

PROCÉDÉS MÉCANIQUES D'ASSISTANCE RESPIRATOIRE CHEZ LE TRAUMATISÉ THORACIQUE

P. HANS⁽¹⁾, M. E. FAYMONVILLE⁽¹⁾, M. LAMY⁽²⁾

Un traumatisme thoracique peut entraîner des lésions osseuses, pleurales, pulmonaires et médiastinales. Ces lésions sont responsables de douleurs et de difficultés respiratoires. Dans les formes sévères, le syndrome de détresse respiratoire post-traumatique résulte, le plus souvent, d'une atteinte parenchymateuse. Le sang veineux circule dans les territoires pulmonaires non ventilés et n'est pas oxygéné. C'est le phénomène de shunt, responsable d'une hypoxie par diminution de la PaO₂ (pression partielle en O₂ dans le sang artériel).

Nous allons envisager les différents régimes de ventilation chez le traumatisé thoracique et particulièrement dans le syndrome de détresse respiratoire aiguë chez l'adulte (ARDS = adult respiratory distress syndrome). En définissant les avantages et les inconvénients de chaque technique, nous en préciserons les indications.

Il n'existe pas, actuellement, en langue française, de nomenclature exhaustive des différentes modalités de ventilation et cela pour plusieurs raisons (20). Force nous est donc de recourir aux abréviations anglo-saxonnes, universellement admises (tableau I).

Nous distinguerons trois grandes modalités d'oxygénation : la respiration spontanée, la ventilation mécanique et l'assistance respiratoire par circulation extracorporelle.

I. LA RESPIRATION SPONTANÉE

Le patient en respiration spontanée peut être ou non porteur d'un tube endotrachéal ou d'une canule de trachéotomie (tableau II). Les critères d'intubation endotrachéale dans l'ARDS ont été définis en 1965 par Bendixen et coll. (2) :

1) nécessité d'assurer et de maintenir la perméabilité des voies aériennes ;

⁽¹⁾ Assistant hospitalier, ⁽²⁾ Professeur à l'Université de Liège, Service d'Anesthésiologie.

TABLEAU I

| | |
|-------------------|---|
| ARDS | : adult respiratory distress syndrome |
| CPAP | : continuous positive airway pressure |
| CPPV | : continuous positive pressure ventilation, PEEP en combinaison avec IPPV |
| DEEF | : diminished early expiratory flow |
| ECMO | : extracorporeal membrane oxygenation |
| EPAP | : expiratory positive airway pressure |
| FiO ₂ | : inspired fraction of oxygen |
| HFPPV | : high frequency positive pressure ventilation |
| ILV | : independent lung ventilation |
| IMV | : intermittent mandatory ventilation |
| IPAP | : inspiratory positive airway pressure |
| IPPV | : intermittent positive pressure ventilation |
| MV | : mechanical ventilation |
| NEEP | : negative end expiratory pressure |
| PaCO ₂ | : arterial partial pressure in carbon dioxide |
| PaO ₂ | : arterial partial pressure in oxygen |
| PEEP | : positive end expiratory pressure |
| PPV | : positive pressure ventilation |
| SIMV | : synchronous intermittent mandatory ventilation |
| sPEEP | : spontaneous positive end expiratory pressure |
| TV | : tidal volume |
| ZEEP | : zero end expiratory pressure |

TABLEAU II. *Respiration spontanée*

| |
|--|
| 1. Sans tube endotrachéal : |
| — sonde et canule nasales |
| — masques avec ou sans : |
| - sPEEP = spontaneous positive end expiratory pressure |
| - CPAP = continuous positive airway pressure |
| — bulle |
| 2. Avec tube endotrachéal : |
| — pièce en T |
| — sPEEP ; CPAP. |

- 2) amélioration de la toilette bronchique ;
- 3) augmentation de la FiO_2 (fraction d'oxygène dans l'air inspiré) au-dessus de 0,4 ;
- 4) application d'une pression positive.

A l'heure actuelle, de nouvelles techniques répondent aux critères 3 et 4 sans que l'intubation trachéale soit indispensable. Elles seront décrites dans cet article. La courbe de pression des voies aériennes en respiration spontanée est dessinée dans la figure 1.

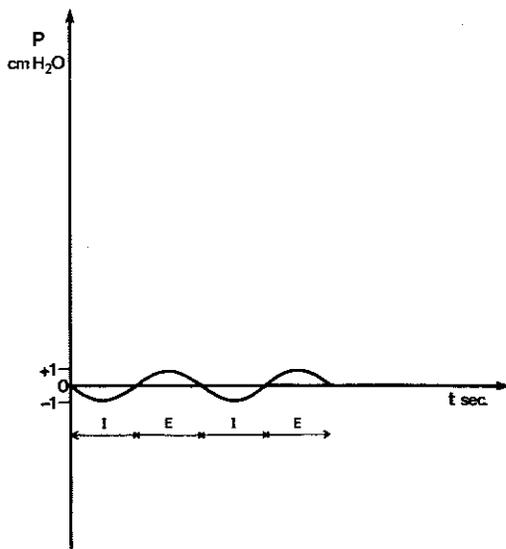


FIG. 1. Courbe de pression des voies aériennes au cours d'un cycle respiratoire spontané. En fin d'inspiration et en fin d'expiration, la pression est égale à la pression atmosphérique. La pression est négative pendant la phase inspiratoire et positive pendant la phase expiratoire.

1. Sans tube endotrachéal

En l'absence de sonde trachéale, l'oxygène peut être administré par sonde ou canule nasale, masque, avec ou sans pression positive, bulle.

Quel que soit le mode d'administration adopté, une source d'oxygène, un débitmètre et un système d'humidification sont nécessaires. Le débitmètre permet de régler le flux gazeux administré. Le système d'humidification diminue l'irritation des muqueuses respiratoires,

fluidifie les sécrétions bronchiques et facilite le travail des cils vibratiles.

Les sondes et les canules nasales (6).

Elles permettent l'administration d'oxygène avec une FiO_2 de 0,25 à 0,5. Le débit gazeux varie entre 4 et 8 l/min. En raison de leur faible rendement, ces techniques sont rarement utilisées chez le traumatisé thoracique.

