

L'aide inspiratoire : intérêts et limites

J.C. RICHARD

L'aide inspiratoire (AI) est un mode de ventilation dit “assisté” qui ne peut s'appliquer que chez des malades qui présentent une activité respiratoire spontanée [1]. A cause de son principe de fonctionnement tout à fait particulier, l'AI est souvent considérée comme un mode d'assistance partiel plus physiologique que la ventilation où le débit est contrôlé (VAC). C'est pour cette raison que l'AI a très vite été proposée pour le sevrage de la ventilation [2, 3]. Plus récemment, on a pu assister à un essor très important de cette modalité de ventilation dans le cadre de la ventilation non invasive. C'est probablement l'une des raisons qui a incité les industriels à perfectionner l'AI qui était peu performante sur les ventilateurs plus anciens. Nous essaierons, à travers ce chapitre, de revoir les principes de fonctionnement de l'AI, ses avantages et ses inconvénients théoriques. Enfin, nous tenterons de dégager quelques recommandations pour le réglage et la surveillance de ce mode de ventilation.

Principes de fonctionnement de l'AI

L'AI est un mode de ventilation assisté où le paramètre qui est réglé par le médecin est la pression (pression de consigne). Le ventilateur doit donc atteindre cette pression inspiratoire plus ou moins rapidement (notion de pente de montée en pression) et la maintenir pendant toute la phase inspiratoire. Lors de l'expiration, la pression retombe jusqu'au niveau de pression expiratoire positive (PEP) ou au niveau de la pression atmosphérique si la PEP est réglée à 0.

Initiation du cycle respiratoire (trigger)

Le déclenchement d'un cycle en AI ne peut se faire que lorsque la machine a détecté un effort inspiratoire du malade. Cette phase, pendant laquelle

Correspondance : Service de Réanimation Médicale, Hopital Charles Nicolle, CHU de Rouen, 1 rue de Germont, 76031 Rouen Cedex, France, e-mail: jrRichard@invivo.edu

l'assistance de la machine n'a pas encore débuté, est commune à tous les cycles assistés, qu'ils soient contrôlés en débit ou en pression. Le système pneumatique qui permet la reconnaissance du cycle (trigger ou système de déclenchement) peut fonctionner différemment d'un ventilateur à l'autre (cf. chapitre sur le système de déclenchement).

Pour la pratique, on peut retenir que les systèmes de déclenchement proposés sur les ventilateurs de la dernière génération sont globalement tous très performants quel que soit leur mode de fonctionnement [4]. Par contre, en ventilation non invasive, la situation est rendue beaucoup plus complexe en raison des fuites qui peuvent être responsables d'un auto-déclenchement ou, à l'inverse, d'efforts inefficaces.

Phase d'inflation ou de pressurisation

Le premier point extrêmement important pour comprendre, d'une part, le fonctionnement mais, surtout, l'intérêt physiologique de l'AI par rapport aux modes de ventilation (VAC) où le débit inspiratoire est réglé (le plus souvent constant ou carré), concerne le comportement de la valve inspiratoire (valve dite "proportionnelle") pendant la phase inspiratoire [5]. Sur la majorité des ventilateurs, la pression est mesurée (le plus souvent estimée) au niveau de la pièce en Y. Dès que le cycle est initié, et alors que la pression du circuit est encore proche de zéro (ou du niveau de PEP), la valve inspiratoire du ventilateur s'ouvre de manière à ce que la pression de consigne soit atteinte dans un délai de temps qui dépend de l'algorithme de montée en pression (pente de pressurisation).

En quelques millisecondes, la pression va donc monter et la valve inspiratoire se ferme progressivement et proportionnellement au gradient qui existe entre la pression de consigne et la pression dans le circuit. C'est pour cette raison que le débit est toujours décélérant dans les modes régulés en pression. L'avantage théorique directement lié à ce principe de fonctionnement est dû au fait que l'ouverture de la valve (et donc le débit de pointe) est d'autant plus élevée que l'effort du malade est important. Ainsi, en AI et contrairement à la VAC, le débit délivré par le ventilateur est variable et, en théorie, toujours adapté à la demande ventilatoire du malade. Ceci souligne l'importance d'un réglage adéquat du débit d'insufflation en VAC.

