

Ventilation en anesthésie



Comité scientifique :

Jean-Etienne BAZIN,
Jean-Louis BOURGAIN,
Xavier CAPDEVILA,
Jean-Michel CONSTANTIN,
Anne-Marie CROS,
Samir JABER,
Nathalie NATHAN-DENIZOT,
Karine NOUETTE-GAULAIN,

Sommaire

1. Physiologie respiratoire appliquée à la ventilation artificielle en anesthésie	p 5
2. Objectifs de la ventilation per-opératoire	p 19
3. Circuits des ventilateurs d'anesthésie	p 23
4. Modes ventilatoires	p 35
5. Réglages de la ventilation	p 49
6. PEP et manœuvre de recrutement (ou soupirs)	p 55
7. Monitoring ventilatoire per-opératoire	p 63
8. Cas cliniques	p 73
a) Ventilation du patient en chirurgie laparoscopique	p 75
b) Ventilation avec un masque laryngé	p 77
c) Ventilation chez l'enfant de moins de 1 an	p 81
d) Aide inspiratoire à l'induction et au réveil	p 91
e) Asthmatique / BPCO	p 97
f) SDRA au bloc opératoire	p 101
9. Remerciements	p 107

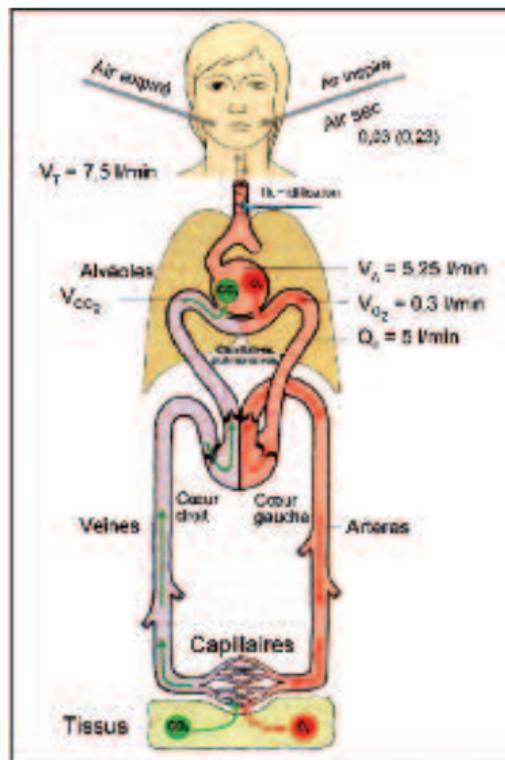
1. Physiologie respiratoire appliquée à la ventilation artificielle en anesthésie

Nathalie Nathan-Denizot - Limoges

Physiologie respiratoire appliquée à la ventilation artificielle en anesthésie

Objectif de la ventilation :

- Assurer le renouvellement des gaz alvéolaires
- Permettre les échanges gazeux en O_2 et CO_2 .



Physiologie respiratoire appliquée à la ventilation artificielle en anesthésie

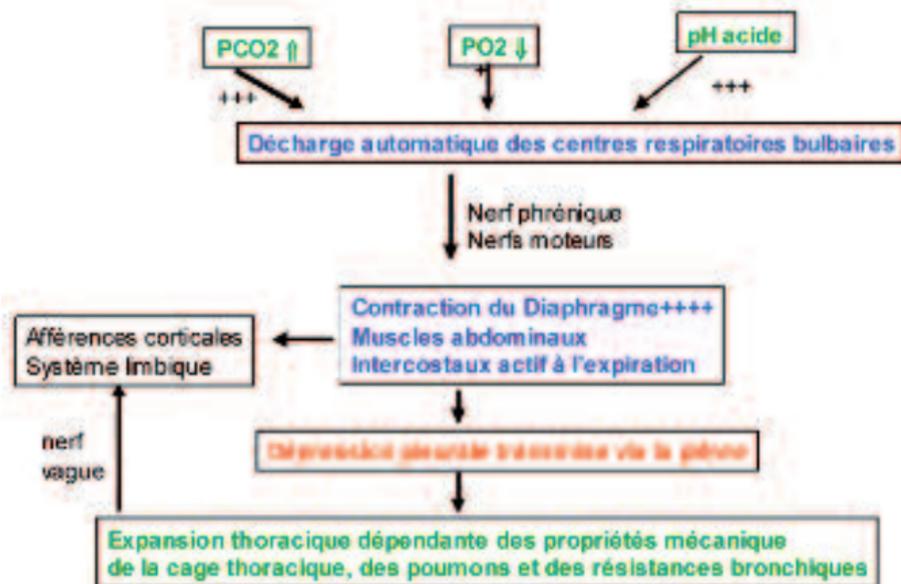
Commande respiratoire :

- Activité automatique coordonnée liée à la contraction rythmique et synchronisée des muscles respiratoires permettant la mobilisation des gaz au niveau du poumon
- Liée au fonctionnement de centres respiratoires pace-maker situés au niveau du tronc cérébral
- Transmission : nerf phrénique au diaphragme et aux autres muscles respiratoires abdominaux et intercostaux
- Le principal facteur de régulation de la commande respiratoire est la PaCO_2 au niveau des chémorécepteurs périphériques (carotidiens et aortiques) et centraux. Les centres respiratoires sont aussi sensibles à l'hypoxie mais le gain de la réponse ventilatoire est alors plus faible.
- La réponse à l'hypercapnie est une augmentation du volume courant et surtout de la fréquence respiratoire et donc du volume minute.
- Le gain de la réponse est élevé et biphasique :
 - réponse rapide via les chémorécepteurs périphériques
 - puis réponse retardée mais à gain plus élevé via les chémorécepteurs centraux.

Physiologie respiratoire appliquée à la ventilation artificielle en anesthésie

Transmission de la commande :

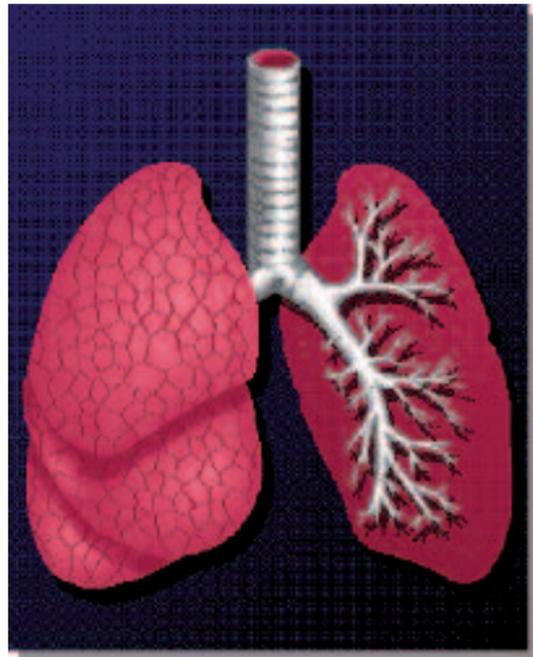
- L'activité des muscles respiratoires : abdominaux et intercostaux ainsi que celle des muscles pharyngolaryngés est coordonnée avec celle du diaphragme par les centres respiratoires.
- Les afférences corticales et limbiques à points de départ de la cage thoracique, du poumon et des bronches sont responsables de la sensation de dyspnée
- L'expiration est passive.



Physiologie respiratoire appliquée à la ventilation artificielle en anesthésie

Mobilisation des gaz et mécanique respiratoire

- Le remplissage alvéolaire est proportionnel
 - au gradient de pression généré par la contraction diaphragmatique (force motrice).
 - à la compliance thoraco-pulmonaire
 - à la résistance à l'écoulement des gaz dans l'arbre respiratoire



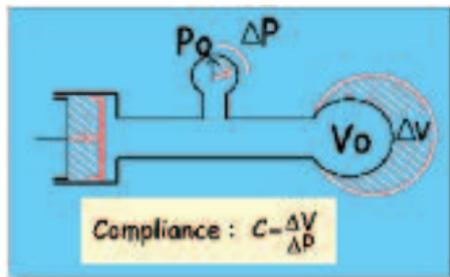
Physiologie respiratoire appliquée à la ventilation artificielle en anesthésie

- La compliance se définit par le volume de gaz mobilisé par unité de pression motrice.

- Compliance =
$$\frac{\Delta \text{Volume mobilisé (mL)}}{\Delta \text{Pression motrice (mmHg)}}$$

- Il existe physiologiquement une compliance pulmonaire (contenu) et une compliance thoracique (contenant) à l'origine d'une compliance thoracopulmonaire totale.

- $$\frac{1}{\text{Compliance totale}} = \frac{1}{\text{Compliance poumon}} \times \frac{1}{\text{Compliance thoracique}}$$



Physiologie respiratoire appliquée à la ventilation artificielle en anesthésie

En pratique clinique habituelle, l'évaluation de la compliance thoraco-pulmonaire se fait par la mesure du volume courant rapporté à la valeur de pression trachéale lors du plateau de fin d'inspiration (figure 1). Cette valeur est appelée compliance semi-statique. Sa valeur est d'autant plus proche de celle de la compliance statique que le plateau inspiratoire est long et donc la fréquence ventilatoire basse. Chez l'enfant, nécessitant des fréquences ventilatoires élevées, l'approximation est hasardeuse. En l'absence de mesure en fin de plateau, cette valeur est une compliance dynamique. Elle sous-évalue la valeur de compliance car la pression mesurée est supérieure à celle existant au niveau des alvéoles. Cette valeur est aussi influencée par la compliance abdominale.

Compliance dynamique et semi statique - travail respiratoire

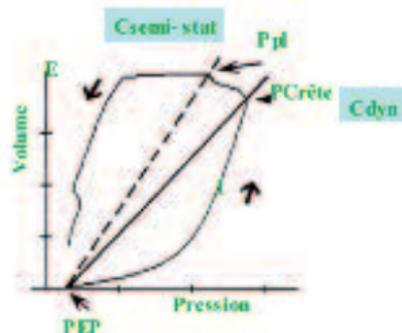


Figure 1

Physiologie respiratoire appliquée à la ventilation artificielle en anesthésie

Les valeurs normales de compliance thoraco-pulmonaire varient avec l'âge

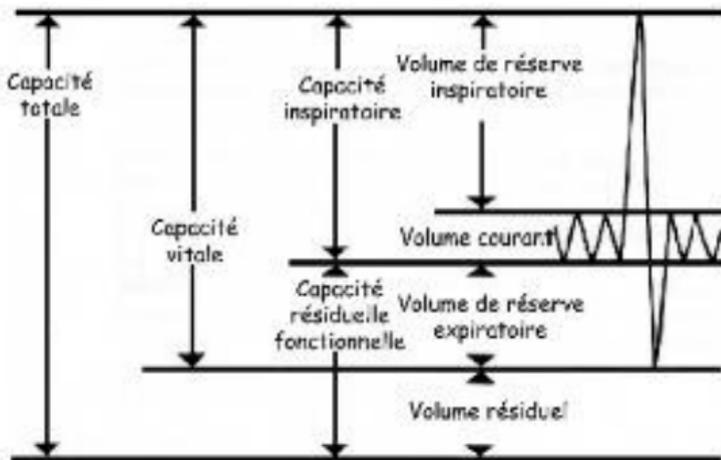
	Volume courant	Fréquence respiratoire	Compliance totale	Résistance respiratoire
Nouveau-né	6-8 mL/kg	40-60 cpm	5-6 mL/cmH ₂ O	25-30 cmH ₂ O/L/s
Nourrisson	6-8 mL/kg	25-30 cpm	16 mL/cmH ₂ O	13 cmH ₂ O/L/s
Enfant 5 ans	6-8 mL/kg	20 cpm	44 mL/cmH ₂ O	8 cmH ₂ O/L/s
Adulte	7 mL/kg	12-16 cpm	50-70 mL/cmH ₂ O	1,6 cmH ₂ O/L/s

Physiologie respiratoire appliquée à la ventilation artificielle en anesthésie

- Causes d'altération de compliance en anesthésie
 - cause thoracique et abdominale
 - pneumopéritoine, pneumothorax accidentel ou chirurgical
 - position : gynécologique, trendelenburg
 - compression extrinsèque (bandages compressifs)
 - compression intrinsèque (ascite, pneumopéritoine, épanchements pleuraux)
 - lésions pulmonaires
 - poumons pathologiques avant l'intervention (BPCO, SDRA, tabagisme)
 - atteinte pulmonaire induite par la ventilation (atélectasies+++)

Physiologie respiratoire appliquée à la ventilation artificielle en anesthésie

- Les échanges gazeux se produisent pendant tout le cycle respiratoire notamment pendant l'expiration grâce aux gaz alvéolaires de la capacité résiduelle fonctionnelle (CRF). Le maintien ouvert des alvéoles est permis par un film tensio-actif du surfactant. En fin d'expiration, cependant certaines alvéoles se collabent lorsque leur volume devient inférieur à un volume seuil appelé volume de fermeture. Ce volume de fermeture est le volume en dessous duquel les alvéoles se collabent à l'expiration
- Chez l'obèse, l'enfant et en cas de pathologie respiratoire sous-jacente, la CRF est diminuée et le volume de fermeture est augmenté.