Les masques à oxygène (6).

a) *Oxygen face mask (rebreathing)* (Masque facial à oxygène avec «rerespiration» des gaz expirés). — Ce masque en plastique léger et transparent, dépourvu d'orifices latéraux, est connecté à un ballon réservoir et à une arrivée d'oxygène. Le malade inspire dans le ballon une partie des gaz qu'il a expirés (rebreathing). Le débit d'oxygène doit être suffisant (6 à 8 l/min) pour éviter le collapsus du ballon à l'inspiration. De cette manière, la FiO_2 varie entre 0,6 et 0,9. Cette technique nécessite la surveillance des gaz sanguins et particulièrement du CO_2 , de façon à prévenir toute insuffisance respiratoire.

b) *Non rebreathing mask* (Masque sans récupération des gaz expirés). — Ce masque comporte des orifices latéraux et une valve unidirectionnelle, connectée à un ballon réservoir. Le malade ouvre la valve à l'inspiration. À l'expiration, il ferme la valve et expire par les orifices latéraux. Le ballon doit être gonflé au début de l'inspiration grâce à la source d'oxygène. Si le débit est insuffisant, une valve de sécurité au niveau du ballon permet une entrée d'air ambiant. Ce système permet d'administrer 100 % d'oxygène ($FiO_2 = 1$).

c) *Partial rebreathing mask* (Masque avec récupération partielle des gaz expirés). — Le masque est également pourvu d'orifices latéraux et connecté à un ballon réservoir mais sans valve unidirectionnelle. La FiO_2 peut varier entre 0,5 et 0,95 (fig. 2).

d) *Venturi mask* (Masque à entraînement gazeux). — Ce masque délivre de faibles concentrations d'oxygène, celui-ci étant mélangé à l'air ambiant par effet «venturi». L'humidification des gaz inspirés est également moins importante, puisque seul l'oxygène est humidifié.

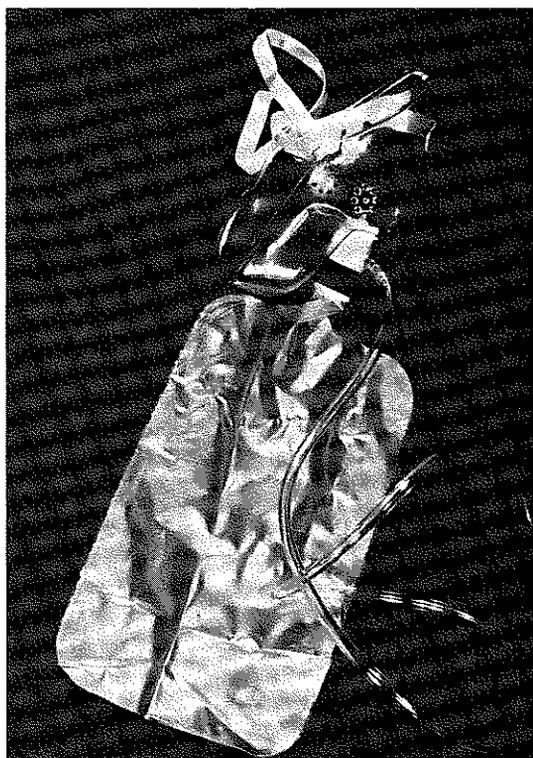


FIG. 2. Schéma du « partial rebreathing mask ».

Chez le malade en détresse respiratoire aiguë, l'augmentation de la FiO_2 peut ne pas corriger l'hypoxémie. Par ailleurs, une FiO_2 élevée n'est pas dépourvue d'effet toxique à plus ou moins long terme. L'oxygène administré à forte concentration entraîne une vasoconstriction pulmonaire et favorise la fibrose pulmonaire.

L'hypoxémie réfractaire à une FiO_2 élevée s'explique, dans le syndrome de détresse respiratoire aiguë post-traumatique, par une diminution de la capacité résiduelle fonctionnelle (CRF), par une diminution de la compliance pulmonaire et par une augmentation du shunt intrapulmonaire (29). Une pression positive appliquée en fin d'expiration (PEEP = positive end expiratory pressure) recrute les alvéoles collabées dans les zones pulmonaires atelectasiées et contuses. Elle augmente la CRF et la compliance pulmonaire. Elle diminue le shunt,

facilite les échanges gazeux et améliore l'hématose (8, 19). Elle est largement préconisée et utilisée dans le syndrome de détresse respiratoire post-traumatique (25) et améliore de façon spectaculaire l'oxygénation dans la grosse majorité des cas.

La PEEP peut cependant s'accompagner d'effets secondaires principalement hémodynamiques et barotraumatiques, qui sont liés à l'augmentation des pressions trachéale et intrathoracique. En effet, l'augmentation de la pression intrathoracique diminue le retour veineux et le débit cardiaque. Elle exerce une compression du cœur et peut, si elle est importante, provoquer une réelle tamponnade. Enfin, elle peut réduire le débit sanguin capillaire pulmonaire. Ainsi, la PEEP peut être responsable d'une diminution du transport d'oxygène et de l'oxygénation tissulaire malgré une franche élévation de la PaO_2 (29). L'augmentation de la pression dans les voies aériennes favorise également les barotraumatismes : pneumothorax, pneumomédiastin.

La PEEP peut être appliquée chez des patients en respiration spontanée sans tube trachéal, ni canule de trachéotomie, par l'intermédiaire d'un masque étanche et de deux tuyaux annelés. Ces deux tuyaux comportent une valve unidirectionnelle pour éviter le phénomène de « rebreathing ». Le premier amène les gaz inspiratoires à une FiO_2 fixée par un mélangeur air-oxygène. Le second est raccordé à un bocal de PEEP. La hauteur de la colonne d'eau détermine la valeur de PEEP. Cette technique est appelée la sPEEP (spontaneous positive end expiratory pressure) au masque, ou EPAP (expiratory positive airway pressure) (fig. 3).

La PEEP oblige en outre le malade à un travail respiratoire important car il expire contre une résistance. Pour faciliter le travail inspiratoire du malade, certains auteurs ont introduit la pression positive continue (CPAP = continuous positive airway pressure) (fig. 4). La CPAP comprend deux parties (fig. 5). Une partie fixe est constituée d'un mélange air-oxygène, de deux débitmètres et d'un humidificateur. Une partie remplacée après usage comprend trois tuyaux en plastique d'un mètre de long dont deux avec une valve unidirectionnelle, un ballon réservoir en caoutchouc d'une capacité de 5 l, une pièce en T ou un masque et

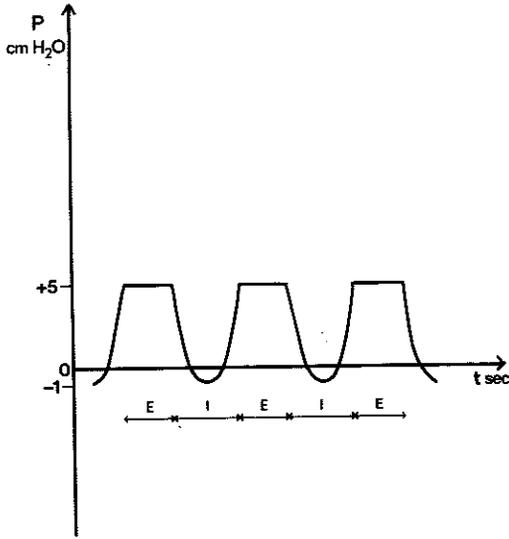


FIG. 3. Courbe de pression des voies aériennes avec sPEEP. Après une dépression inspiratoire, l'expiration se fait contre une colonne d'eau (valeur de la PEEP). La pression reste positive en fin d'expiration.