Les limites technologiques des ventilateurs peuvent modifier considérablement l'efficacité de l'AI. En effet, l'algorithme de montée en pression qui régule la vitesse d'ouverture et de fermeture de la valve était sur les ventilateurs de génération précédente très différente d'un modèle à l'autre avec une pente souvent délibérément bridée [6]. Nous avons pu tester sur banc d'essais la capacité de la pressurisation de 22 ventilateurs de réanimation dans des conditions dynamiques variées et à différents niveaux d'AI [4]. Lorsque l'on s'intéresse à la qualité de la pressurisation, l'ensemble des ventilateurs dits "de dernière génération" surpasse très significativement ceux de la génération précédente (*Fig. 1*). Il est important de noter également que les ventilateurs de type "turbine" présentent des performances en AI globalement équivalentes à celles des ventilateurs les plus sophistiqués.

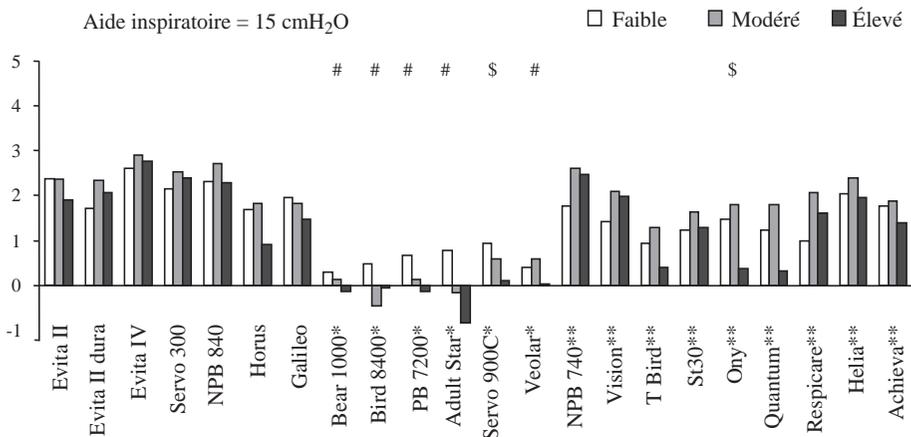


Fig. 1. - Evaluation comparative des ventilateurs de réanimation en aide inspiratoire.

Surface inspiratoire à 0,3 seconde : aire sous la courbe de pression

Faible, modéré, élevé : effort inspiratoire simulé.

Cette figure illustre les performances des différents ventilateurs testés en aide inspiratoire réglée à 15 cmH₂O. Les barres sont d'autant plus grandes que la pressurisation est efficace. Les ventilateurs de dernière génération ainsi que les ventilateurs à turbine sont plus performants que ceux de la génération précédente.

Passage de l'inspiration à l'expiration (sensibilité expiratoire)

En AI et contrairement à la pression contrôlée, le temps inspiratoire n'est pas pré-réglé. Le passage de la phase inspiratoire à la phase expiratoire se fait le plus souvent selon un critère qui prend en compte la diminution du débit inspiratoire. Lorsque le débit (toujours décélérant) atteint un certain pourcentage du débit de pointe (10 % par exemple), le ventilateur stoppe son insufflation et ouvre sa valve expiratoire pour autoriser l'expiration. Ce seuil de sensibilité expiratoire (parfois appelé trigger expiratoire) est réglable sur les ventilateurs les plus récents. L'intérêt d'un tel réglage est important, surtout en ventilation non invasive [7]. En effet, la présence d'une fuite en fin d'inspiration est responsable d'un débit persistant (inspiratoire) qui risque de masquer la diminution physiologique du débit qui permet la reconnaissance de l'expiration. Dans une telle situation, l'insufflation se poursuivra tant que l'inspiration n'est pas limitée par une alarme de volume maximum ou de temps inspiratoire maximum. Pour la pratique, on peut retenir qu'un réglage de 30 % est tout à fait raisonnable chez la plupart des malades en dehors des situations où les fuites sont très importantes. L'augmentation excessive de la sensibilité expiratoire entraîne, en effet, une réduction pas toujours souhaitable du temps inspiratoire et du volume insufflé (Fig. 2). D'autres critères sont parfois proposés pour arrêter (cycler) l'inspiration (temps inspiratoire maximum, suppression de 1 à 3 cmH₂O).