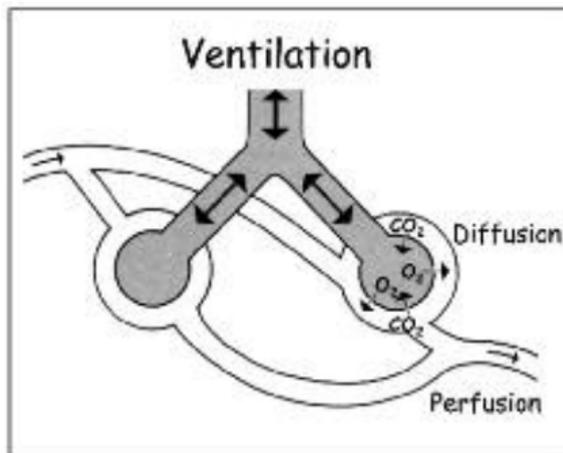
Physiologie respiratoire appliquée à la ventilation artificielle en anesthésie

- Le travail respiratoire représente le travail généré par le respirateur ou les poumons pour mobiliser les gaz alvéolaires. Le travail effectué en ventilation spontané ne peut être mesuré qu'avec une sonde œsophagienne qui mesure la dépression pleurale générée par les muscles respiratoires. En ventilation contrôlée exclusive, ce travail peut être mesuré par l'aire de la boucle de pression-volume des voies aériennes. En aide inspiratoire, ces courbes ne permettent pas de mesurer le travail ventilatoire généré par l'effort inspiratoire du patient.

Physiologie respiratoire appliquée à la ventilation artificielle en anesthésie

- **Inhomogénéité de répartition des gaz - constante de temps**

- La répartition des gaz au niveau alvéolaires ne se fait pas de façon homogène et dépend de la constante de temps de l'alvéole. Les alvéoles peuvent avoir une constante de temps courte ou rapide selon l'importance de leur compliance et de la résistance à l'écoulement des gaz au niveau des bronchioles terminales qui les drainent.



Physiologie respiratoire appliquée à la ventilation artificielle en anesthésie

- Les gaz se distribuent d'abord au niveau des alvéoles de faible constante de temps tendant à les surdistendre et à écraser les vaisseaux péri-alvéolaires si le volume est trop élevé. Ce phénomène est à l'origine d'un volotraumatisme.
- A l'inverse, les alvéoles de constante de temps élevée ne reçoivent les gaz respiratoires que de façon imparfaite voire nulle. C'est le cas des zones d'atélectasies qui se constituent notamment dès le début de l'anesthésie et particulièrement chez l'obèse ou en cas de pathologie pulmonaire sous-jacente.
- L'objectif de la ventilation artificielle est aussi de permettre la meilleure répartition possible des gaz dans l'arbre respiratoire.

2. Objectifs de la ventilation per-opératoire

Anne-Marie Cros et Karine Nouette-Gaulain - **Bordeaux**

Objectifs de la ventilation per-opératoire

- **Effets de l'anesthésie sur la ventilation**

- les hypnotiques inhalatoires et IV entraînent une diminution du volume courant et de la ventilation minute. Cet effet est dose dépendant et à forte concentration surviennent d'abord une ventilation superficielle puis une apnée.
- les morphiniques diminuent la fréquence ventilatoire en augmentant le temps inspiratoire et le temps expiratoire.
- les hypnotiques et les morphiniques diminuent la réponse au CO₂.

- **Effets de l'anesthésie sur la fonction respiratoire**

- l'hypotonie des muscles respiratoires entraîne :
 - une diminution de la CRF
 - une diminution de la respiration thoracique avec balancement thoraco-abdominal
 - la formation d'atélectasies dues à la diminution du volume pulmonaire, à l'ascension du diaphragme, à l'absorption de fortes concentrations d'oxygène et à la position per-opératoire du patient (surtout chez l'obèse)

Objectifs de la ventilation per-opératoire

- l'hypoxémie survenant au cours de l'anesthésie est due :
 - à un effet shunt renforcé par l'inhibition de la vasoconstriction hypoxique.
 - à une diminution du débit cardiaque.
 - à une augmentation de la consommation en O_2 , lors de l'induction chez certains patients.
- **Effets des prothèses ventilatoires**
 - augmentation des résistances donc du travail respiratoire.
 - augmentation de l'espace mort.

Objectifs de la ventilation per-opératoire

- **Pourquoi ventiler ?**
 - pour compenser la dépression respiratoire.
 - pour diminuer le travail respiratoire.
 - pour diminuer les besoins en O₂.
 - pour prévenir la formation d'atélectasies avec l'emploi d'une PEP (obèse, jeune enfant...).
- **Quand ventiler en pression positive ?**
 - patients apnéiques :
 - anesthésie profonde
 - curarisation
 - emploi de morphiniques à posologie élevée
 - patients à consommation d'oxygène élevée
 - pathologie pulmonaire
- **Quand utiliser l'aide inspiratoire chez un patient en ventilation spontanée ?**
 - anesthésie avec maintien de la ventilation spontanée :
 - pour diminuer le travail respiratoire
 - pour compenser la diminution du volume courant
 - pour utiliser une PEP si nécessaire

3. Circuits des ventilateurs d'anesthésie

Jean-Etienne Bazin - Clermont-Ferrand

Circuits des ventilateurs d'anesthésie



Ventilateur d'anesthésie
Roth Dräger - 1902



Plate-forme d'anesthésie ZEUS®

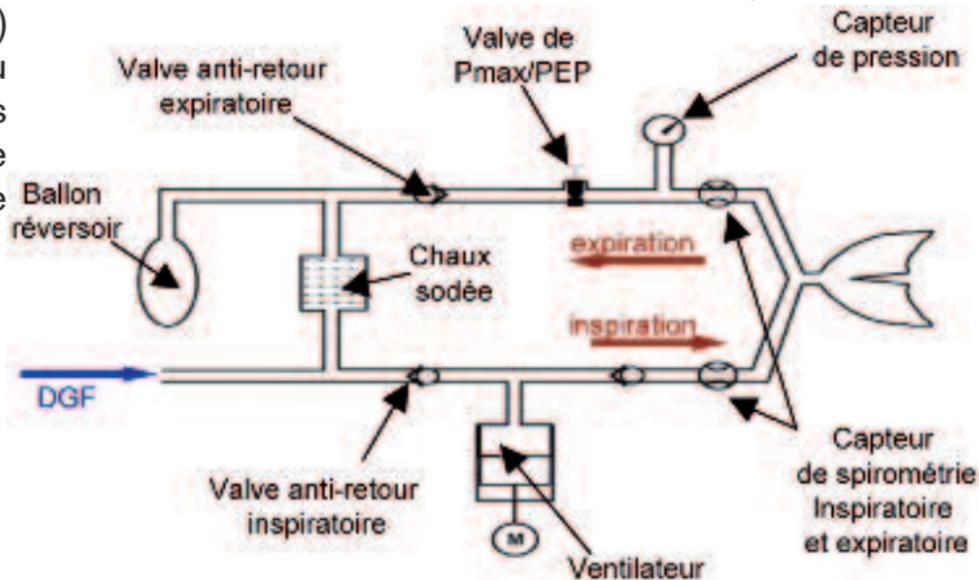
Depuis la premier ventilateur d'anesthésie en 1902, les ventilateurs d'anesthésie ont évolués mais ont toujours les deux mêmes objectifs majeurs :

- Ventilation des patients
- Administration des gaz vecteurs : O₂, N₂O, Air et les 5 gaz halogénés (enflurane, halothane, isoflurane, sevoflurane et desflurane)

L'évolution récente se fait vers des modes ventilatoires de plus en plus sophistiqués et une administration des gaz et vapeurs adaptée à la « consommation » du patient

Circuits des ventilateurs d'anesthésie

Un circuit d'anesthésie est composé de l'ensemble des parties constitutives de l'appareil d'anesthésie par lesquels transitent les gaz depuis les prises murales jusqu'au patient. A l'heure actuelle tous les circuits d'anesthésie permettent le recyclage (réinhalation) d'une partie plus ou moins importante des gaz expirés par le patient en fonction de l'apport de gaz frais.



Circuits des ventilateurs d'anesthésie

En fonction de l'importance de la réinhalation et donc du débit de gaz frais apporté chaque minute dans le circuit, on peut définir différentes pratiques.

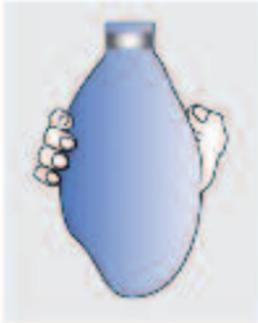
Classification des pratiques	Réinhalation (Chaux sodée purifiée de CO ₂ les gaz expiré)	Débit de Gaz Frais (DGF)
Haut débit de gaz frais Ou Ouvert	Non	> VE
Bas débit de gaz frais Ou Semi-ouvert	Partielle	< VE
Fermé (strict)	Totale	= Consommation patient/minute

Circuits des ventilateurs d'anesthésie

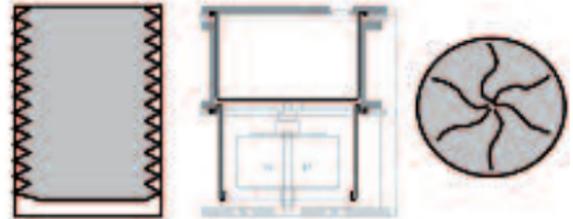
La force motrice nécessaire à la ventilation peut être
manuel ou mécanique



Ballon MAN/SPONT (réservoir)
ou ballon du circuit externe (dit à la
française)



Propulsion électrique
(piston ou turbine)
Propulsion pneumatique
(soufflet ascendant ou descendant)

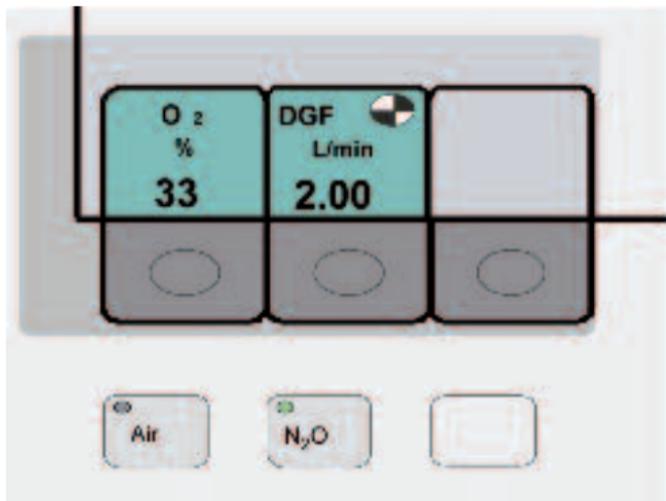


Circuits des ventilateurs d'anesthésie

La composition de gaz frais est déterminé par deux réglages :

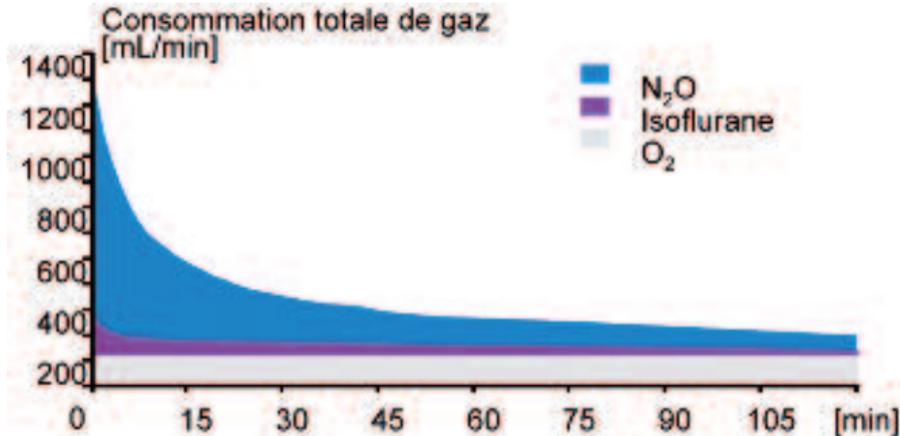
Mélangeur des gaz vecteur O₂/N₂O ou O₂/Air