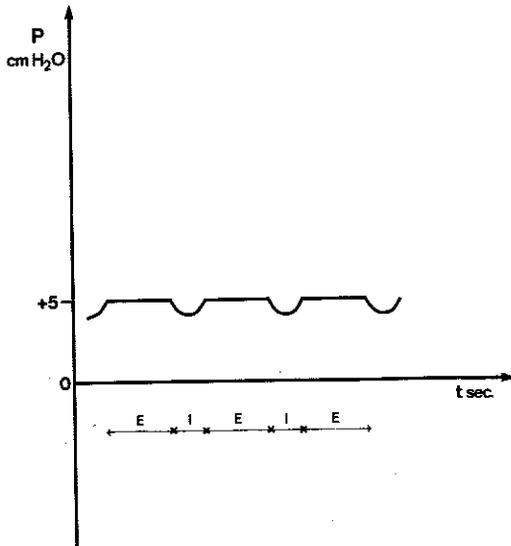


FIG. 4. Courbe de pression des voies aériennes avec CPAP. L'effort inspiratoire est minime. La pression reste positive pendant tout le cycle respiratoire.

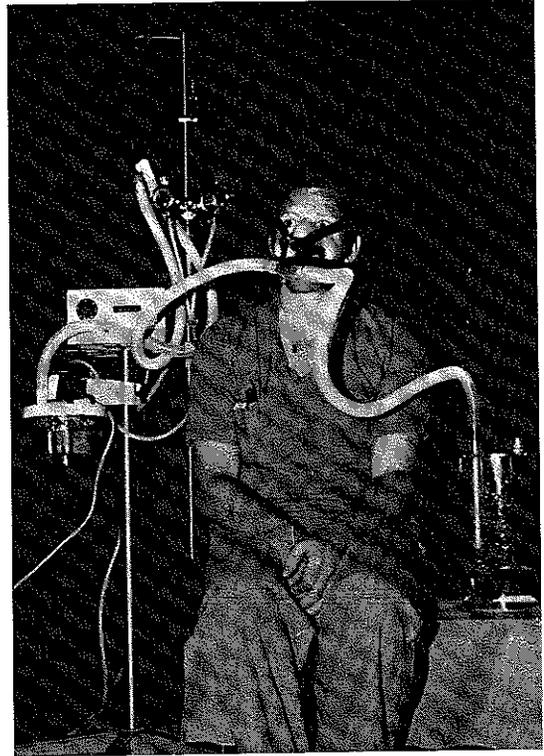


FIG. 5. Schéma du dispositif de CPAP avec masque.

un bocal de PEEP. Un effort inspiratoire moindre est requis pendant la CPAP, mais la pression intrapleurale moyenne pendant l'inspiration est plus élevée. Dès lors, la pression de remplissage cardiaque et le débit cardiaque peuvent diminuer au cours d'une CPAP. Par contre, pendant la sPEEP, la pression de remplissage cardiaque reste inchangée et le volume d'éjection systolique augmente (32).

Dans notre Service, la sPEEP a été abandonnée au profit de la CPAP chez les malades en respiration spontanée. En effet, l'augmentation du travail respiratoire au cours de la sPEEP constitue un inconvénient majeur. La CPAP au masque est applicable aux traumatisés thoraciques qui ne nécessitent pas ou ne nécessitent plus d'intubation trachéale, mais dont l'oxygénation est insuffisante à la suite d'une diminution de compliance et d'un shunt pulmonaire. Les indications de la CPAP sont les suivantes (17) :

1) un volume courant supérieur à 5 ml/kg de poids corporel avec une pression partielle en CO₂ dans le sang artériel inférieure à 45 mmHg;

2) une pression partielle en oxygène dans le sang artériel inférieure à 70 mmHg avec un pourcentage d'oxygène dans les gaz inspirés de 21 %.

La CPAP permet une amélioration de la PaO₂ sans augmenter la FiO₂. En cas d'hypoxie persistante, de fatigue excessive du malade, d'hypercapnie, d'acidose métabolique, d'apparition d'arythmie ventriculaire et d'impossibilité d'assurer la perméabilité des voies aériennes, cette technique doit être abandonnée au profit de l'intubation trachéale et de la ventilation mécanique (10).

La bulle.

Le système de la bulle a été imaginé par Huguenard (26). Il est constitué d'un sac en plastique qui entoure la tête du patient. Ce sac est gonflé à une pression positive de 4 millibars (mb) par une arrivée d'oxygène et un double système «venturi», l'un assurant le mélange air-oxygène, l'autre maintenant une pression positive dans le sac. Avec cet appareil, trois mélanges gazeux peuvent être choisis comportant 35, 45 ou 55 % d'oxygène. Le principal avantage est la pression positive sans canule trachéale, mais les inconvénients ne sont pas négligeables. L'étanchéité du sac de même qu'une humidification correcte et une physiothérapie efficace sont difficiles à assurer. Le risque de distension gastrique sous pression positive existe. Enfin, le bruit désagréable des systèmes «venturi» et la sensation de claustrophobie placent le malade dans une situation inconfortable (23). D'autres systèmes de bulle ont été introduits sur le marché (chambre faciale FC 100, chambre en plastique d'après Gregory) qui pallient partiellement les inconvénients mentionnés. Ils restent malgré tout peu employés en pratique dans le cadre de la traumatologie thoracique. L'utilisation de la bulle est devenue moins fréquente chez l'adulte depuis qu'une pression positive peut être appliquée à un malade sans canule trachéale, par l'intermédiaire d'un masque.

2. Avec tube endotrachéal ou canule de trachéotomie

Le malade porteur d'un tube endotrachéal ou d'une canule de trachéotomie peut être oxygéné avec ou sans pression positive. En l'absence de pression positive, le malade porteur d'une pièce en T, est raccordé à une source d'oxygène humidifié avec un système «venturi». La FiO₂ dépend du débit d'oxygène, du réglage du système «venturi», du volume courant du malade et de la longueur du tube additionnel.

La pression positive peut être appliquée uniquement pendant l'expiration (sPEEP ou EPAP), ou pendant tout le cycle respiratoire (CPAP) (fig. 6).

La sPEEP est un système simple et peu coûteux qui ne requiert pas d'air comprimé, de ballon réservoir et de hauts débits de gaz. Gillick la recommande (7) :

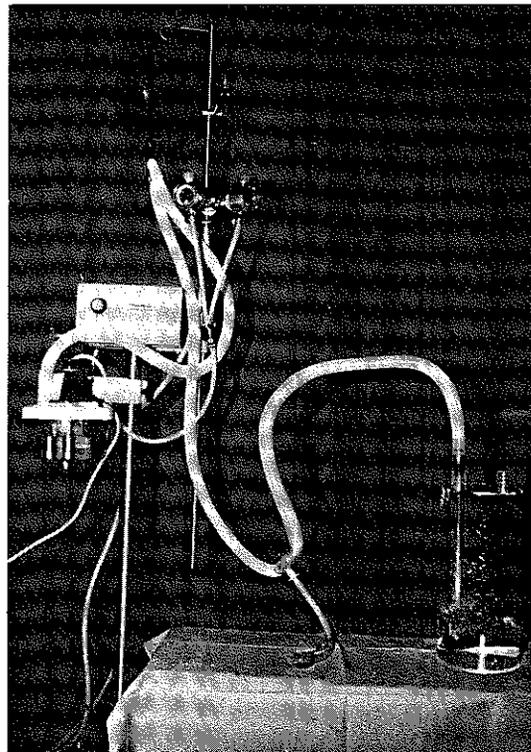


FIG. 6. Schéma du dispositif de CPAP avec tube trachéal.