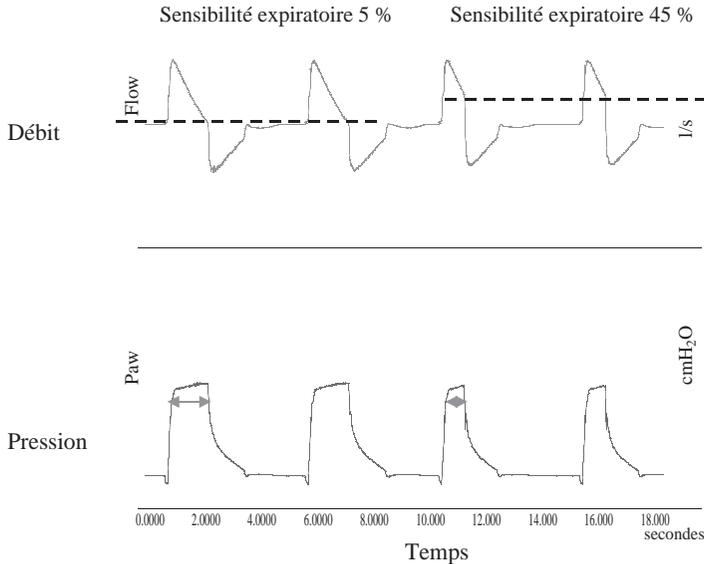


Fig. 2. - Réglage de la sensibilité expiratoire (trigger expiratoire). Sensibilité expiratoire 5 %, 45 % : réglage du trigger expiratoire à respectivement 5 et 45 % de la valeur du débit de pointe. Cette figure illustre l'effet du réglage de la sensibilité expiratoire à 5 et 45 % sur la durée du cycle en aide inspiratoire. Les pointillés indiquent la valeur de débit à laquelle est réglé le trigger.

Principes de réglages

L'AI est un mode apparemment très simple puisque le réglage principal est le niveau de pression inspiratoire qui, le plus souvent, se situe entre 5 et 20 cmH₂O. Le prix à payer de cette simplicité de réglage est une surveillance parfois plus complexe. Comme dans tous les autres modes assistés de ventilation, on se doit de régler le seuil de sensibilité du trigger inspiratoire, la PEP et la FIO₂. Le plus souvent, le réglage de la pression d'AI inspiratoire correspond au niveau de pression au-dessus de la PEP mais, sur certains ventilateurs (Dräger), ce réglage concerne le niveau de pression inspiratoire totale tenant compte du niveau de PEP réglé. Le réglage optimal du niveau de pression inspiratoire dépend du motif de ventilation et de la situation clinique [8]. Néanmoins, il est trop souvent oublié que le paramètre principal qui doit guider le clinicien pour ce réglage est le volume courant expiré. Un volume expiré exagérément élevé associé à une fréquence respiratoire inférieure à 15 cycles par minute témoigne très souvent d'un niveau d'AI trop important. Un tel réglage peut être responsable d'une hyper-inflation dynamique, d'une alcalose respiratoire et d'apnées. A l'inverse, une fréquence respiratoire élevée associée à un volume courant très faible révèle fréquemment une détresse respiratoire qui peut être le symptôme d'un niveau d'AI insuffisant.

