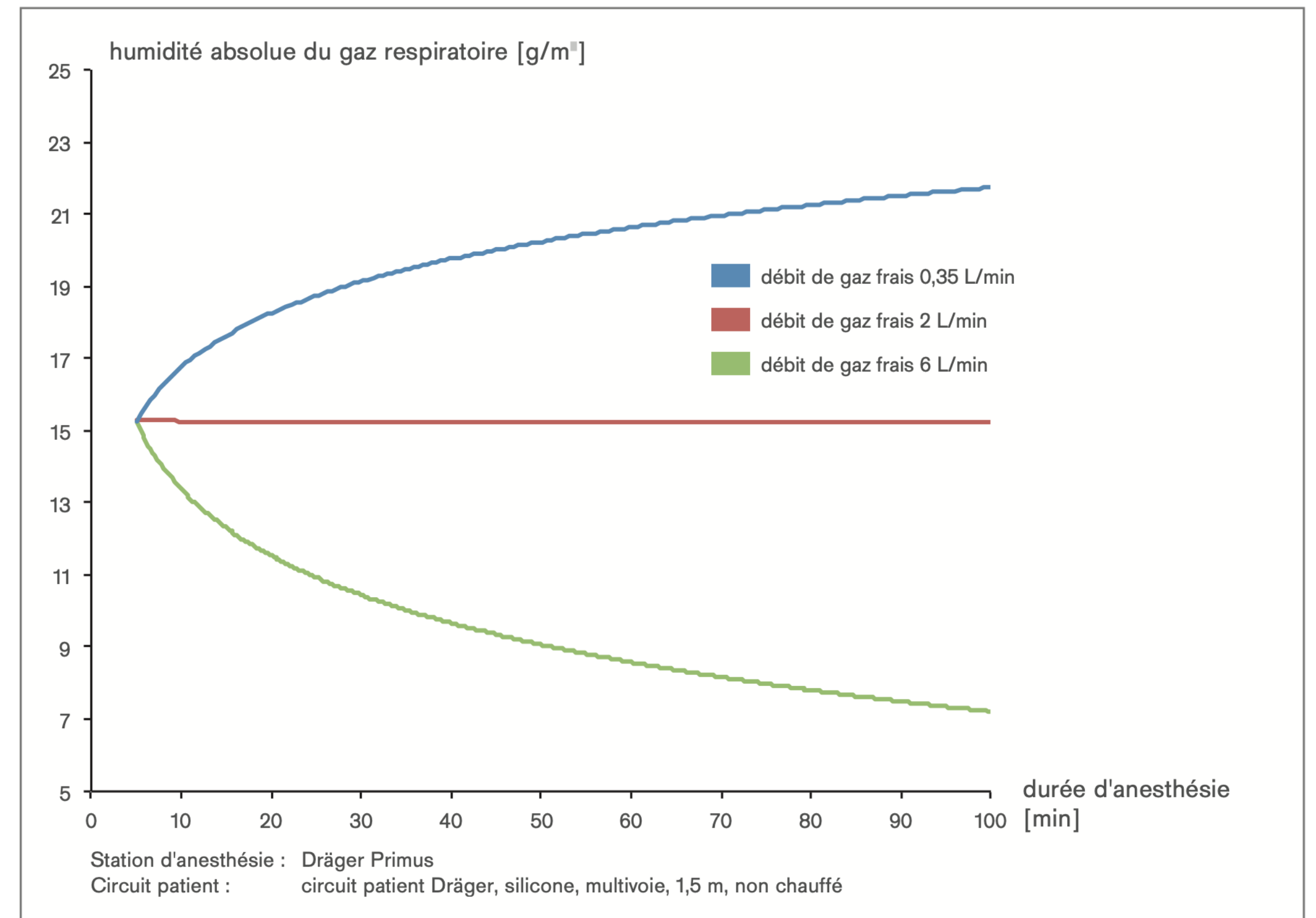
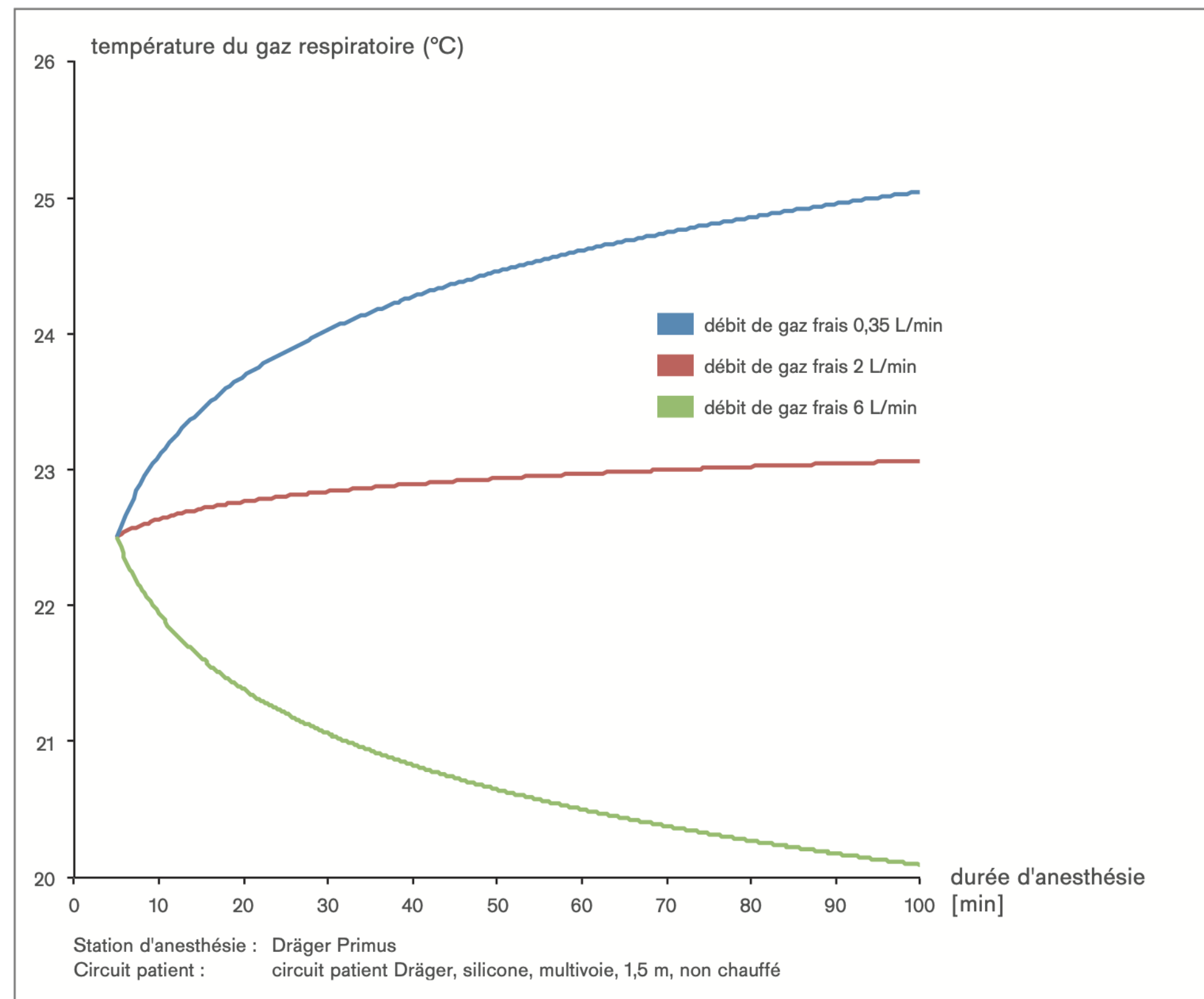
Parameter	Desflurane	Isoflurane	Sevoflurane	Propofol
MAC% or equivalent	6.7%	1.2%	2.2%	100 mcg/kg/h
Density (g/mL) (liquid form)	1.47	1.50	1.22	1.03
Fresh gas flow (L/min)	1	1	2	
Molar mass (g/mol)	168	184.5	200.1	178.3
Metabolism (%)	0.02%	0.20%	5%	100%
% MAC-h from agent/N ₂ O*	37/63	37/63	37/63	0/100
Agent used per MAC-h (g)	10.2	2.0	8.0	0.01
Agent used per MAC-h (mL)	6.9	1.3	6.6	0.01
Agent released per MAC-h (g)	10.2	2.0	7.6	0
GWP ₁₀₀ Sulbaek-Andersen et al. (Ref. 9)	2540	510	130	
N ₂ O used per MAC-h (g)*	71.2	71.2	142.3	

*Modeled as 60/40% fresh gas flow N₂O/O₂; nitrous oxide at 105% MAC, 0.005% metabolism, density of 1.98 g/L (gas), and 100-y GWP (GWP₁₀₀) of 310.

Quel débit de gaz ?



Baïsser les débits !



**Diminution de la consommation
des vapeurs halogénées**

Quelle cible ?

< 0.5 l/min

< 0.2 l/min

Risque ?

Hypoxémie

**Consommation O_2 > débit O_2 administré :
Mélange hypoxémique.**

Solutions ?

Boucles aservies

Solutions ?

Boucles aservies

Monitorage FiO_2

Conclusion

Ventilation à petit volume et
bas débit pour sauver le
patient et ... la planète !

sauver ?

Ventilation protectrice

évite des complications

Ventilation bas débit

diminue un peu le réchauffement

Merci de votre attention ...