1) chez le patient hypoxémique capable de respirer spontanément sans fatigue ni hypercapnie ;

2) chez le patient qui a été ventilé artificiellement avec une PEEP et est capable de respirer spontanément ;

3) chez le patient en respiration intermittente à la demande (IMV = intermittent mandatory ventilation) qui a besoin d'une PEEP ;

4) chez tout patient intubé ou trachéotomisé pour maintenir une CRF correcte.

L'augmentation de la PaO₂ chez ces patients est aussi effective avec la sPEEP qu'avec la CPAP. Mais lorsque le niveau de PEEP dépasse 10 à 12 cm d'eau, le surcroît de travail inspiratoire exige, en général, l'installation d'une CPAP. Dans notre Service, cette technique a été utilisée avec succès chez les adultes en détresse respiratoire (17) :

1) comme substitut de la ventilation mécanique :

a) lorsque le volume courant est supérieur à 5 cc/kg de poids corporel,

b) lorsque la PaCO₂ est inférieure à 45 mmHg ;

2) comme méthode de sevrage :

a) après une ventilation mécanique prolongée,

b) après une ventilation mécanique à pression positive continue.

II. LA VENTILATION MÉCANIQUE (tableau III)

TABLEAU III. *Ventilation mécanique*

- | |
|---|
| 1. Respirateurs à cycle de pression avec éventuel allongement du rapport I/E. |
| 2. Respirateurs à cycle de volume : |
| — respiration assistée |
| — respiration contrôlée |
| — IMV. |

Bendixen et coll. ont défini les indications de l'assistance mécanique ventilatoire (2). Voici les principales :

1) fréquence respiratoire supérieure à 35/min ;

2) capacité vitale inférieure à 15 cc/kg ;

3) PaCO₂ (pression partielle en CO₂ dans le sang artériel) supérieure à 55 mmHg, excepté chez le malade insuffisant respiratoire chronique ;

4) PaO₂ à l'air inférieure à 60 mmHg ;

5) gradient alvéolo-artériel en oxygène supérieur à 450 mmHg avec une FiO₂ de 1.

Il existe deux grands types de respirateurs, les respirateurs à cycle de pression et les respirateurs à cycle de volume.

1. *Respirateurs à cycle de pression*

Avec les respirateurs à cycle de pression, le débit gazeux insufflé au malade s'arrête quand la pression dans les voies respiratoires atteint un niveau prédéterminé. Le volume courant est variable ; il dépend de la compliance et des résistances respiratoires du patient. Ce type de respirateur est peu indiqué chez le traumatisé thoracique dont la compliance est diminuée.

Cependant, Lachmann et coll. ont récemment proposé l'utilisation de la ventilation à pression constante avec un flux décéléré et un rapport I/E (inspiration sur expiration) de 4 : 1, chez 6 patients en détresse respiratoire aiguë qui n'étaient pas correctement oxygénés avec une CPPV (continuous positive pressure ventilation = ventilation à pression positive avec PEEP) (16). Les auteurs proposent ce type de ventilation chez les patients dont les lésions pulmonaires sont telles qu'ils ne peuvent supporter des pressions d'insufflation élevées.

Un rapport I/E de 4 : 1 améliorerait l'oxygénation de façon significative et le flux décéléré entraînerait moins de modifications hémodynamiques par comparaison aux autres types de ventilation. Il entraînerait également moins de lésions morphologiques barotraumatiques que la ventilation avec un rapport I/E de 1 : 2.

Bien que ce type de ventilation avec un rapport de I/E augmenté soit fréquemment utilisé chez le nouveau-né avec les respirateurs tels que le Bird, le Bennet, le Bourns, le Babylog, les preuves de son efficacité et de son innocuité restent à démontrer sur un grand nombre de patients. Il est peu employé dans l'ARDS.

2. *Respirateurs à cycle de volume*

Les respirateurs le plus communément utilisés sont à cycle de volume. Avec ce type de respirateur, un volume courant constant est délivré au patient, en dépit des variations de la compliance ou des résistances pulmonaires. Les respirateurs à cycle de volume permettent :

- a) une ventilation assistée ;
- b) une ventilation contrôlée ;
- c) une ventilation intermittente à la demande (IMV).

a) *Respiration assistée.*

La respiration assistée est une forme de respiration contrôlée dans laquelle les mouvements respiratoires spontanés ne sont pas entièrement abolis. Elle consiste à insuffler un mélange gazeux dans les poumons lorsque la dépression inspiratoire du malade atteint un certain niveau fixé sur la machine. Ce niveau de dépression qui déclenche l'insufflation mécanique est appelé seuil de « trigger » (déclenchement). Lorsque ce seuil est atteint, le respirateur insuffle toujours un même volume courant (fig. 7). Cette technique de ventilation aide au sevrage du malade du respirateur mais est largement supplantée dans le cadre de l'ARDS par le système IMV.

b) *Respiration contrôlée (tableau IV).*

TABLEAU IV. *Respiration contrôlée*

- | |
|--|
| 1. IPPV (intermittent positive pressure ventilation) |
| — I/E = 1/2 |
| — I/E < 1/2 : DEEF (diminished early expiratory flow) |
| 2. CPPV (continuous positive pressure ventilation) |
| — PEEP (positive end expiratory pressure) |
| — super PEEP |
| 3. ILV (independent lung ventilation) |
| — synchrone |
| — asynchrone |
| 4. HFPPV (high frequency positive pressure ventilation). |

La technique de base est la ventilation en pression positive intermittente où, à chaque mouvement respiratoire, un mélange gazeux est insufflé au patient (IPPV = intermittent positive pressure ventilation). Au cours de cette ventilation, le rapport I/E est habituellement 1 : 2. Par ailleurs, la phase expiratoire est dite à pression nulle, c'est-à-dire que la pression qui règne dans les voies respiratoires en fin d'expiration est égale à la pression atmosphérique (ZEEP = zero end expiratory pressure) (fig. 8). Il est possible

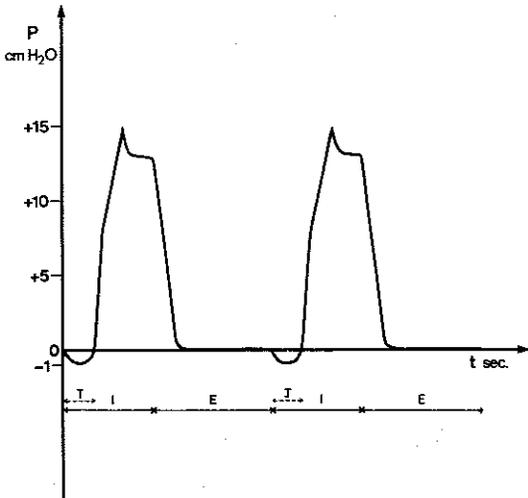


FIG. 7. Courbe de pression des voies aériennes en respiration assistée. La dépression inspiratoire du patient déclenche à partir d'un certain niveau (seuil de déclenchement), l'insufflation mécanique par le respirateur.