Réglyage de l'évaporateur



Circuits des ventilateurs d'anesthésie

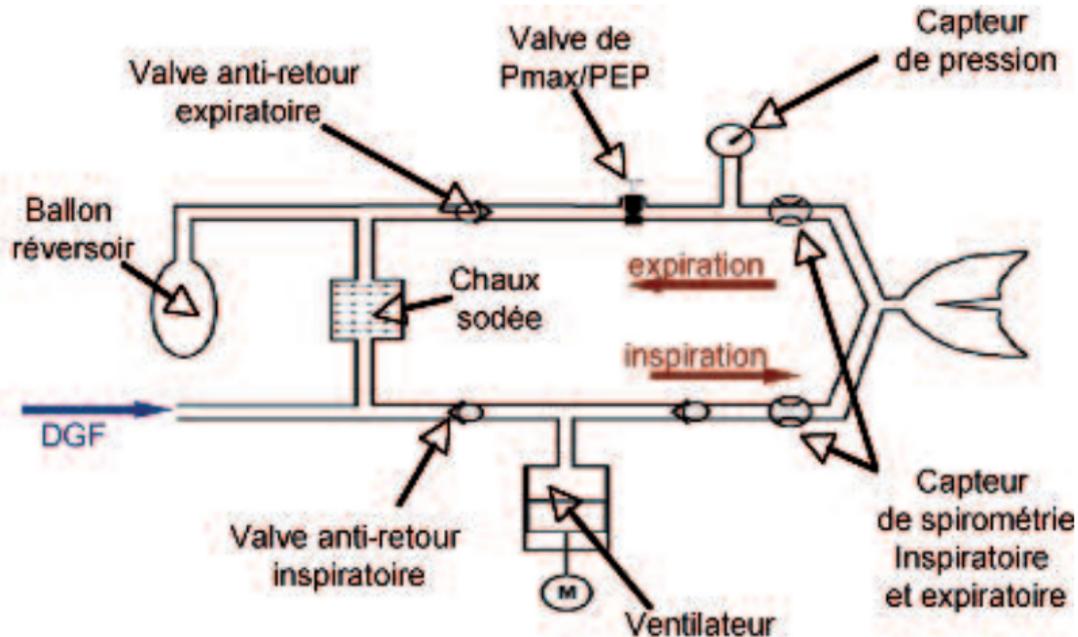
Le débit de gaz frais doit s'adapter à la captation ou consommation des gaz par le patient, aux éventuelles fuites (y compris l'analyseur de gaz)



Consommation totale de gaz au cours du temps pour un patient de 75 kg, avec un mélange, N₂O, O₂, isoflurane. Le débit de gaz frais peut être en toute sécurité ajusté à la captation/consommation de chaque gaz + 20%

Circuits des ventilateurs d'anesthésie

Les valves unidirectionnelles permettent la circulation dans un seul sens des gaz
Tous dysfonctionnement de ces valves se traduira par une réinhalation de CO₂



Circuits des ventilateurs d'anesthésie



Exemple de valve APL
sur Fabius, Primus ou Zeus

La valve de surpression ou valve APL (Airway pressure limite).

Le réglage de cette valve définit le niveau maximal de pression qui régnera dans le circuit et les voies aériennes du patient.

Elle permet la pressurisation (jusqu'au niveau affiché) du circuit pour la ventilation manuelle (d'où sur certains respirateurs sa double fonction de « bascule » sur le circuit manuel).

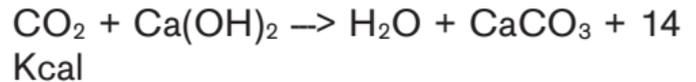
Le réglage de cette valve, permet aussi de mesurer la pression de fuite avec des systèmes de ventilation supraglottiques.

Circuits des ventilateurs d'anesthésie



La chaux sodée :

Absorbe le CO₂ selon la formule :



Indicateur colorimétrique (réaction acide base réversible) :

Phénolphtaléïne : incolore ► rose-violet

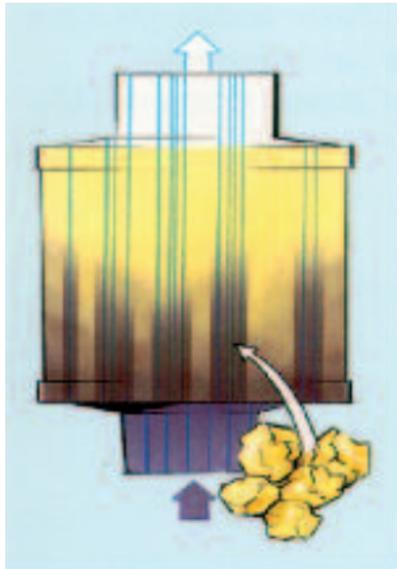
Orange d'éthyl : orange ► jaune

Sel de manganèse : violet ► blanc

Consommation approximative : 1 kg de chaux sodée absorbe 130 L de CO₂ soit environ 10 h d'anesthésie à bas débit de gaz frais

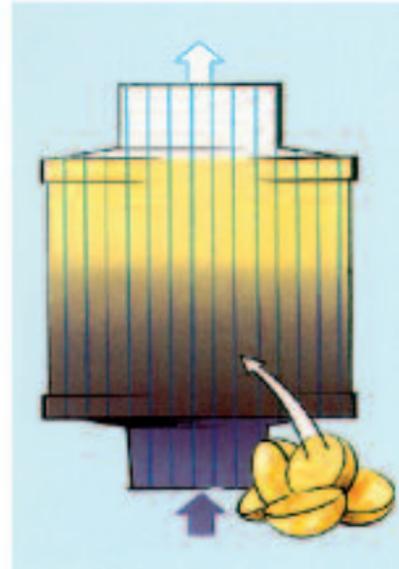
Circuits des ventilateurs d'anesthésie

Chaux concassée



Formation de canaux
préférentiels

Chaux calibrée

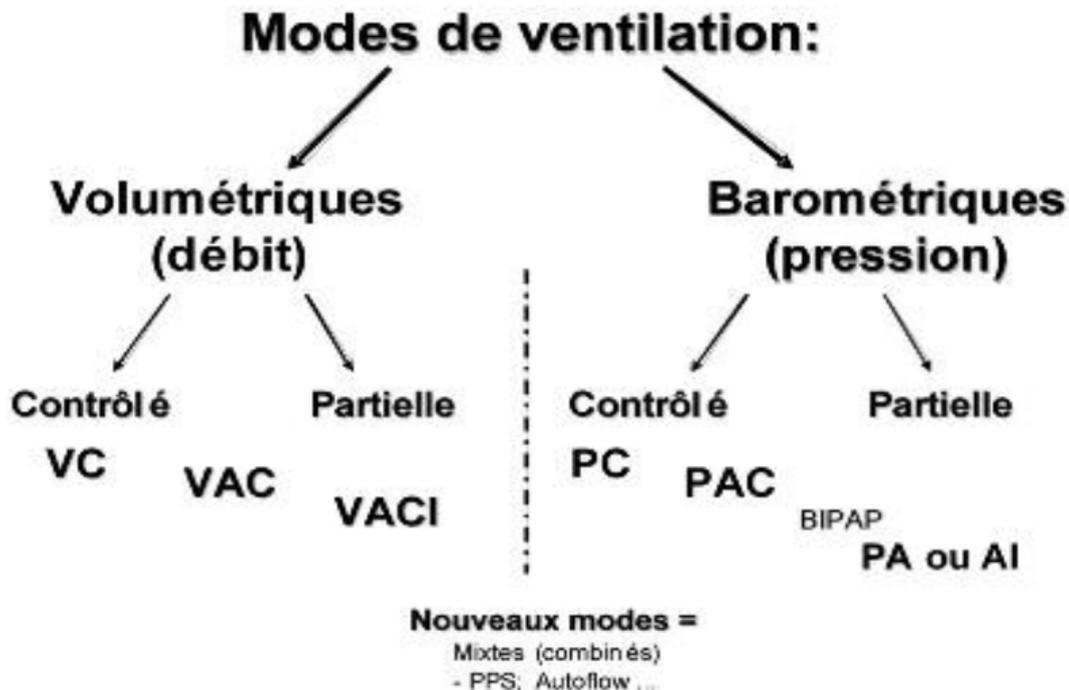


Répartition homogène

4. Modes ventilatoires

Samir Jaber et Xavier Capdevila - Montpellier

Modes ventilatoires



Modes en volume

Le volume contrôlé (VC) aucune participation du patient. Le patient reçoit un volume courant réglé à une fréquence imposée.

Le volume assisté contrôlé (VAC) participation partielle du patient. Le patient est en VC avec en plus la possibilité de déclencher des cycles supplémentaires : il peut augmenter la fréquence mais le volume insufflé est imposé.

Le volume assisté contrôlé intermittent (VACI) permet au patient d'intercaler des cycles spontanés entre les cycles du ventilateur, lesquels peuvent être assistés par de l'aide inspiratoire.

Modes en pression

La pression contrôlée (PC) aucune participation du patient. Le ventilateur insuffle de l'air, à une fréquence donnée, jusqu'à l'atteinte de la pression fixée.

La BIPAP est une ventilation à pression contrôlée autorisant la ventilation spontanée du patient à tout moment

L'aide inspiratoire (AI) est une aide en pression apportée par le ventilateur lors des cycles spontanés. Cette modalité permet au patient de conserver le contrôle du déclenchement, de la durée et de la fréquence des cycles respiratoires.

Modes ventilatoires

L'Autoflow®

L'Autoflow est une modalité ventilatoire en pression à volume garanti. Son positionnement est de fournir une possibilité d'administrer un volume constant dans un mode en débit décélérant avec la possibilité pour le patient de ventiler spontanément durant tout le cycle mécanique.

Typiquement un patient qui se fatigue en Aide Inspiratoire et qu'il peut être délétère de ventiler de nouveau mécaniquement en débit constant pourrait trouver bénéfice à ce type de mode mixte (ventilation mécanique + ventilation spontanée).

Modes ventilatoires

Paramètres à régler et à monitorer

- **FiO₂** : concentration d'oxygène du mélange gazeux inspiré par le patient
 - Air ambiant : 21 % O₂
 - Si > 70 % O₂ toxicité pulmonaire et atélectasie
- **Volume courant** : Vt = 7 à 9 ml par kg
 - Quantité d'air insufflé au patient à chaque cycle
 - Déterminé par le poids
- **Fréquence respiratoire** : f = 12 à 15 par minutes
 - Nombre de cycle par minute
- **Volume minute** : VM = Vt x f

Modes ventilatoires

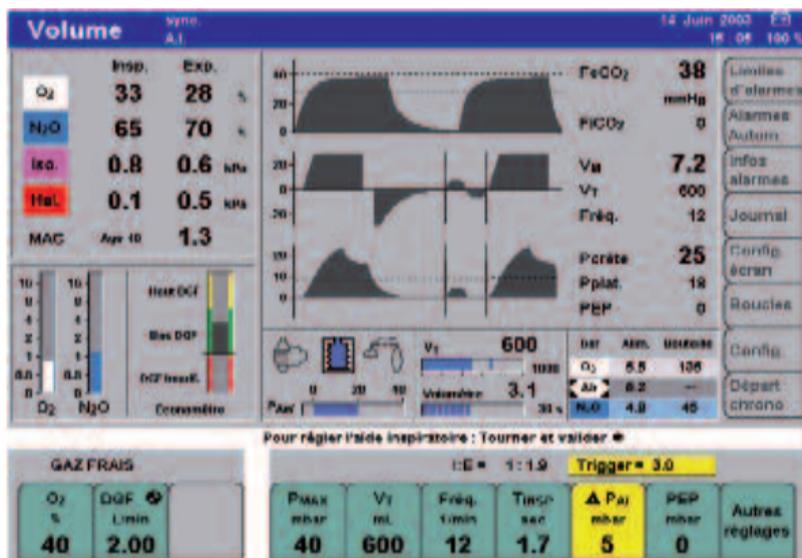
Paramètres à régler et à monitorer

- **Seuil de déclenchement : Trigger**
 - Seuil de déclenchement qui permet de détecter l'appel inspiratoire du patient
 - Réglé soit
 - en mbar : trigger en pression
 - en L/mn : trigger en débit
- **Débit d'insufflation :**
 - Vitesse d'insufflation du volume courant
- **Temps d'insufflation : rapport I/E**
 - Valeur du temps inspiratoire T_i divisé par celle du temps expiratoire T_e
 - T_i : temps d'insufflation active + temps de plateau (arrêt de l'insufflation mais valve expiratoire fermée donc pression maintenue dans les voies aériennes)
 - T_e : temps pendant lequel la valve expiratoire est ouverte
 - $I/E = 1/2$ physiologiquement, le temps expiratoire est deux fois plus long que le temps inspiratoire ; $E = 2 * I$