Sur les ventilateurs les plus récents, on doit également régler la pente de montée en pression et, parfois, la sensibilité expiratoire (trigger expiratoire). La pente de montée en pression est un réglage très important. En effet, Bonmarchand et coll. ont montré, sur un groupe de malades obstructifs, qu'une

pente insuffisante (pressurisation trop lente) entraînait une augmentation significative du travail respiratoire [9]. Des résultats similaires ont pu être retrouvés chez des malades restrictifs [10]. Une pente maximale ne doit cependant pas être systématiquement sélectionnée car elle peut, à l'inverse, majorer la désadaptation patient-ventilateur et parfois même majorer l'effort respiratoire. En pratique, un réglage correspondant à 80 % de la valeur de la pente maximale est le plus souvent adapté.

La possibilité de régler un temps inspiratoire maximum est un réglage intéressant proposé par certains industriels. Lorsque le temps inspiratoire maximum est atteint, le ventilateur passe de l'inspiration à l'expiration quel que soit le débit inspiratoire. Ce réglage est très utile surtout en cas de fuites inspiratoires (qui prolongent l'insufflation) ou lorsque le "critère débit" pour le passage à l'expiration est fixé à une valeur trop faible (5 % sur certains ventilateurs) [7].

Intérêts

Comme nous l'avons vu, l'AI est un mode de ventilation qui semble à la fois physiologique et relativement simple à régler. En effet, le débit inspiratoire est "libre", ce qui permet théoriquement une bonne adéquation entre le débit délivré par la machine et le débit demandé par le patient. De même, le temps inspiratoire peut spontanément augmenter ou diminuer selon le mode de ventilation adopté par le malade. Ces deux points peuvent être considérés comme des avantages, en particulier en termes de confort. Ne pas avoir à régler le débit et le temps inspiratoire rend l'AI plus simple à régler que la VAC. Les données concernant la comparaison de ces deux modes de ventilation tendent à montrer une meilleure tolérance de l'AI pour un volume courant donné, mais le travail respiratoire est, à l'inverse, plutôt plus important en AI par rapport à la VAC [11]. Toujours pour un même volume courant, les pressions en AI sont moindres qu'en VAC (où la pression de PIC peut être très élevée chez certains malades obstructifs). Cette différence est à prendre en considération en ventilation non invasive où la pression du masque est le principal déterminant du confort et de la tolérance de la méthode [12]. C'est peut-être en partie pour cette raison et pour sa facilité d'utilisation que l'AI est le principal mode de ventilation utilisé aujourd'hui en ventilation non invasive [12].

L'AI est trop souvent considérée comme un mode de sevrage plutôt qu'un mode de ventilation traditionnel. Ceci est en partie dû aux nombreuses études cliniques réalisées sur ce sujet. Paradoxalement, les données récentes de la littérature suggèrent que c'est d'avantage la procédure de sevrage utilisée que le mode de ventilation en soi qui permet de raccourcir la durée du sevrage [13]. L'AI doit donc être considérée comme un mode de ventilation assisté à part entière qui, par son caractère plus physiologique, est particulièrement bien adapté à cette période de ventilation qui précède l'extubation. L'intérêt de l'AI dans le but de réduire la durée de sédation, et donc de ventilation, est séduisante mais reste à démontrer.

L'AI a été proposée pour ventiler des patients atteints de syndrome de détresse respiratoire aiguë [14]. En restaurant un certain degré de ventilation spontanée et donc d'activité diaphragmatique, l'AI pourrait permettre une

meilleure redistribution du volume courant dans les zones dépendantes vertébro-diaphragmatiques. Cet effet physiologique peut être considéré comme une forme de recrutement alvéolaire. Ce concept très séduisant a été développé par Putensen et coll. avec des résultats très enthousiasmants [15]. Il est néanmoins difficile de savoir dans ces expérimentations si c'est le mode de ventilation en soi qui est bénéfique ou la réduction de la sédation qui lui est associée.

Limites

L'AI est un mode de ventilation où la pression est “garantie”. Par définition, les volumes dépendent de la mécanique respiratoire et de l'activité spontanée du malade. La surveillance nécessite donc un monitoring continu des volumes mobilisés (volume courant expiré) et de la fréquence respiratoire.