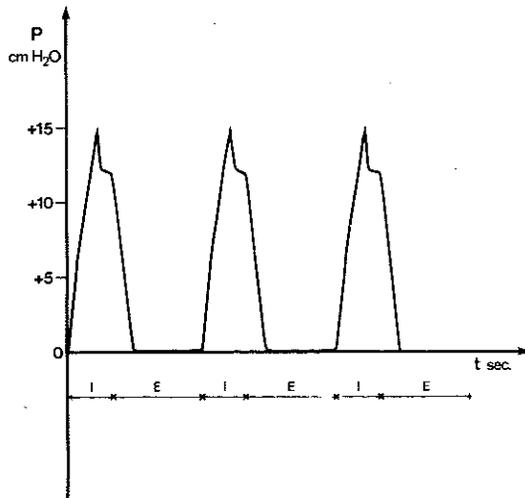


FIG. 8. Courbe de pression des voies aériennes en IPPV. La pression augmente au cours de l'insufflation mécanique. Elle se maintient en plateau pendant le reste du temps inspiratoire puis revient à zéro au cours de la phase expiratoire.

de modifier, sur certains respirateurs, le rapport I/E. Nous avons vu que ce rapport pouvait être porté à 4 : 1 dans une ventilation à cycle de pression. Il est également possible de réduire ce rapport à une valeur inférieure à 1 : 2. Cela entraîne une prolongation de la phase expiratoire (DEEF = diminished early expiratory flow). Une étude expérimentale réalisée chez l'animal a montré que la ventilation avec DEEF est intéressante dans le traitement de l'insuffisance respiratoire due au bronchospasme et à l'infection bronchique. Par contre, elle est inférieure à la ventilation avec PEEP dans le cadre d'un œdème pulmonaire (33). La pression de fin d'expiration peut aussi être modifiée en plus ou en moins. La pression expiratoire négative (NEEP = negative end expiratory pressure), bien que séduisante par ses effets cardio-vasculaires, n'est pas indiquée dans l'ARDS. En effet, elle accentue la diminution de la CRF, favorise le collapsus alvéolaire et l'atélectasie.

Par contre, la pression positive de fin d'expiration (PEEP) est d'application courante et se révèle extrêmement efficace. Le patient est alors ventilé en pression positive continue (CPPV) (fig. 9). Les effets hémodynamiques de la PEEP sont plus importants en respiration

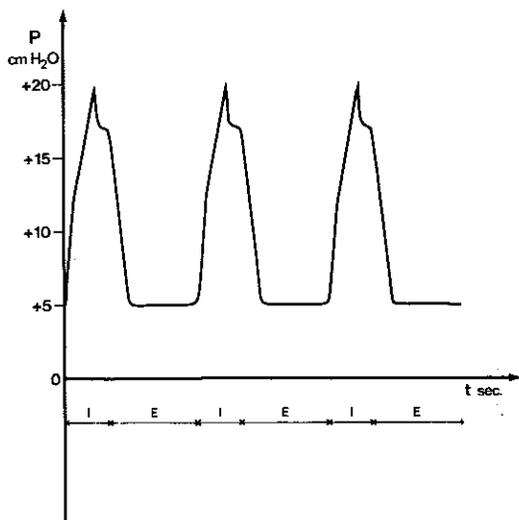


FIG. 9. Courbe de pression des voies aériennes en CPPV (IPPV + PEEP). La pression reste positive en fin d'expiration.

contrôlée qu'en respiration spontanée. En CPPV, le remplissage cardiaque et le volume éjectionnel peuvent diminuer. En CPAP, une pression de fin d'expiration élevée modifie moins le débit cardiaque. En effet, en dépit d'une pression moyenne élevée dans les voies respiratoires, la phase inspiratoire de la respiration spontanée diminue la pression intrapleurale et favorise le retour veineux thoracique (32). L'effet prophylactique de la PEEP en ventilation contrôlée a été étudié chez l'adulte en détresse respiratoire aiguë. Comme méthode préventive, la pression positive continue présente l'avantage d'une augmentation de la CRF avec un minimum de répercussion sur le débit cardiaque, une faible potentialité de barotraumatisme et la simplicité de l'équipement (28). Une pression positive faible de l'ordre de 8 cm d'eau est susceptible de diminuer le shunt et d'améliorer l'hématose en augmentant la compliance (24).

Mais pour certains auteurs, une pression positive faible ne permet bien souvent qu'une réduction très incomplète du shunt et ne paraît pas influencer le pronostic à long terme (31). Il est alors nécessaire, dans les cas sévères, de recourir à des pressions positives plus élevées (20 à 30 cm d'eau) qui permettent de réduire le shunt (et donc d'abaisser la FiO₂) mais qui nécessitent un support hémodynamique (expansion volémique et éventuellement drogues inotropes). C'est ce qu'on appelle la super PEEP. Selon certains, la limite supérieure de la PEEP de 15 cm d'eau devrait être abandonnée dans l'ARDS. Une PEEP élevée, associée à une charge liquidienne massive pour forcer la contrainte hémodynamique, serait la meilleure thérapeutique chez les patients qui ne répondent pas correctement à de faibles valeurs de PEEP (3). L'application d'une PEEP optimale nécessite la mesure du débit cardiaque, du shunt, de la pression de l'artère pulmonaire, de la pression capillaire bloquée (14).

Parallèlement à ces modalités d'assistance respiratoire d'application quotidienne chez le traumatisé thoracique, se développent des techniques nouvelles. Leurs indications et leurs utilisations sont encore limitées. Nous allons les décrire brièvement.

Des auteurs ont comparé les effets de la ventilation contrôlée avec différentes valeurs

de PEEP chez des patients en ARDS présentant une pathologie pulmonaire bilatérale et unilatérale (11). Leur étude prouve l'efficacité d'une PEEP élevée dans la réduction du shunt au cours de l'ARDS mais démontre ses limites lorsque la pathologie prédomine au niveau d'un seul poumon.

Ceci nous conduit à la ventilation pulmonaire sélective ou indépendante (ILV = independent lung ventilation). Elle peut être réalisée de manière synchrone ou asynchrone.

Hillman et coll. ont étudié la ventilation sélective chez les patients souffrant d'une pathologie pulmonaire prédominant d'un côté (9). Ils utilisent un tube endobronchique à double lumière et deux respirateurs non synchronisés. Les patients présentaient une hypoxie de plus en plus sévère malgré le traitement classique et avaient été ventilés avec une PEEP pendant au moins 24 heures. Quatre des cinq patients se sont améliorés du point de vue des paramètres respiratoires et de la radiologie. Le patient qui n'a pas répondu au traitement avait une fibrose pulmonaire étendue à l'examen nécropsique. L'index cardiaque est resté stable. Les auteurs considèrent la ventilation pulmonaire sélective asynchrone comme une méthode intéressante de traitement d'une pathologie pulmonaire unilatérale (9).