Modes ventilatoires

Paramètres à régler et à monitorer

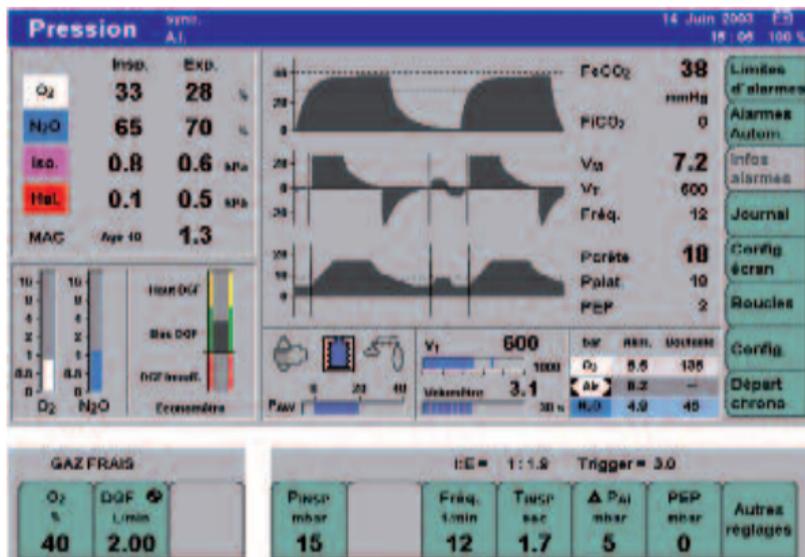
Exemple de l'écran du PRIMUS en mode volume avec trigger & ΔP A.I. activés



Modes ventilatoires

Paramètres à régler et à monitorer

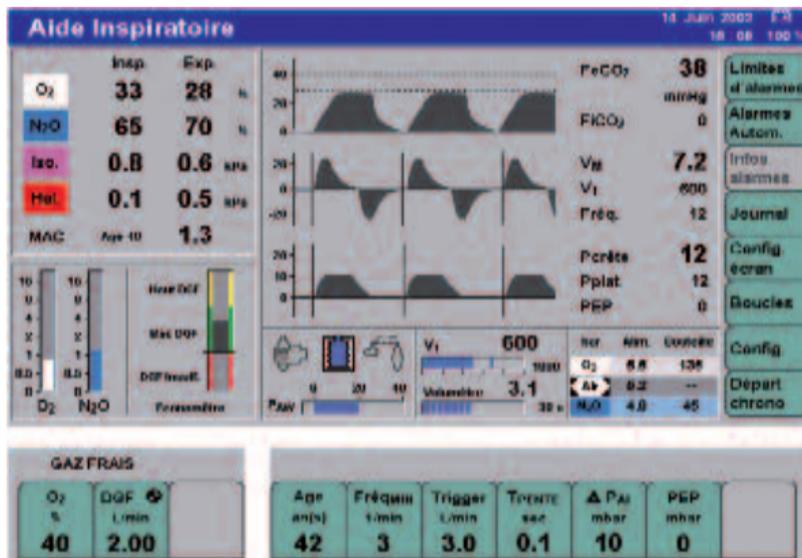
Exemple de l'écran du PRIMUS en mode pression avec Trigger & ΔP A.I. activés



Modes ventilatoires

Paramètres à régler et à monitorer

Exemple de l'écran du PRIMUS en mode Aide Inspiratoire avec ventilation d'apnée



Modes ventilatoires

Paramètres à régler et à monitorer

Pression expiratoire positive : PEP réglage de 3 à 12 cmH₂O

Pression résiduelle maintenue dans les voies aériennes pendant l'expiration

– Intérêts :

- Augmentation du recrutement alvéolaire
- Limitation du risque d'atélectasie

– Inconvénients :

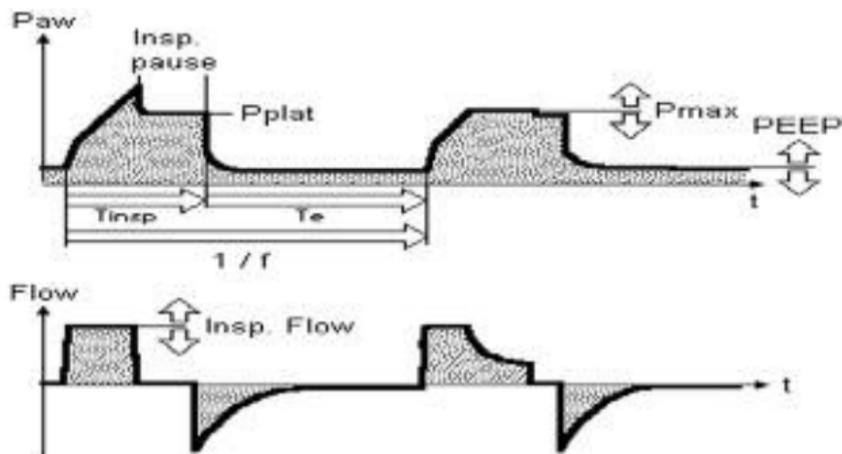
- Risque de barotraumatisme
- Effets hémodynamique (baisse du débit cardiaque et diminution retour veineux)

Modes ventilatoires

Paramètres à régler et à monitorer

Les pressions

- Pression de crête
 - Pression maximale atteinte pendant l'insufflation
- Pression de plateau
 - Pression mesurée pendant la phase passive du T_i
- Pression moyenne
 - Moyenne des pressions pendant un cycle complet
- Pression maximum P_{max}
 - Est un réglage



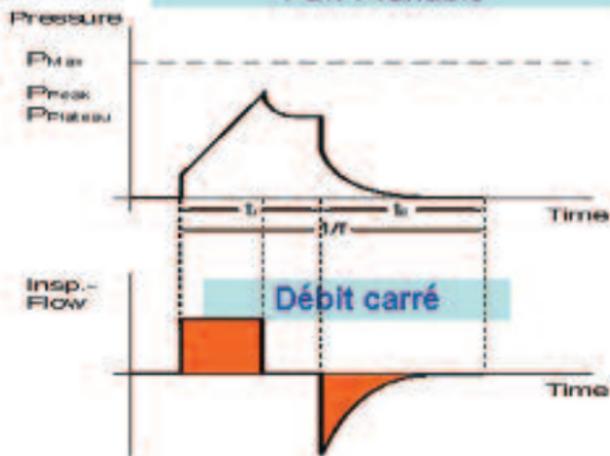
Modes ventilatoires

Paramètres à monitorer en fonction du mode ventilatoire

Modes volumétriques

Vt : fixe

Paw : variable

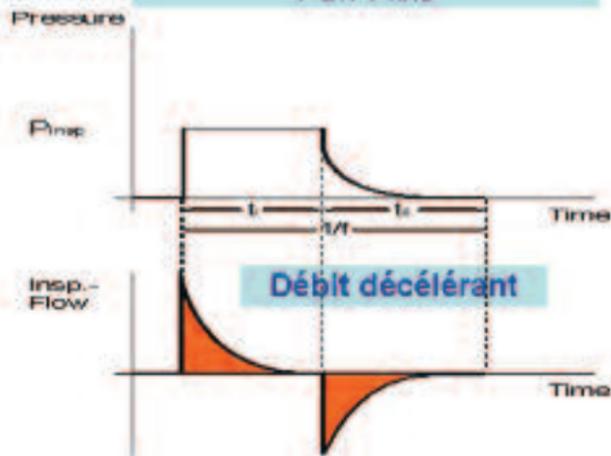


Alarmes à surveiller
Pressions (P_{plat}, P_{moy}, P_{max})

Modes barométriques

Vt : variable

Paw : fixe



Alarmes à surveiller :
Volume (Vt, Vm) et CO₂

5. Réglages de la ventilation

Anne-Marie Cros et Karine Nouette-Gaulain - **Bordeaux**

Réglage de la ventilation

Réglages standard

Réglage du volume courant

- VT compris entre 7 et 9 mL/kg :
 - VT < 6 mL/kg favorise les atélectasies
 - VT \geq 10 mL/kg favorise la survenue de lésions de la paroi alvéolaire
- VT = 10 mL/kg si ventilation au masque facial

Réglage de la fréquence

- chez l'adulte entre 10 et 15/min, en fonction $P_{et}CO_2$ désirée (35 à 45mmHg)
- chez l'enfant :
 - nourrisson, 25 à 30/min
 - enfant entre 6 mois et 2 ans, 20 à 25/min
 - enfant > 2 ans, 20/min
- en fonction $P_{et}CO_2$ désirée (35 à 45 mmHg)

Réglage de la ventilation

Réglages standard

Réglage I/E

- classiquement I/E = 1/2
- peut être augmenté si P_{insp} trop élevée sous contrôle de l'absence d'autoPEP (courbe de débit)
- chez le nourrisson I/E entre 1/1,5 et 1/1

Réglage FIO_2 réglée pour obtenir SpO_2 entre 99 et 100 % (éviter hyperoxie)

Réglage de la PEP

- chez l'adulte
5 à 10 cmH_2O si nécessaire en fonction de l'effet chez l'obèse systématique 10 cmH_2O
- chez l'enfant
≤ 2 ans, PEP 5 cmH_2O systématique
> 2 ans, PEP 5 cmH_2O si nécessaire

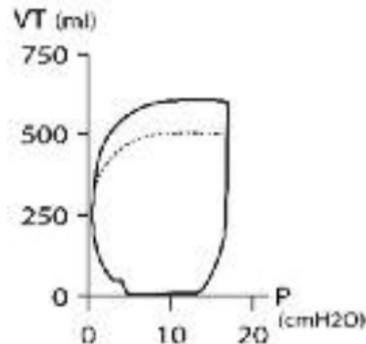


Figure 1

Augmentation du volume courant quand I/E passe de 1/2 à 1/1 sans changer la pression en mode pression contrôlée

Réglage de la ventilation

Réglages selon le mode ventilatoire

Réglage en mode volume contrôlé

- VT compris entre 6 et 8 mL/kg, 10 mL/kg si ventilation au masque facial
- FR réglée pour obtenir $P_{et}CO_2$ désirée
- I/E = 1/2
 - peut être modifiée si P_{insp} trop élevée sous contrôle de l'absence d'autoPEP (courbe débit)
 - chez le nourrisson augmenter I/E
- pression d'échappement :
 - 40 cmH₂O chez l'adulte
 - 30 cmH₂O chez l'enfant

Réglage de la ventilation

Réglages selon le mode ventilatoire

Réglages en mode pression contrôlée

- pression inspiratoire réglée pour obtenir VT entre 6 et 8 mL/kg. 10 mL/kg si ventilation au masque facial

- FR réglée pour obtenir $P_{et}CO_2$ entre 35 et 45 mmHg

Attention : augmentation FR diminue VT et diminution FR augmente VT

- I/E : 1/2 chez l'adulte

Attention :

augmentation I/E augmente VT

diminution I/E diminue VT

I/E = 1/1,5 ou 1/1 chez le nourrisson

I/E peut être augmenté si P_{insp}

trop élevée sous contrôle de l'absence d'autoPEP (courbe de débit)



Figure 2

Présence d'une autoPEP le débit expiratoire ne revient pas à zéro à la fin de l'expiration

Réglage de la ventilation

Réglages selon le mode ventilatoire

Réglage en mode Autoflow®

- P_{insp} réglée pour obtenir VT entre 6 et 8 mL/kg.
- P_{insp} réglée à 10 mL/kg si ventilation au masque facial
- P_{max} réglée entre 18 et 25 cmH₂O

Réglage de l'aide inspiratoire

- pression d'aide
 - régler pour obtenir VT entre 6 et 8 mL/kg
 - si ventilation au masque facial 10 mL/kg
- Trigger inspiratoire
 - régler au minimum de sensibilité qui permet d'éviter l'auto-trigger
 - en pratique entre 3 et 6 l/min
- Réglage de la pente
 - régler entre 0,3 et 0,6

6. PEP et manœuvre de recrutement (ou soupirs)

Samir Jaber, et Xavier Capdevila - Montpellier

Jean-Michel Constantin - Clermont-Ferrand

PEP et manœuvre de recrutement (ou soupirs)

Chez le patient sous anesthésie générale, au bloc opératoire ou en réanimation, que les poumons soient initialement sains ou non, tout concourt au dérecrutement alvéolaire (collapsus d'alvéoles préalablement sains). Le relâchement musculaire, l'emploi de FiO_2 élevées, la monotonie des cycles respiratoires en ventilation contrôlée, la perturbation des mouvements ciliaires sont autant d'éléments pourvoyeurs d'atélectasies. Certains types de chirurgie, comme la chirurgie sus-mésocoliques, sont particulièrement à risque. Les antécédents pathologiques et/ou physiologiques du patient peuvent représenter des facteurs aggravants mais ne sont en aucun cas nécessaires à la genèse de ces troubles. Il est donc fondamental d'adopter une stratégie ventilatoire adaptée à ces contraintes.