Cette surveillance ne met pas le malade à l'abri d'une hyper-inflation dynamique (gaz-trapping) qui peut passer inaperçue puisque ce mode n'offre pas la possibilité de surveiller la pression de plateau. La mesure de la PEP intrinsèque par une manœuvre d'occlusion télé-expiratoire reste théoriquement possible. En pratique, cette mesure est souvent totalement erronée en raison de l'activité des muscles expiratoires importante dans un mode spontané comme l'AI.

Chez les patients obstructifs, un niveau trop important d'AI peut être associé à la présence d'efforts inspiratoires inefficaces. Ces efforts traduisent des demandes inspiratoires qui ne sont pas “récompensés” par un cycle ventilateur et témoignent donc d'une désadaptation patient-ventilateur [16]. La sensibilité et le réglage du trigger ne sont, le plus souvent, pour rien dans ces phénomènes essentiellement dus à la distension thoracique (Fig. 3) [17]. La simple baisse du niveau d'AI peut permettre de retrouver la bonne adaptation du patient au ventilateur. Il a été montré que la baisse du niveau d'AI pouvait permettre dans cette situation une réduction significative du travail respiratoire mesuré sur une minute en relation avec la diminution du nombre d'efforts inefficaces [17].

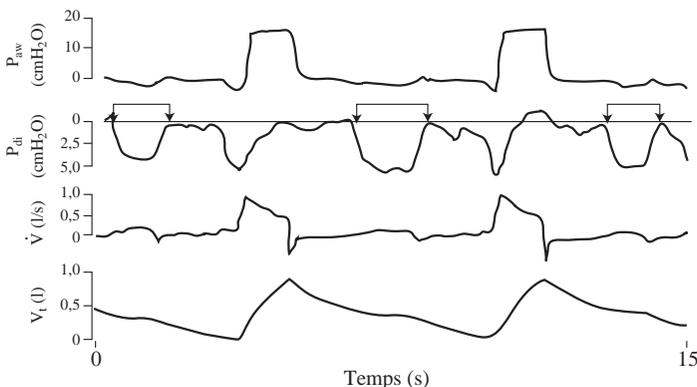


Fig. 3. - Efforts inefficaces en aide inspiratoire

P_{aw} : pression dans les voies aériennes - Flow : débit

P_{di} : pression trans-diaphragmatique (indication de l'effort diaphragmatique)

Sur cette figure, les flèches indiquent des efforts respiratoires qui ne sont pas récompensés par un cycle délivré par le ventilateur. (D'après Nava et coll.) [17].

Enfin, toute altération brutale de la mécanique respiratoire (augmentation des résistances ou baisse de la compliance) peut entraîner une baisse parfois très importante du volume délivré. Les alarmes de volume courant, de ventilation minute et de fréquence respiratoire doivent être réglées attentivement. Ces alarmes permettent également de détecter une augmentation de volume courant et de ventilation minute qui parfois peut témoigner de l'aggravation de la détresse respiratoire.

Conclusion

L'AI est un mode de ventilation à part entière qui présente l'avantage d'être relativement simple à régler et qui semble plus "physiologique" que la VAC. Les connaissances acquises sur ce mode de ventilation permettent de mieux comprendre le comportement clinique adopté par le malade dans différentes circonstances pathologiques. Les réglages apparemment très simples nécessitent, pour être optimisés, une analyse minutieuse des volumes, de la fréquence et des courbes débit-temps (ventilateurs avec écran). Le bénéfice de l'AI en terme de confort reste à démontrer. Des données physiologiques récentes suggèrent même que l'AI pourrait avoir des limites importantes par rapport à la VAC pendant la phase de sommeil des malades en réanimation [18].