D'autres auteurs préconisent, dans ce cas, la ventilation pulmonaire indépendante avec deux respirateurs synchronisés (15). Ils utilisent deux Servo-Ventilator 900 B, le mécanisme électronique d'un seul respirateur déclenchant l'insufflation des deux. Les paramètres sont réglés de façon indépendante au niveau des deux respirateurs. La respiration spontanée avec PEEP (CPAP) est possible mais la respiration intermittente à la demande (IMV) ne l'est pas. Ce modèle de synchronisation a été largement testé expérimentalement sur des poumons artificiels, sans problème technique. Il permet l'ILV en toute sécurité. Cependant, la routine de ce type de ventilation est loin d'être acquise dans les centres de réanimation et ces techniques sont encore réservées à des cas exceptionnels.

Une autre modalité ventilatoire est la ventilation en pression positive à grande fréquence (HFPPV = high frequency positive pressure ventilation). Elle a été développée par Sjô-

strand (30). Elle présente les caractéristiques suivantes :

- une fréquence respiratoire au moins trois fois supérieure à la fréquence conventionnelle en IPPV avec un rapport I/E inférieur à 1 : 2 ;
- un volume courant et des pressions dans les voies respiratoires, inférieurs à ceux rencontrés dans l'IPPV ;
- un flux inspiratoire décéléré ;
- une pression positive intratrachéale et une pression négative intrapleurale pendant le cycle ventilatoire ;
- une réduction des effets hémodynamiques par rapport à ceux de l'IPPV ;
- une suppression du réflexe « pneumotaxique » spontané qui assure la rythmicité de la respiration.

Dans ce système, le volume courant utilisé n'est même pas suffisant pour ventiler l'espace mort anatomique. Un mécanisme de transport gazeux différent de ceux de la ventilation spontanée et de l'IPPV entraîne, au niveau de l'arbre bronchique, un mélange d'air frais et de gaz alvéolaires. Les échanges respiratoires sont assurés par diffusion d'O₂ et de CO₂ à la suite des différences de pression partielle de ces gaz entre les alvéoles et le sang.

Cette technique est utilisée dans les cas de fistules bronchiques et pleurales en raison des faibles pressions moyennes dans les voies respiratoires. Son principal avantage, dans l'insuffisance respiratoire aiguë, est sa bonne tolérance hémodynamique, d'autant plus qu'une PEEP peut y être appliquée. L'utilisation de la HFPPV dans l'ARDS est loin d'être généralisée et, à l'heure actuelle, des études cliniques sont encore nécessaires.

C. Ventilation intermittente à la demande (IMV)

La dernière modalité ventilatoire que nous envisagerons est la ventilation intermittente à la demande (IMV = intermittent mandatory ventilation). Cette technique permet au patient de respirer librement un mélange gazeux enrichi en O₂ et humidifié tandis qu'il reçoit dans l'intervalle un nombre déterminé d'insufflations du respirateur mécanique (27).

Le Servo 900 B, fonctionnant en IMV, divise la minute en intervalles de temps égaux. Leur nombre dépend de la fréquence respiratoire

affichée sur l'appareil. Dans un intervalle de temps, le malade peut soit respirer spontanément, soit déclencher une insufflation mécanique au prix d'un effort inspiratoire variable (trigger) (fig. 10). La fréquence des insuffla-

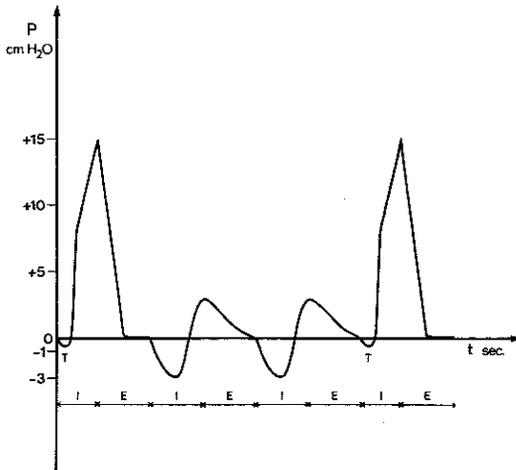


FIG. 10. Courbe de pression des voies aériennes en SIMV. Alternance de respirations spontanées et d'insufflations mécaniques déclenchées lorsque la dépression inspiratoire du patient atteint un certain niveau (seuil de déclenchement).

tions mécaniques peut être égale à la moitié, au cinquième ou au dixième de la fréquence respiratoire affichée. Il en est de même pour le volume par minute. Par contre, le volume courant n'est pas modifié pendant ces insufflations. Plus la fréquence respiratoire est élevée, plus la pression dans les voies respiratoires du malade sera importante au cours d'une insufflation mécanique. Il faut donc se garder d'afficher des fréquences trop grandes, ce qui pourrait entraîner des effets secondaires hémodynamiques et barotraumatiques.

Le respirateur UV 1 synchronise la fréquence IMV avec la fréquence respiratoire du patient. L'incitation respiratoire du respirateur se déclenche à l'aide du « trigger » précisément au moment où le patient, à la fin du cycle respiratoire spontané, inspire et déclenche l'impulsion du « trigger ». Cette méthode de ventilation est appelée SIMV. Si le patient ne déclenche pas la ventilation mécanique dans un intervalle de 4 secondes avant la fin du cycle

respiratoire spontané, l'incitation inspiratoire du respirateur se déclenche, pour des raisons de sécurité, suivant la fréquence IMV fixée.

La respiration IMV nécessite donc une collaboration du malade, beaucoup plus que la respiration assistée. Elle présente deux avantages principaux. D'une part, elle permet un sevrage progressif du patient qui a été soumis à la ventilation contrôlée pendant une longue période. D'autre part, elle constitue une nouvelle modalité thérapeutique de ventilation. Elle peut être combinée à la PEEP (fig. 11).

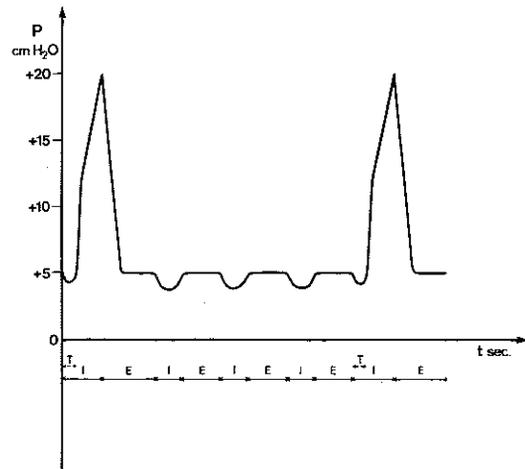


FIG. 11. Courbe de pression des voies aériennes en IMV + PEEP. La séquence est semblable à celle de la respiration IMV. Au cours de la phase expiratoire spontanée ou contrôlée, la pression revient à la valeur de la PEEP.