PEP et manœuvre de recrutement (ou soupirs)

Effets physiologiques de la PEP et des manœuvres de recrutement alvéolaire

L'utilisation de la PEP permet de lutter contre le dérecrutement alvéolaire. Il n'y a pas de justifications scientifiques à ne pas utiliser de PEP chez un patient sous anesthésie générale. Les seules contre-indications étant une fistule brochopleurale ou un patient en asthme aigu grave, situations peu courantes en pratique.

En fonction des séries publiées les niveaux de pression utilisés vont de 3 à 10 cmH₂O. En dehors du contexte de l'hypovolémie non corrigée, la tolérance hémodynamique est très bonne. Le niveau de PEP sera à adapter en fonction du type de chirurgie et du terrain de chaque patient.

La PEP agit essentiellement en s'opposant aux forces de compression extrinsèques qui s'exercent sur les bronchioles. Elle est donc d'autant plus efficace que cette pression est faible, c'est-à-dire dans les régions non dépendantes et céphaliques du parenchyme pulmonaire. De ce fait, son action ne sera pas homogène et l'apparition d'atélectasies postérieures et basales ne pourra être totalement évitée. Il va donc falloir « recruter le poumon ».

PEP et manœuvre de recrutement (ou soupirs)

L'emploi d'une CPAP pendant 30 à 40 secondes (en utilisant le mode APRV ou équivalent, voir chapitre modes ventilatoires), ou l'utilisation d'une PEP > 20cmH₂O pendant 10 à 15 minutes (en réduisant le cas échéant le volume courant afin de limiter la pression de plateau entre 35 et 40 cmH₂O) permettent de « ré-ouvrir » les alvéoles collabés. Lorsqu'une pression suffisamment élevée a ré-ouvert les alvéoles, l'utilisation d'une PEP permet de maintenir le poumon ouvert (Figure 1). L'utilisation ancestrale du ballon souple pour « recruter » est certes souvent efficace mais doit être aujourd'hui abandonnée. En effet, les volumes et les pressions utilisés sont inconnus et probablement très au-dessus de ce que l'on peut accepter.

PEP et manœuvre de recrutement (ou soupirs)

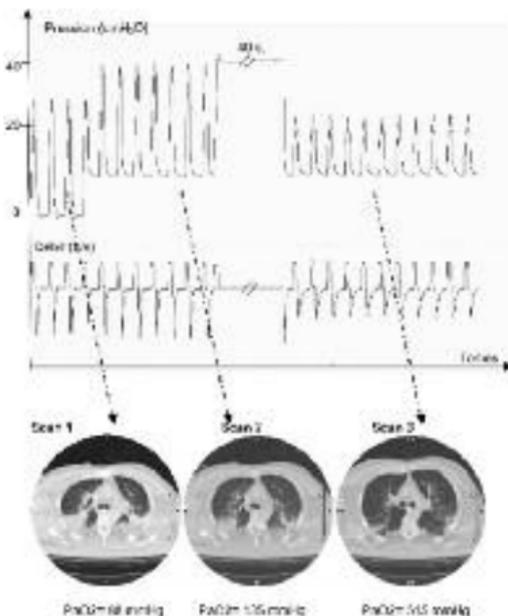
Conclusion

L'utilisation de la PEP et des manœuvres de recrutement doit s'intégrer dans une stratégie ventilatoire globale au bloc opératoire. La mise en place systématique d'une PEP au cours de la ventilation limite la création d'atélectasies donc d'hypoxémies per et post-opératoires. Le cas échéant, le traitement de l'hypoxémie per-opératoire ne doit pas se limiter à une augmentation de la FiO_2 (qui ne ferait qu'aggraver les atélectasies). L'utilisation de manœuvres de recrutement est dans ce cas une réponse bien plus adaptée au phénomène initial.

La limitation des troubles ventilatoires per-opératoires permet ainsi d'améliorer les conditions respiratoires en post-opératoire. Les progrès réalisés sur les respirateurs d'anesthésie ces dernières années permettent aujourd'hui de disposer au bloc opératoire des mêmes « machines » qu'en réanimation. Ces limitations technologiques dépassées, nous pouvons adapter la stratégie ventilatoire aux besoins de chaque patient.

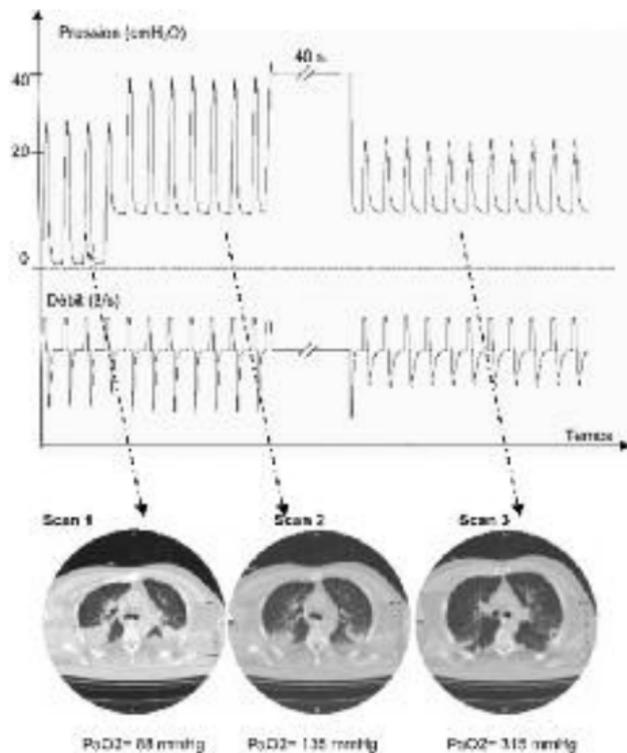
PEP et manœuvre de recrutement (ou soupirs)

Légende de la figure : Patient âgé de 57 ans, repris au bloc opératoire au troisième jour d'une sigmoïdectomie dans un tableau de péritonite. Après l'induction, le patient est ventilé à $FiO_2=1$, $V_t=550$ ml sans PEP. La gazométrie montre une hypoxie importante, le scanner des condensations alvéolaires avec atélectasies et oedème pulmonaire (Scan-1). La PEP est augmentée à 10 cmH_2O , l'oxygénation est améliorée mais il persiste des images de condensation pulmonaire au scanner (Scan-2). Après réalisation d'une manœuvre de recrutement (APRV : P_{max} 40 cmH_2O pendant 40 secondes) la PEP est maintenue à 10 cmH_2O . L'aspect scannographique des poumons (Scan-3) est quasiment normal, comme en atteste l'oxygénation.



PEP et manœuvre de recrutement (ou soupirs)

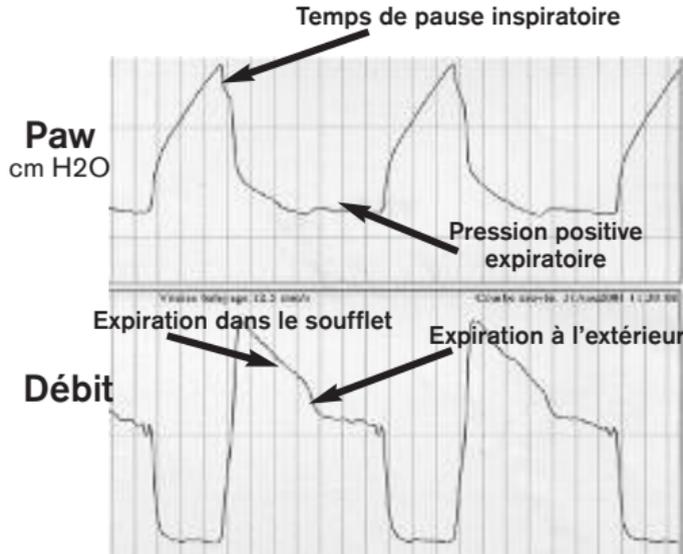
On peut remarquer que dans le même temps les pressions d'insufflation (pression de crête, pression moyenne et surtout pression de plateau) ont brutalement diminué après la manœuvre de recrutement témoignant d'une amélioration de la compliance pulmonaire, qui est passée chez ce patient de 35 à 70 mL/cmH₂O.



7. Monitoring ventilatoire per-opératoire

Jean-Louis Bourgain - Villejuif

Monitoring ventilatoire per-opératoire



Les courbes de pression et de débit

Quelques points caractéristiques des courbes de pression des voies aériennes et de débit sous ventilation mécanique (mode volume contrôlé) avec un respirateur d'anesthésie

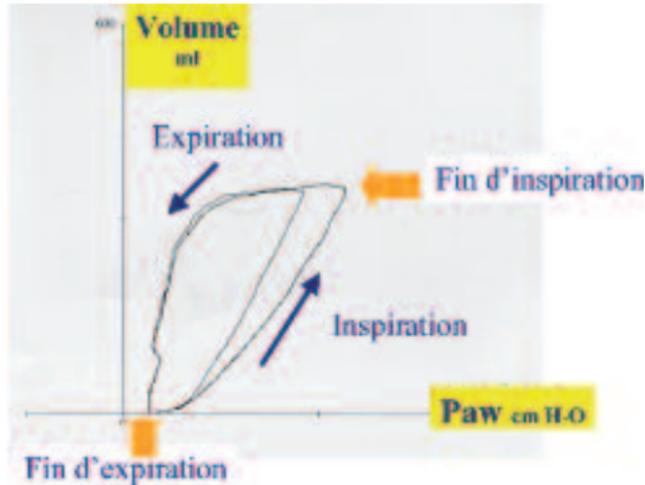
Commentaires :

Pour permettre le remplissage du ballon et du soufflet, tous les appareils d'anesthésie de type circuit filtre imposent une pression positive expiratoire d'environ 2 cm H₂O.

Dans un premier temps, les gaz expirés sont collectés dans le ballon réservoir ou le soufflet. Lorsque le réservoir est rempli, les gaz expirés s'échappent à l'extérieur dans un système de récupération type SEGA. L'ouverture de cette valve d'échappement induit un décrochage des courbes de pression ou de débit. Il survient d'autant plus tardivement dans l'expiration que le débit de gaz frais est faible.

Monitoring ventilatoire per-opératoire

Courbe pression/volume



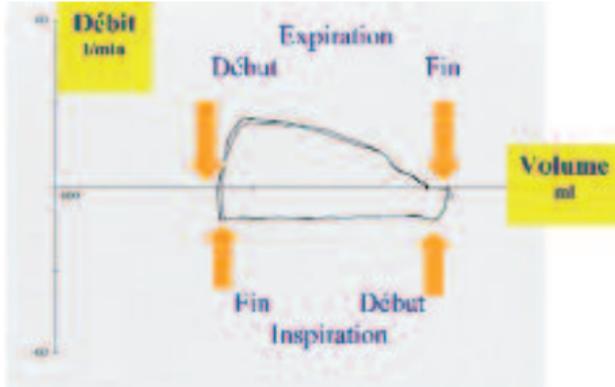
Les boucles pression/volume et débit/volume

Le ressaut sur la partie expiratoire correspond à l'ouverture de la valve permettant l'échappement des gaz expirés à l'extérieur du circuit.

Il est indispensable de mémoriser une boucle de référence pour la comparer à la courbe actuelle. Cette boucle de référence est sauvegardée pour une situation clinique donnée : relâchement musculaire, position, réglage du respirateur par exemple.