BIBLIOGRAPHIE

- [1] **Brochard L.** - Pressure support ventilation. In: *Principles and practice of mechanical ventilation*. Martin J. Tobin ed., New York. Mac Graw-Hill publisher, 1994 : 239-257.
- [2] **Esteban A., Alia I.** - Clinical management of weaning from mechanical ventilation. *Intens. Care Med.*, 1998 ; 24 : 999-1008.
- [3] **Esteban A., Anzueto A., Alia I., Gordo F., Apezteguia C., Palizas F. et al.** - How is mechanical ventilation employed in the intensive care unit? An international utilization review. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.*, 2000 ; 161 : 1450-1458.
- [4] **Richard J.C., Carlucci A., Breton L., Langlais N., Jaber S., Maggiore S. et al.** - Bench testing of pressure support ventilation with three different generations of ventilators. *Intens. Care Med.*, 2002 ; 28 (8) : 1049-1057.
- [5] **Richard J.C., Breton L., Fartoukh M., Brochard L.** - Les ventilateurs de réanimation adulte en 2002 : progrès technologiques, dérives et évaluation. *Réanimation*, 2002 ; 11 : 66-75.
- [6] **Bunburaphong T., Imanaka H., Nishimura M., Hess D., Kacmarek R.M.** - Performance characteristic of bilevel pressure ventilators: a lung model study. *Chest*, 1997 ; 111 : 1050-1060.
- [7] **Calderini E., Confalonieri M., Puccio P.G., Francavilla N., Stella L., Gregoretti C.** - Patient-ventilator asynchrony during noninvasive ventilation: the role of expiratory trigger. *Intens. Care Med.*, 1999 ; 25 : 662-667.
- [8] **Nava S., Bruschi C., Fracchia C., Braschi A., Rubini F.** - Patient-ventilator interaction and inspiratory effort during pressure support ventilation in patients with different pathologies. *Eur. Respir. J.*, 1997 ; 10 : 177-183.

- [9] **Bonmarchand G., Chevron V., Chopin C., Jusserand D., Girault C., Moritz F. et al.** - Increased initial flow rate reduces inspiratory work of breathing during pressure support ventilation in patients with exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease. *Intens. Care Med.*, 1996 ; 22 : 1147-1154.
- [10] **Bonmarchand G., Chevron V., Menard J.F., Girault C., Moritz-Berthelot F., Pasquis P. et al.** - Effects of pressure ramp slope values on the work of breathing during pressure support ventilation in restrictive patients. *Crit. Care Med.*, 1999 ; 27 : 715-722.
- [11] **Girault C., Richard J.C., Chevron V., Tamion F., Pasquis P., Leroy J. et al.** - Comparative physiologic effects of noninvasive assist-control and pressure support ventilation in acute hypercapnic respiratory failure. *Chest*, 1997 ; 111 : 1639-1648.
- [12] **Carlucci A., Richard J.C., Wysocki M., Lepage E., Brochard L. and the SRLF collaborative group on mechanical ventilation** - Noninvasive versus conventional mechanical ventilation. An epidemiological survey. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.*, 2001 ; 163 : 874-880.
- [13] **Ely E.W., Baker A.M., Dunagan D.P., Burke H.L., Smith A.C., Kelly P.T. et al.** - Effect on the duration of mechanical ventilation of identifying patients capable of breathing spontaneously. *N. Engl. J. Med.*, 1996 ; 335 : 1864-1869.
- [14] **Cereda M., Foti G., Marcora B., Gili M., Giacomini M., Sparacino M.E. et al.** - Pressure support ventilation in patients with acute lung injury. *Crit. Care Med.*, 2000 ; 28 : 1269-1275.
- [15] **Putensen C., Mutz N., Putensen-Himmer G., Zinzerling J.** - Spontaneous breathing during ventilatory support improves ventilation-perfusion distribution in patients with acute respiratory distress syndrome. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.*, 1999 ; 159 : 1241-1248.
- [16] **Fabry B., Guttmann J., Eberhard L., Bauer T., Haberthür C., Wolff G.** - An analysis of desynchronization between the spontaneously breathing patient and ventilator during inspiratory pressure support. *Chest*, 1995 ; 107 : 1387-1394.
- [17] **Nava S., Bruschi C., Rubini F., Palo A., Iotti G., Braschi A.** - Respiratory response and inspiratory effort during pressure support ventilation in COPD patients. *Intens. Care Med.*, 1995 ; 21 : 871-879.
- [18] **Parthasarathy S., Tobin M.J.** - Effect of ventilatory mode on sleep quality in critically ill patients. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.*, 2002 ; 167 (2) : 120-127.