Outre la pression de ventilation moyenne réduite, elle présente l'avantage de maintenir l'impulsion respiratoire du patient et d'éviter l'accoutumance au respirateur.

Le sevrage en IMV a été expérimenté par de nombreux auteurs. Il consiste à diminuer, en fonction du temps et des paramètres respiratoires du patient, la fréquence de la ventilation mécanique (mandatory breaths) au profit de la respiration spontanée du malade (4, 5, 13, 21). Il s'avère que le sevrage en IMV est utile chez les patients qui ont été ventilés artificiellement pendant une longue période. Par contre, il ne présente aucun avantage chez le malade sevré du respirateur après 24 ou 48 heures. Chez les

malades atteints d'une pathologie pulmonaire chronique, en décompensation respiratoire aiguë à la suite d'une surinfection bronchique, l'IMV ne raccourcit pas la durée de la ventilation. Le sevrage en ventilation IMV apparaît mieux toléré et améliore l'oxygénation avant l'extubation (22). L'IMV diminue la fatigue diaphragmatique et améliore la coordination thoraco-abdominale lors du sevrage de la ventilation mécanique (1). Cette technique de sevrage est prolongée dans notre Service par le sevrage en CPAP qui garde les avantages de la PEEP, facilite le travail inspiratoire et exige la participation totale du malade, sans recours à l'insufflation mécanique.

La ventilation IMV constituerait également une alternative thérapeutique de choix dans l'ARDS. Pour Kirby et coll., l'IMV peut être combinée avec une PEEP élevée dans les cas de détresse respiratoire aiguë réfractaire (12). L'IMV avec ou sans PEEP peut être utile chez les patients en hypoxémie aiguë nécessitant une intubation trachéale et une ventilation mécanique avec PEEP. Cependant, l'IMV plus PEEP n'a pas été expérimentée avec succès par Pontoppidan, Rie et coll. (24) chez des patients en ARDS n'ayant pas répondu au traitement conventionnel (CPPV). Selon ces auteurs, les patients nécessitaient de grands volumes respiratoires et présentaient rapidement une acidose respiratoire hypercapnique.

III. L'ASSISTANCE RESPIRATOIRE PAR CIRCULATION EXTRACORPORELLE

La circulation extracorporelle (CEC) d'assistance respiratoire (ECMO = extracorporeal membrane oxygenation) a été appliquée comme méthode palliative de dernier recours dans les insuffisances respiratoires réellement réfractaires, en complément du traitement traditionnel. Une étude multicentres, organisée par le National Haert and Lung Institute (NHLI), a comparé l'efficacité de cette technique au traitement traditionnel. Cette étude concernait des malades sélectionnés selon des critères précis et dont la mortalité s'est avérée très importante (92 %). Elle a abouti à la conclusion suivante (18) : la CEC d'assistance respiratoire n'a pas amélioré le taux de survie des patients victimes d'insuffisance respiratoire

aiguë, bien qu'elle constitue un moyen très efficace de maintenir en vie, à titre temporaire, des patients victimes d'hypoxémie réfractaire.

Une application clinique étendue de l'assistance respiratoire par CEC comme ultime planche de salut ne se justifie pas chez des malades dont l'insuffisance respiratoire est irréversible. Elle doit se concevoir comme un moyen transitoire d'assurer les échanges gazeux de l'organisme en fournissant aux poumons les conditions optimales pour récupérer leur fonction. Dans cette optique, elle doit, au contraire, être d'application plus précoce chez des patients susceptibles d'en bénéficier. A cet égard, les échanges gazeux, le gradient alvéolo-capillaire et la biopsie pulmonaire constituent des critères importants dans la sélection des malades (18).

IV. CONCLUSIONS

— C'est la lésion pulmonaire qui détermine la gravité d'un traumatisme thoracique. Elle est caractérisée par un œdème interstitiel avec microatélectasies et condensations alvéolaires. D'un point de vue physiopathologique, se constitue un shunt responsable d'un certain degré d'hypoxie.

— En dehors de l'assistance respiratoire par circulation extracorporelle, qui reste encore aujourd'hui un traitement d'exception, la réduction de l'hypoxémie est basée sur l'augmentation de la FiO_2 d'une part et l'utilisation de la pression positive d'autre part.

— Une FiO_2 prolongée et supérieure à 50 % au niveau des voies respiratoires provoque rapidement des lésions alvéolaires et une fibrose pulmonaire.

— Par contre, une pression positive appliquée en fin d'expiration ou pendant tout le cycle respiratoire, diminue le shunt et améliore l'hématose. Elle peut être utilisée en respiration spontanée avec ou sans tube trachéal et en respiration contrôlée. Elle peut également être combinée à la ventilation IMV chez des malades soumis à une ventilation contrôlée pendant une longue période ou victimes d'une détresse respiratoire aiguë. Ces différentes techniques, qui ont fait la preuve de leur efficacité, sont d'application courante chez le traumatisé thoracique.

— Des valeurs élevées de pression positive télé-expiratoires peuvent exceptionnellement nécessiter un support hémodynamique. Par ailleurs, à cause des effets secondaires barotraumatiques de la PEEP, certains lui préfèrent la ventilation contrôlée à pression constante avec un flux décélééré et un rapport I/E = 4 : 1. Ce procédé est peu utilisé en pratique.

— Enfin, il est possible que, dans l'avenir, d'autres modalités ventilatoires comme la ventilation pulmonaire indépendante et la ventilation à pression positive à haute fréquence, s'imposent dans certaines pathologies thoraciques traumatiques.