Monitoring ventilatoire per-opératoire

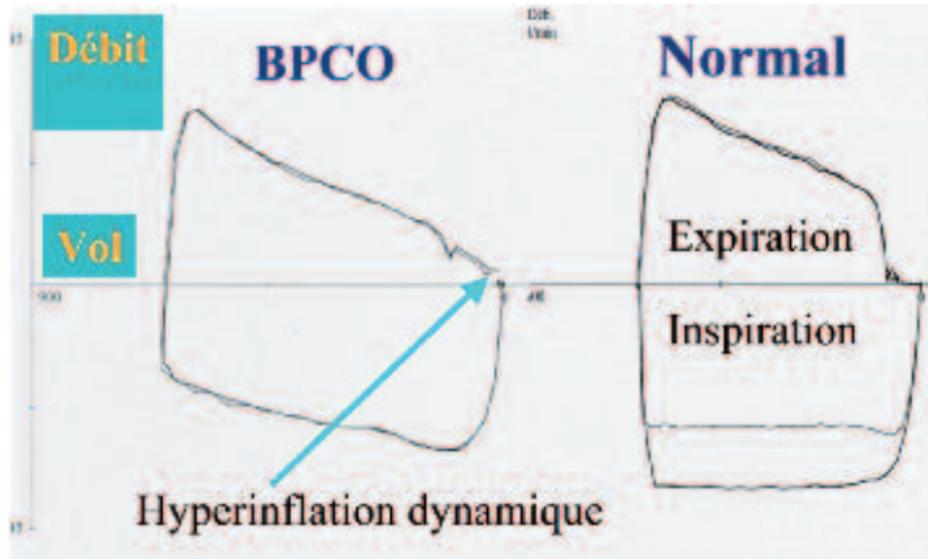
Courbe débit/volume.



Les boucles pression/volume et débit/volume

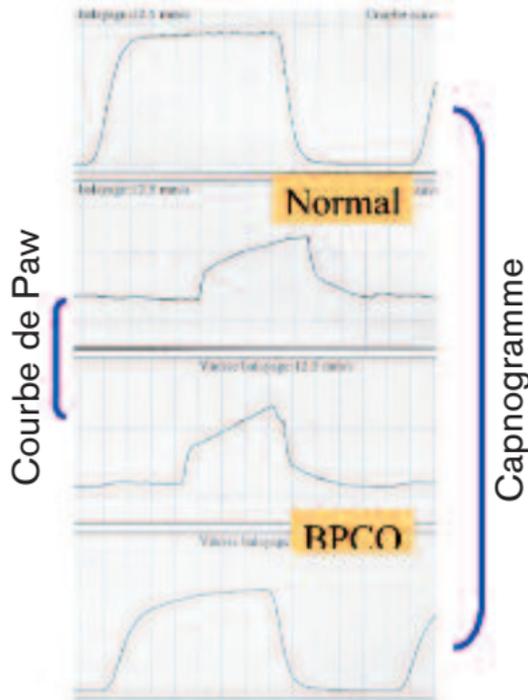
Dans l'exemple ci dessus, le volume est en abscisse et le débit en ordonnée. Le débit inspiratoire est négatif et le débit expiratoire positif. Cette convention n'est pas identique sur toutes les machines d'anesthésie. Le volume inspiré est supérieur au volume expiré, signalant ainsi la présence d'une fuite.

Monitoring ventilatoire per-opératoire



En général, le débit expiratoire est nul en fin d'expiration avant que l'insufflation suivante débute (courbe de droite). Dans certains cas (BPCO, bronchospasme, ventilation sur sonde de faible diamètre), le débit expiratoire n'est pas nul en fin d'expiration, signant l'existence d'une hyperinflation dynamique (courbe de gauche).

Monitoring ventilatoire per-opératoire



Capnographie

C'est le moyen le plus efficace pour identifier une intubation œsophagienne.

Même s'il existe un gradient parfois important entre la $PaCO_2$, la surveillance de la $PetCO_2$ est utilisée pour éviter les hypocapnies et les hypercapnies sévères. En ventilation contrôlée, la $PetCO_2$ est maintenue habituellement entre 35 et 45 $cm\ H_2O$. En ventilation spontanée, des valeurs plus élevées mais $<60\ mmHg$ sont tolérées chez les patients sans antécédent.

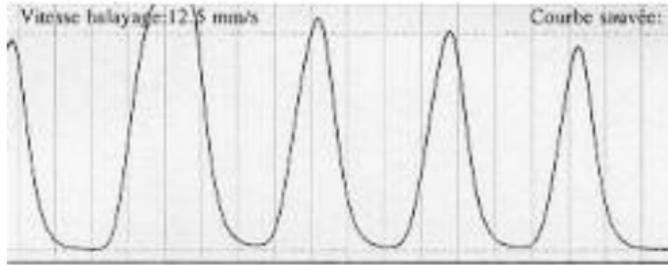
La forme du capnogramme renseigne sur l'homogénéité de la distribution du rapport ventilation/perfusion.

Plus le capnogramme présente une forme rectangulaire plus le rapport VA/Q est homogène.

Monitoring ventilatoire per-opératoire



Capnogramme normal en ventilation spontanée

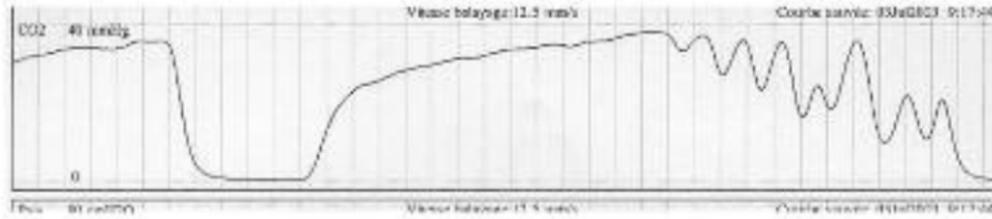


La valeur de $P_{et}CO_2$ dépend de l'amplitude du V_t . A petit niveau de V_t , le capnogramme n'est plus rectangulaire

En ventilation spontanée en anesthésie, les petits volumes habituellement observés sont à l'origine d'un effet espace mort. Le capnogramme n'est pas rectangulaire. La valeur de $P_{et}CO_2$ dépend de l'amplitude du V_t .

Monitoring ventilatoire per-opératoire

Quelques aspects particuliers méritent d'être connus.



Artefact cardiaque



Désadaptation

Monitoring ventilatoire per-opératoire

La surveillance de l'oxygène

Le monitoring continu et alarmé de la FiO_2 est obligatoire. La composition des gaz inspirés est d'autant plus éloignée de celle des gaz frais que le débit de gaz frais est faible. Il y a donc lieu de bien différencier FiO_2 et fraction d' O_2 dans les gaz frais.

Le monitoring de la SpO_2 est incontournable. Il est grandement fiabilisé par :

- L'utilisation de saturimètres de dernière génération prenant en compte les mouvements
- Le choix des bons capteurs en fonction du contexte
- Le bon positionnement de ce capteur et le changement régulier de site de mesure
- La prise en compte de certains pièges comme l'injection de colorants, la pigmentation de la peau et la diminution du débit sanguin local qui altèrent tous la qualité de la mesure.

Monitoring ventilatoire per-opératoire

Réglage des alarmes sous ventilation contrôlée

	Pression contrôlée	Volume contrôlé	Pression contrôlée à Volume garanti (Autoflow®)
Paramètre réglable	Pression d'insufflation	Volume insufflé	Volume insufflé
Surveillance	Volume expiré ou vent/min	Pression d'insufflation	Pression d'insufflation
Si fuites	Maintien relatif du Vt	Baisse du Vt	Maintien relatif du Vt

Deux méthodes préviennent le risque d'élévation des pressions dans les voies aériennes :

- La surveillance alarmée de la pression d'insufflation réglée à 30 cm H₂O en cas d'intubation (risque barotraumatique) et à 20 cm H₂O lors de la ventilation au masque facial ou au masque laryngé (risque d'insufflation œsophagienne).
- L'arrêt de l'insufflation ou l'échappement des gaz inspirés au delà d'un niveau de pression réglable. Dans les deux cas, le volume réglé n'est plus délivré en totalité.

8. Cas cliniques

8.a Ventilation du patient en chirurgie laparoscopique

Jean-Etienne Bazin - Clermont-Ferrand

Ventilation du patient en chirurgie laparoscopique

Les contraintes :

- Augmentation des pressions intra thoraciques (fonction de la pression intrapéritonéale et de la position de Trendelenburg).
- Augmentation de l'effet espace mort par diminution du débit cardiaque qui associée à une réabsorption du CO_2 à partir de la cavité péritonéale concourt à une augmentation de la PaO_2 .
- Sur des interventions longues et surtout chez le patient obèse, création d'atélectasie des bases avec effet shunt.

Les réponses :

- Travailler avec des pressions abdominales le plus bas possible (< 12 mmHg).
- Accepter si possible des pressions respiratoires relativement élevées (25 cmH $_2$ O)
- Diminuer le VT et augmenter la Fr
- Essayer de maintenir une $\text{PetCO}_2 < 40$ mmHg.
- Mettre en place une PEP (compatible avec l'hémodynamique) et effectuer en cas de désaturation des manœuvres de recrutement.

8.b Ventilation avec un masque laryngé

Anne-Marie Cros et Karine Nouette-Gaulain - **Bordeaux**

Ventilation avec un masque laryngé

Patiente âgée de 45 ans programmée pour ablation de condylomes sous anesthésie générale avec masque laryngé (ML)

La patiente mesure 1,65m et pèse 70kg

L'anesthésie est réalisée avec du propofol en mode AIVOC 4 μ g/mL et du rémifentanyl en mode AIVOC 2ng/kg

Un ML taille 4 est mis en place. La pression de fuite est de 22cmH₂O

- Comment mesurez-vous la pression de fuite ?

La pression de fuite (P_{fuite}) est mesurée soit avec la fonction de mesure automatique soit manuellement en l'absence de cette fonction. Dans ce cas, la valve APL est réglée à 40 cmH₂O et le débit de gaz frais à 6L/min. La pression augmente dans les voies aériennes jusqu'à un plateau dont la valeur est la valeur de la P_{fuite} totale.

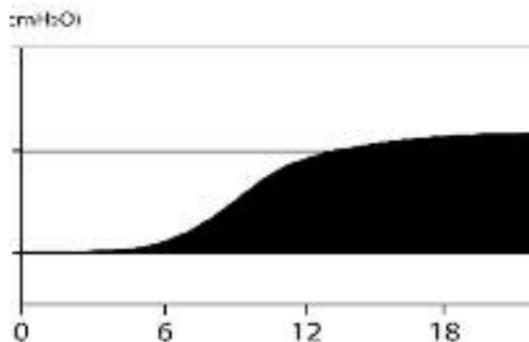


figure 3 :

Mesure de la pression de fuite (P_{fuite}) le plateau représente le P_{fuite} totale

Ventilation avec un masque laryngé

– Quel mode ventilatoire utilisez-vous ?

La ventilation en pression contrôlée est préférable, la P_{insp} est plus basse pour un même VT comparé avec la ventilation en volume contrôlé

– Comment réglez-vous le ventilateur ?

P_{insp} est réglée pour obtenir un VT de 7 ml/kg du poids idéal, soit 57 kg chez cette patiente FR est réglée pour obtenir une PetCO₂ entre 35 et 45 mmHg en moyenne 12/min en premier réglage puis ajustée en fonction de la PetCO₂ I/E est réglé à 1/2

– Quel monitoring utilisez-vous ?

PetCO₂ est monitorée ainsi que VE

La courbe de débit permet de monitorer l'absence de fuite (plateau inspiratoire au lieu d'un débit décélérant) et l'absence de PEP intrinsèque (débit en fin d'expiration). La courbe pression/volume permet le monitoring du VT cycle par cycle par rapport à la courbe référencée.

Ventilation avec un masque laryngé

– Sur quels critères modifiez-vous les réglages ventilatoires ?

Si la $P_{et}CO_2$ est élevée ou si la P_{insp} nécessaire pour obtenir le VT est trop élevée et proche de la P_{fuite} , I/E peut être augmenté à 1/1,5 ou 1/1 en contrôlant l'absence de débit en fin d'expiration pour prévenir l'hyperinflation dynamique.

Si la $P_{et}CO_2$ est trop basse, le VT peut être diminué en diminuant la $P_{insp} \pm FR$.

8.c Ventilation chez l'enfant de moins d'un an

I. Odin, G. Béchonnet, A. Lansade, N. Nathan-Denizot - **Limoges**

Ventilation chez l'enfant de moins d'un an

Les contraintes physiologiques liées à l'âge et leurs conséquences :

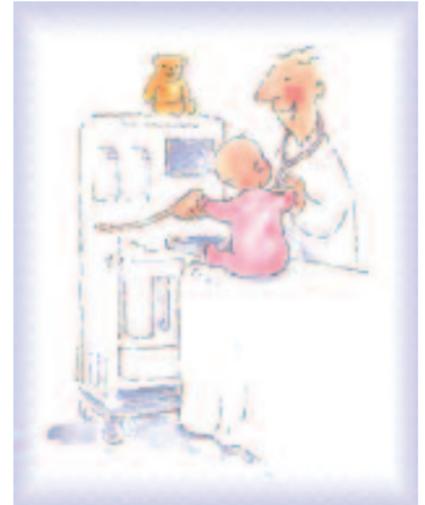
- Respiration nasale jusqu'à 5 mois
 - ⇒ Pas de sonde gastrique par voie nasale
- Réponse ventilatoire à l'hypercapnie diminuée, effet inhibiteur de l'hypercapnie sévère sur la commande ventilatoire
 - ⇒ Maintenir une $P_{et}CO_2 < 45-50$ mm Hg
- Immaturité des centres respiratoires jusqu'à 52 semaines d'âge postconceptionnel avec possibilité de respiration périodique et d'apnée (> 20 sec et/ou avec bradycardie, cyanose ou pâleur) centrale ou obstructive
 - ⇒ Nécessité de ventilation contrôlée sous anesthésie
 - ⇒ Aide inspiratoire parfois non utilisable avant 1 an
- Immaturité rétinienne et risque de rétinopathie associée à l'exposition à une FiO_2 élevée (> 40%) chez le prématuré d'âge < 42 semaines d'âge postconceptionnel
 - ⇒ Limiter la FIO_2 chez le prématuré avant 42 semaines d'âge postconceptionnel
 - ⇒ Objectifs de la ventilation : SpO_2 entre 93% et 95% chez le nouveau-né
 - ⇒ Pas de ventilation à FiO_2 100% chez le nouveau-né sauf si hypoxémie < 86% ou cas particulier de shunt droit-gauche

Ventilation chez l'enfant de moins d'un an

- Hémolyse physiologique responsable d'une élévation du taux de HbCO (4-5%) et surestimation de la SpO₂ artériel par mesure de la SpO₂ capillaire
 - ⇒ adapter les limites de SpO₂ en cas d'ictère néonatal
- Présence d'Hb fœtale d'affinité plus élevée pour l'O₂ jusqu'à 6 mois
Saturation normale de 90% chez le nouveau-né
Volume mort augmenté, inversement proportionnel à l'âge
 - ⇒ Limiter les espaces morts du circuit (tuyaux et raccords, circuits coaxiaux)
 - ⇒ Utiliser des respirateurs avec correction de compliance calibrée pour le circuit utilisé
- Volume de fermeture augmenté (majoré par défaut de synthèse du surfactant si prématurité < 35 semaines d'âge post-conceptionnel) et Capacité Résiduelle Fonctionnelle réduite
 - ⇒ Hypoxémie d'installation rapide à l'apnée
- Compliance pulmonaire réduite, compliance thoracique augmentée et résistances bronchiques élevées proportionnelles au poids
 - ⇒ Pressions d'insufflation plus élevées que l'adulte
 - ⇒ Risque d'auto-PEP

Ventilation chez l'enfant de moins d'un an

- ⇒ nécessité d'intubation si ventilation contrôlée pour éviter distension gastrique
- Travail respiratoire élevé mais fatigabilité diaphragmatique augmentée (% de fibres diaphragmatiques de type 1 < à l'adulte)
 - ⇒ intuber et ventiler les enfants d'âge < 3 mois
- Métabolisme de base rapporté au poids > adulte
 - ⇒ consommation d'O₂ (6-8 mL/kg/min) et production de CO₂ augmentées par rapport à l'adulte
 - ⇒ ventilation alvéolaire supérieure à l'adulte (100-150 mL/kg/min vs 60 mL/kg/min)
- Fréquence de l'incontinence gastro-oesophagienne
 - ⇒ intubation trachéale.



Ventilation chez l'enfant de moins d'un an

Préparation du circuit

- Mise en place des tuyaux de calibre adapté à l'âge
- Réduction des espaces morts inutiles - circuits coaxiaux parfois non adaptés
- Tests de vérification habituels du circuit notamment mesure de la compliance interne avant toute utilisation
- Etablissement des alarmes adaptées à l'âge du patient et ses caractéristiques physiologiques – alarme d'apnée, alarme de volume minute maximale et minimale +/- 20% de la ventilation physiologique - alarme de fréquence ventilatoire minimale = 20 cpm, maximale = 45-50 cpm, alarme de pression 30 cmH₂O – alarme de Pet CO₂ maximale 50 mmHg, alarmes de SpO₂ maximale 95% chez le prématuré, SpO₂ minimale 93% en dehors de la prématurité

Mise en route de la ventilation

Ventilation spontanée au masque :

- Pas de PEP sauf laryngospasme (risque de passage gastrique)

Ventilation chez l'enfant de moins d'un an

Ventilation en pression contrôlée :

- Pression environ 15-20 kPa $Q_s V_t = 6-8 \text{ mL/kg}$
- Fréquence ventilatoire = adaptée à l'âge (cf physiologie)
- I/E = 1/2 à adapter selon autoPEP et compliance
- FiO_2 40% max
- Selon certains PEP systématique de 3 cm H_2O
- **Penser à vérifier le V_t (Alarmes +++)**

Ventilation en volume contrôlé

- $V_t = 6-8 \text{ mL/kg}$
- Fréquence ventilatoire = 40 cpm hors prématurité
- I/E = 1/2 à adapter selon autoPEP et compliance
- FiO_2 40% max
- Selon certains PEP systématique de 3 cm H_2O

Ventilation chez l'enfant de moins d'un an

Les erreurs les plus fréquentes - risques - solution

- ventiler au masque de façon prolongée \Rightarrow hyperpression gastrique, reflux digestif, ventilation inefficace, atélectasies \Rightarrow intuber
- volume courant trop élevé \Rightarrow volotraumatisme, lésions des alvéoles saines, atélectasies \Rightarrow limiter le V_t , ajouter une PEP si hypoxémie, recruter les alvéoles de façon douce si réduction de compliance depuis le début de l'anesthésie
- fréquence ventilatoire trop basse \Rightarrow hypercapnie, augmenter le F_v
- fréquence ventilatoire trop haute \Rightarrow hypocapnie, alcalose, \Rightarrow diminuer la fréquence,
- en mode pression en cas d'hypercapnie : augmenter la seule fréquence ventilatoire sans adapter la pression \Rightarrow réduction du V_t proportionnelle à la réduction du temps inspiratoire, augmentation de la ventilation de l'espace mort, autoPEP si durée du temps expiratoire trop courte, augmenter la pression de travail si insuffisant, recruter les alvéoles de façon douce.

Ventilation chez l'enfant de moins d'un an

Les nouveaux modes ventilatoires peuvent-ils être utilisés ?

- Ils n'existent pas de publication ni de recul clinique suffisant pour conseiller l'utilisation de ces modes ventilatoires lors de l'anesthésie chez l'enfant de moins d'un an. Certains avantages peuvent être mis en avant pour utiliser ces modes ventilatoires.
- Donc dans tous les cas le médecin anesthésiste en charge du patient doit effectuer une surveillance continue de la ventilation au niveau des paramètres respiratoires

Mode aide inspiratoire

Réglages

- Pression d'aide : au départ 5 cm H₂O à adapter progressivement pour obtenir un V_t = 6-8 ml/kg.
- Débit de déclenchement : 1 à 3 l/min à adapter selon le respirateur utilisé
- Fréquence ventilatoire minimale : 20 cpm

Ventilation chez l'enfant de moins d'un an

Attention - erreurs les plus fréquentes

- Fréquence ventilatoire minimale réglée automatiquement pour l'adulte : adapter la fréquence ventilatoire minimale
- Volume courant trop bas : augmenter la pression d'aide, éventuellement recruter les alvéoles uniquement sur un enfant intubé et si diminution de compliance en cours d'anesthésie puis associer une PEP de 3-6 cm H₂O
- Mettre un niveau d'aide > 10 cm H₂O en ventilation au masque = risque de gonfler l'estomac, de réduction de compliance et donc de Vt

Avantages attendus et démontrés

- Amélioration de la ventilation spontanée
- Disparition de la ventilation paradoxale
- Amélioration de l'épuration de CO₂ en ventilation spontanée.

8.d Aide inspiratoire à l'induction et au réveil

Karine Nouette-Gaulain et Anne-Marie Cros - Bordeaux

Aide inspiratoire à l'induction et au réveil

Mr P, 61 ans, doit bénéficier d'une cystectomie avec Bricker dans le cadre d'un traitement curatif d'une néoplasie de vessie sans métastase. Il mesure 164 cm pour un poids de 109 kg. Il a une BPCO sévère avec dyspnée stade II voire III et un syndrome d'apnée du sommeil non appareillé. Il a une bonne ouverture de bouche, un score de Mallampati à 3 et une mobilité rachidienne sub-normale. Une intervention chirurgicale sous anesthésie générale est décidée. La première saturation relevée chez ce patient en arrivant en salle est à 92%.

– Comment installez-vous ce patient pour l'induction ?

Ce patient a un BMI supérieur à 40 donc avec une obésité morbide grade III selon les critères de WHO. Une installation avec la tête surélevée de 25° va permettre une meilleure préoxygénation du patient (Anesthesiology 2005, 102 :1110-5).

Aide inspiratoire à l'induction et au réveil

– Comment allez-vous préoxygéner ce patient ?

Le patient a été préoxygéné en utilisant le mode Aide Inspiratoire du respirateur avec $FiO_2 = 1$, une PEP à 5 cmH₂O, un delta AI à 8 cmH₂O, une pente à 0,4 et une fréquence respiratoire à 10/min. Cela a permis d'obtenir une FeO_2 supérieure à 90% en moins de 4 minutes. Le volume courant était compris entre 700 et 1000 ml et la $PetCO_2$ était à 28 mmHg.

– Quand le patient est en apnée, quel mode ventilatoire pourriez-vous choisir pour optimiser la ventilation avant l'intubation ?

Après l'induction, le mode Autoflow permet d'administrer un volume courant défini et un contrôle des pressions grâce à son flux inspiratoire décélérant. Ce patient a été ventilé avec une $FiO_2 = 1$, un volume courant à 500 ml, une fréquence respiratoire à 14/min, une pression maximale à 18 cmH₂O. Aucune insufflation gastrique n'a été dépistée à l'auscultation. Avant l'intubation, la FeO_2 était à 97%, et la $PetCO_2$ à 30 mmHg. Bien que deux tentatives d'intubation aient été nécessaires, la saturation est restée supérieure à 95% et la $PetCO_2$ était de 36 mmHg après l'intubation.

Aide inspiratoire à l'induction et au réveil

- Pendant l'intervention, le patient est ventilé en mode Autoflow, avec un VT à 530 ml, une Pmax à 26 cmH₂O et une PEP à 6 cmH₂O. Le volume courant mesuré diminue progressivement à 456 ml, la pression reste à 26 cmH₂O et la SpO₂ baisse progressivement jusqu'à 93%. Que pouvez-vous faire en première intention ?

Bien qu'une PEP à 6 cmH₂O ait été maintenue en peropératoire, le patient a développé des atélectasies secondaires (Anesthesiology 2005 ;102 :838-54). Des manœuvres de recrutement ont été nécessaires. Avant le début des manœuvres, les différents paramètres étaient : le volume courant 456 ml, compliance dynamique 27 ml /mbar, résistances 17 mbar/l/s et la saturation 93%. Après le recrutement réalisé en mode manuel les différents paramètres étaient : volume courant 560 ml, compliance 35 ml/mbar et les résistances 20 mbar/l/s. La SpO₂ est rapidement remontée à 97%.