BIBLIOGRAPHIE

1. ANDERSEN, J. B., KANN, T., RASMUSSEN, J. P., QVIST, J. — Intermittent mandatory ventilation assists the diaphragm in weaning patients from mechanical ventilation. *Intens. Care Med.*, 1980, **6**, 65.
2. BENDIXEN, H. H., EGBERT, L. D., HEDLEY-WHYTE, J., LAUER, M. B., PONTOPPIDAN, H. — *Respiratory Care*. Mosby, Saint Louis, 1965.
3. BRUINING, H. A., VAN ROYEN, W. — Results of treatment of severe respiratory distress syndrome with high positive end expiratory pressure ventilation (super PEEP) and massive fluid loading. *Intens. Care Med.*, 1980, **6**, 48.
4. DOWNS, J. B., BLOCK, A. J., VENNUM, K. B. — Intermittent mandatory ventilation in the treatment of patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Anaesth. Analg. Curr. Res.*, 1974, **53**, 437-443.
5. DOWNS, J. B., PERKINS, H. M., MODELL, J. H. — Intermittent mandatory ventilation. An evaluation. *Arch. Surg.*, 1974, **109**, 519-523.
6. GARCIA, L. — Gaz therapy, in *Principles and Practice. Respiratory Therapy*, Ed. J. A. YOUNG and D. CROCKER. Year Book Medical Publishing, Inc., Chicago, 2^d edition, 1977, 134-140.
7. GILLICK, J. S. — Spontaneous positive end expiratory pressure (SPEEP). *Anasth. and Analg.*, 1977, **57**, 627-632.
8. GILSTON, A. — The effects of PEEP on arterial oxygenation. *Intens. Care Med.*, 1980, **6**, 65.
9. HILLMAN, K. M., BARBER, J. D. — Selective asynchronous ventilation. *Intens. Care Med.*, 1980, **6**, 65.
10. HOFF, B., FLEMMING, D., FARCS, F., SASSE, F. — Use of positive airway pressure without endotracheal intubation. *Crit. Care Med.*, 1979, **7**, 559-562.
11. JARDIN, F., SPORTICHE, M., BLANCHET-BENQUE, F., MARGAIRAZ, A. — Controlled ventilation with best PEEP and optimum PEEP in acute respiratory failure : a comparative study on patients with bilateral and unilateral lung disease. *Intens. Care Med.*, 1980, **6**, 47.
12. KIRBY, R. R., DOWNS, J. B., CIVETTA, J. M., MODELL, J. H., DANNEMILLER, F. J., KLEIN, E. F., HODGES, M. — High level positive end expiratory pressure in acute respiratory insufficiency. *Chest*, 1975, **67**, 156.
13. KLEIN, F. — Weaning from mechanical breathing with intermittent mandatory ventilation. *Arch. Surg.*, 1975, **110**, 345-347.
14. KUCKELT, W., SCHARFENBERG, J., DAUBERSCHMIDT, R., HIERONGMI, U., MROCHEN, K., MEYER, M. — Effect of pulmonary shunt fraction on changes in cardiopulmonary function secondary to optimum PEEP. *Intens. Care Med.*, 1980, **6**, 48.
15. LABROUSSE, J., TENAILLON, A., SCZILLE, J. C., LONGCHAL, J., MORIN, C. — Independent lung ventilation : synchronisation of 2 respirators. *Intens. Care Med.*, 1980, **6**, 66.
16. LACHMANN, B., HAENDLY, H., SCHULZ, H., JONSON, B. — Improved arterial oxygenation, CO₂ elimination, compliance and decreased barotrauma following changes of volume-generated peep ventilation with inspiratory/expiratory (I/E) ratio of 1 : 2 to pressure — generated ventilation with I/E ratio of 4 : 1 in patients with severe adult respiratory distress syndrome (ARDS). *Intens. Care Med.*, 1980, **6**, 64.
17. LAMY, M. — Management of ventilatory supports in adult respiratory distress syndrome (ARDS), in *Akutes progressives lungenversagen. Acute respiratory failure Symposium, Wien, Oktober 1978*. G. Thieme Verlag, Stuttgart, 1979, 245-255.
18. LAMY, M. L., HILL, J. D., FALLAT, R. J., RODVIEN, R. — Point de vue sur la circulation extracorporelle avec oxygénéateur à membrane pour insuffisance respiratoire aiguë. *Bull. Europ. Physiopath. Resp.*, 1978, **14**, 707.
19. LAMY, M. L., FALLAT, R. J., KOENIGER, E., DIETRICH, H. P., RATLIFF, J. C., EBERHART, R. C., TUCKER, H. J., HILL, J. D. — Pathologic features and mechanisms of hypoxemia in adult respiratory distress syndrome. *Amer. Rev. resp. Dis.* 1976, **114**, 267.
20. LEMAIRE, F. — Ventilation artificielle. *Rev. Prat.*, (Paris), 1979, **29**, 3879-3881.
21. MARGAND, P. M. S., CHODOFF, P. — Intermittent mandatory ventilation : An alternative weaning technic. A case report. *Anaesth. Analg. Curr. Res.*, 1975, **54**, 41-44.
22. MUIN, J. F., AUBRY, P., LEVI-VALENSI, P. — Evaluation of intermittent mandatory ventilation (IMV) versus non IMV weaning in chronic obstructive pulmonary disease with acute respiratory failure. *Intens. Care Med.*, 1980, **6**, 62.
23. PIETTE, C., LAMY, M. — Spontaneous breathing with continuous positive airway pressure in adult respiratory distress syndrome. *Acta anaesth. belg.*, 1978, **29**, 331-343.
24. PONTOPPIDAN, H., WILSON, R. S., RIE, M., SCHNEIDER, R. C. — Respiratory intensive care. *Anesthesiology*, 1977, **47**, 96.
25. POWERS, S. R., MONNAL, R., NECLERIO, M., ENGLISH, M., MARR, C., LEATHER, R., UEDA, H., WILLIAMS, G., CUSTEAD, W., DUTTON, R. — Physiologic consequences of positive end expiratory pressure ventilation. *Ann. Surg.*, 1973, **178**, 269-271.
26. RICHARD, A., DEFEMMES, C., HUGUENARD, P., LE MASSON, Y. — Etude clinique d'un système de pression positive permanente, in *Congrès national français d'Anesthésiologie, Nice, 1974*, 506-512.

27. ROBERT, D., FOURNIER, G., GÉRARD, M., THOMAS, L., SALAMAND, J., CHEMORIN, B., BUFFAT, J., BERTOYE, A. — La ventilation mécanique des insuffisants respiratoires chroniques. *Rev. Prat. (Paris)*, 1979, **29**, 3921-3938.
28. SCHMIDT, G. B., O'NEILL, W. W., KOB, K., HWANG, K. K., BENNETT, E. J. — Continuous positive airway pressure in the prophylaxis of the adult respiratory distress syndrome. *Surg. Gynec. Obstet.*, 1976, **143**, 613-618.
29. SIMONNEAU, G., DUROUX, P. — La pression positive de fin d'expiration (PEEP). *Rev. Prat. (Paris)*, 1979, **29**, 3955-3969.
30. SJÖSTRAND, U. — Summary of experimental and clinical features of high frequency positive pressure ventilation. *Acta anaesth. scand.*, 1977, Suppl. 64, 165-178.
31. SPRINGER, R., STEVENS, P. — The influence of PEEP on survival of patients in respiratory failure. A retrospective analysis. *Amer. J. Med.*, 1979, **66**, 196.
32. STURGEON, C. L., DOUGLAS, M. E., DOWNS, J. B., DANNEMILLER, F. J. — PEEP and CPAP : cardiopulmonary effects during spontaneous ventilation. *Anesth. and Analg.*, 1977, **56**, 633-641.
33. VAN ROOYEN, W., BRUINING, H. A., JANSEN, J. R. C., WESPRILLE, A. — Effects of diminished early expiratory flow (DEEF) compared with those of positive end expiratory pressure (PEEP) on gas exchange in experimental pulmonary diseases. *Intens. Care Med.*, 1980, **6**, 63.

**

Les demandes de tirés à part doivent être adressées au D^r P. Hans, Service d'Anesthésiologie, Hôpital de Bavière, 4020 Liège.