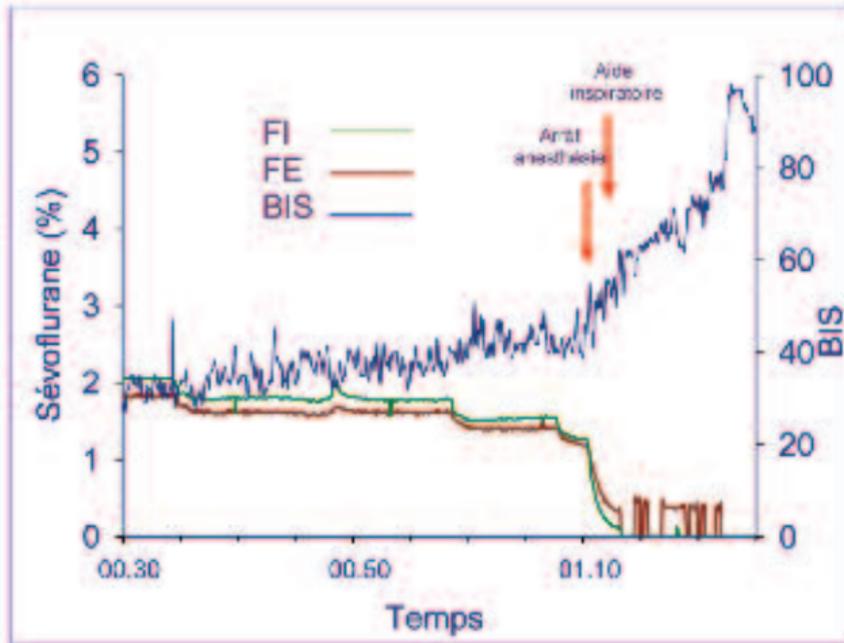
Aide inspiratoire à l'induction et au réveil

- Si ce patient n'avait pas présenté d'antécédents respiratoires sévères dans le contexte d'une chirurgie abdominale lourde, un réveil sur table aurait pu être réalisé. Quel mode ventilatoire auriez vous utilisé et comment ?

Un réveil sur table aurait pu être envisagé en mode Aide Inspiratoire. Après une manœuvre de recrutement, le patient aurait été mis en aide avec un delta d'aide à 8 cmH₂O, une PEP à 6 cmH₂O, une fréquence à 8/min et une pente à 0,5 pour éviter un auto trigger. Ce mode ventilatoire permet un réveil rapide comme on peut le voir sur la figure ci-dessous, réalisée chez un patient de 60 ans sans antécédent opéré d'un adénome de la prostate et réveillé avec un delta d'Aide Inspiratoire à 10 cmH₂O, PEP à 3 cmH₂O et une fréquence respiratoire basse.

Aide inspiratoire à l'induction et au réveil

Figure. Phase de réveil d'un patient : passage du mode Autoflow® en débit de gaz frais asservi au mode Aide Inspiratoire.



8.e Asthmatique / BPCO

Jean-Louis Bourgain - **Villejuif**

Asthmatique / BPCO

- Un homme de 57 ans, fumeur actif et porteur d'une BPCO symptomatique doit subir une laryngectomie partielle pour un cancer de corde vocale. Il présente par ailleurs une surcharge pondérale : 112 Kg pour une taille de 1,78 m.
- L'anesthésie est induite par propofol relayée par du sevoflurane. L'analgésie est assurée par une perfusion continue de rémifentanil et la curarisation par une perfusion d'atracurium sous contrôle du train de 4.
- Pour faciliter l'acte chirurgical, le calibre de la sonde d'intubation réduit : 6,5.
- Le réglage initial de la ventilation (fréquence respiratoire 12, I:E 1:2 et Vt 550 ml en mode volume contrôlé) ne permet pas le maintien d'une ventilation alvéolaire satisfaisante et la $P_{et} CO_2$ s'accroît au-delà de 50 mm Hg.

Asthmatique / BPCO

Que faire ?

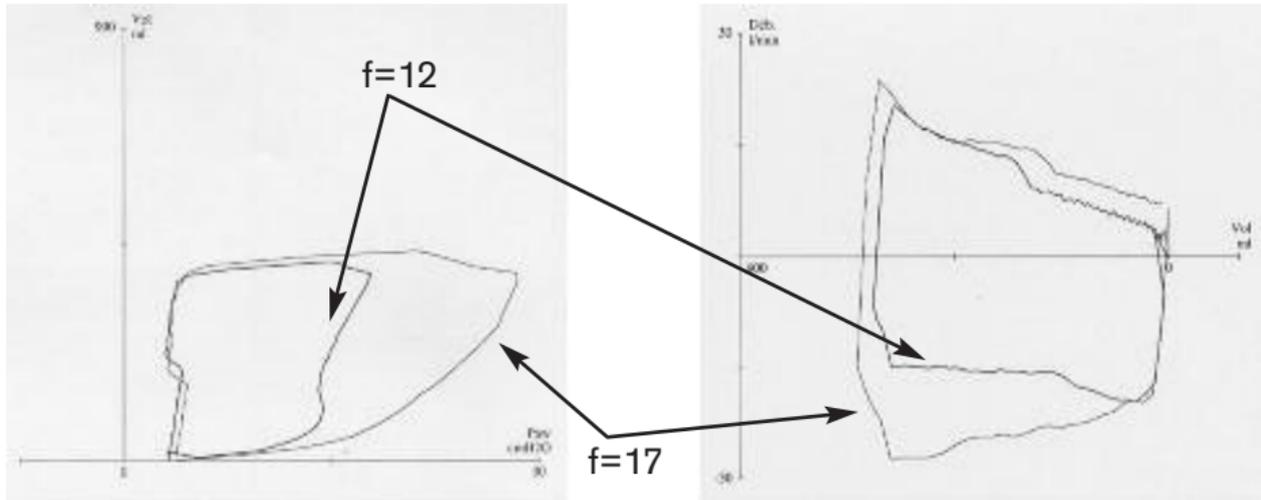
Dans un premier temps, l'augmentation de la fréquence respiratoire à 17 majore la pression d'insufflation qui atteint alors la pression d'échappement. La visualisation des courbes débit/volume permet la mise en évidence d'une hyperinflation dynamique majeure. Il est alors décidé de régler de nouveau la fréquence respiratoire à 12 et de débuter une ventilation en mode pression contrôlée. Ces nouveaux réglages permettent une amélioration de la ventilation alvéolaire avec une réduction sensible de la pression d'insufflation à 22 cm H₂O (figure). Bien que nettement réduite, l'hyperinflation dynamique reste présente et justifie le raccourcissement du I:E avec pour corollaire une diminution du Vt puisqu'il s'agit du mode pression contrôlée.

L'intervention a pu se dérouler sans problème au prix d'un certain degré d'hypoventilation alvéolaire (PetCO₂ proche de 52 mm Hg).

En fin d'intervention, le patient a été extubé sans problème après neutralisation des curares sous contrôle du train de 4.

Asthmatique / BPCO

1. Boucle pression/volume et débit/volume pour deux fréquences respiratoires : 12 et 17. La réduction de la fréquence a diminué l'hyperinflation dynamique et en conséquence la pression d'insufflation.



8.f SDRA au bloc opératoire

Samir Jaber, et Xavier Capdevila - **Montpellier**

Jean-Michel Constantin - **Clermont-Ferrand**

SDRA au bloc opératoire

Mademoiselle Julia R., 25 ans, 172cm et 53kg a été hospitalisée en Réanimation dans les suites d'un accident de voiture à haute énergie. Le bilan lésionnel initial retrouvait un traumatisme crânien sans lésion intracérébrale, un fracas de la face et un volet thoracique droit de la 3^{ème} à la 9^{ème} côte. Au troisième jour d'hospitalisation, alors qu'elle est sédaturée, intubée et ventilée, elle présente un état de choc septique avec défense abdominale et déglobulisation. Le scanner thoraco-abdomino pelvien retrouve un aspect de désertion mésentérique et des images en faveur d'un SDRA à l'étage thoracique.

Les réglages du respirateur en Réanimation avant transfert au bloc opératoire sont :

Ventilation Contrôlée

$V_t = 320 \text{ mL}$

$Fr = 21 \text{ c/min}$

$PEP = 15 \text{ cmH}_2\text{O}$

$T_i/T_{tot} = 33\%$

$FiO_2 = 65\%$

$P_{cret} = 47 \text{ cmH}_2\text{O}$

$P_{plat} = 29 \text{ cmH}_2\text{O}$

$P_{mean} = 24 \text{ cmH}_2\text{O}$

$P_{min} = 15 \text{ cmH}_2\text{O}$

SDRA au bloc opératoire

Le rapport $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ est à 125 mmHg, la capnie à 58 mmHg avec un pH à 7,28. Elle est sous noradrénaline 8mg/h, le delta PP (variation de la pression pulsée) à 8%, la sédation comprend midazolam 4 mg/h, remifentanyl, 0,3 mcg/kg/min et une curarisation par cisatracurium 0,06mg/kg/h.

– A l'arrivée en salle d'intervention, quel mode ventilatoire et quels réglages adoptez-vous ?

Chez cette patiente en SDRA grave ($\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 < 150$ mmHg), les objectifs de la ventilation doivent être :

- Assurer l'oxygénation en débutant avec une FiO_2 à 1 puis en adaptant pour une SpO_2 entre 92 et 95% et appliquer une PEP (cf. question 2).
- Eviter une "ventilation agressive" en appliquant des régimes de pression dans les voies aériennes "acceptables" (afin d'éviter le risque barotraumatique): Pression de plateau $< 30\text{cmH}_2\text{O}$, quelle que soit la pression de crête.
- Respecter un V_t entre 6 et 10 ml/kg (poids idéal théorique). Plus le SDRA est grave, plus il est important de maintenir le V_t près de 6 mL/kg.

SDRA au bloc opératoire

Le choix du mode ventilatoire (pression ou volume) n'est pas fondamental. En effet, à objectif de V_t identique, la pression de plateau est exactement la même en pression contrôlée ou en volume contrôlé. Le mode volume contrôlé est plus simple à utiliser en pratique, mais il n'existe pas de supériorité (Cf chapitre "modes ventilatoires").

– **Maintenez-vous la PEP sur le ventilateur ? Si oui, à quelle valeur, justifier.**

L'utilisation d'une PEP est indispensable pour lutter contre le "dérecrutement" alvéolaire induit par la maladie pulmonaire et aggravé par la chirurgie abdominale. Le niveau de PEP le plus simple à régler est celui qui était utilisé avant son transfert au bloc, soit 15 cmH₂O. En fonction des respirateurs d'anesthésie, on pourrait adapter la PEP sur les courbes Pression-Volume. Lorsque le "ventre est ouvert", la diminution de la compliance pariétale pourrait inciter à baisser un peu la PEP en fonction de la tolérance (Cf chapitre "PEP et recrutement").

SDRA au bloc opératoire

– Quels paramètres surveillez-vous sur le respirateur ?

En fonction du mode choisi (pression ou volume), les paramètres majeurs de surveillance seront, soit le V_t , soit la pression de plateau. En cas d'impossibilité de mesurer la pression de plateau, le monitoring de la pression moyenne doit être préféré à celui de la pression de crête qui n'en reflète absolument pas les pressions intra-pulmonaires.

– Au bout d'une heure de chirurgie, à la capnographie, l' EtCO_2 est à 62 mmHg, il est décidé de réaliser une nouvelle gazométrie qui montre une PaO_2 stable mais une capnie à 74 mmHg. Que faites-vous ?

Si l'acidose hypercapnique non sévère ($\text{pH} > 7,25$) n'est pas dangereuse chez les patients en SDRA, il faut dans la mesure du possible essayer de la limiter mais en respectant les consignes strictes de V_t et de P_{plat} . Dans ce cas précis, on peut proposer de réduire au maximum l'espace mort instrumental (suppression du raccord annelé) et une augmentation de la fréquence respiratoire jusqu'à 25 ou 30 c/min. Les 2 seules limites à cette augmentation sont la stabilité du champ opératoire ainsi que l'apparition d'une autoPEP. Celle-ci peut se détecter facilement

SDRA au bloc opératoire

par la persistance d'un débit expiratoire négatif au moment où débute le cycle suivant.

- L'intervention se déroule sans difficultés, pendant que les chirurgiens ferment la paroi, la patiente désature. Que proposez-vous ?

La fermeture de la paroi entraîne une diminution brutale de la compliance thoraco-abdominale. La PEP étant déjà élevée, il semble plus adapté de réaliser une manœuvre de recrutement alvéolaire (Cf chapitre "PEP et recrutement"). Celle-ci va re-expandre le poumon (augmentation de la course diaphragmatique, disparition des atélectasies juxtadiaphragmatiques...).

9. Remerciements

Nos remerciements à :

- Nathalie Nathan-Denizot - **Limoges**
- Jean-Etienne Bazin, Jean-Michel Constantin - **Clermont-Ferrand**
- Samir Jaber, et Xavier Capdevila - **Montpellier**
- I Odin, G Béchonnet, A Lansade, N Nathan-Denizot - **Limoges**
- Karine Nouette-Gaulain et Anne-Marie Cros - **Bordeaux**
- Jean-Louis Bourgain - **Villejuif**

Edition n° 1 - Septembre 2007 - tirage à 2500 exemplaires

Ce guide a été réalisé avec le soutien de Dräger Medical.