ECOLE D'INFIRMIER(E)S ANESTHESISTES DIPLOME(E)S D'ÉTAT

OPTIMISATION DE L'ADMINISTRATION D'AGENT HALOGÉNÉ POUR OBTENIR UNE NARCOSE SUFFISANTE SELON LE RÉGLAGE DU DÉBIT DE GAZ FRAIS ET DE LA FRACTION DELIVRÉE.

Par

Mally NOEUNG

Sous la direction de

Pr Bertrand DEBAENE

Professeur des Universités en Anesthésie et Réanimation Chirurgicale

CHU de Poitiers

Mme Mélanie CHARLOT

IADE – CHU de Poitiers

JUILLET 2024

UE 7 : MEMOIRE PROFESSIONNEL

En vue de l'obtention du diplôme d'Etat d'infirmier anesthésiste

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

PRÉFET DE LA RÉGION NOUVELLE-AQUITAINE

Charte anti-plagiat de la Direction régionale et départementale de la jeunesse, des sports et de la cohésion sociale Nouvelle-Aquitaine

La Direction régionale et départementale de la jeunesse, des sports et de la cohésion sociale Nouvelle-Aquitaine délivre sous l'autorité du Préfet de région les diplômes du travail social et des auxiliaires médicaux et sous l'autorité du Ministre chargé des sports les diplômes du sport et de l'animation.

Elle est également garante de la qualité des enseignements délivrés dans les dispositifs de formation préparant à l'obtention de ces diplômes.

C'est dans le but de garantir la valeur des diplômes qu'elle délivre et la qualité des dispositifs de formation qu'elle évalue que les directives suivantes sont formulées à l'endroit des étudiants et stagiaires en formation.

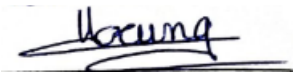
Article 1 : Tout étudiant et stagiaire s'engage à faire figurer et à signer sur chacun de ses travaux, deuxième de couverture, l'engagement suivant :

Je soussignée Mme NOEUNG Mally

atteste avoir pris connaissance de la charte anti-plagiat élaborée par la DRDJSCS Nouvelle-Aquitaine et de m'y être conformé.

et certifie que le mémoire/dossier présenté étant le fruit de mon travail personnel, il ne pourra être cité sans respect des principes de cette charte

Fait à …SOMLOIRE……. Le……01/07/2024…… Suivi de la signature.



Article 2 :

« Le plagiat consiste à insérer dans tout travail, écrit ou oral, des formulations, phrases, passages, images en les faisant passer pour siens. Le plagiat est réalisé de la part de l'auteur du travail (devenu le plagiaire) par l'omission de la référence correcte aux textes ou aux idées d'autrui et à leur source »[1].

Article 3 :

Tout étudiant, tout stagiaire s'engage à encadrer par des guillemets tout texte ou partie de texte emprunté(e) ; et à faire figurer explicitement dans l'ensemble de ses travaux les références des sources de cet emprunt. Ce référencement doit permettre au lecteur et correcteur de vérifier l'exactitude des informations rapportées par consultation des sources utilisées.

Article 4 :

Le plagiaire s'expose aux procédures disciplinaires prévues au règlement intérieur de l'établissement de formation.

En application du Code de l'éducation[2] et du Code pénal[3], il s'expose également aux poursuites et peines pénales que la DRDJSCS Nouvelle-Aquitaine est en droit d'engager. Cette exposition vaut également pour tout complice du délit.

_____

[1] Site Université de Genève http://www.unige.ch/ses/telecharger/unige/directive-PLAGIAT-19092011.pdf

[2] Article L. 331-3 du Code de l'éducation : « les fraudes commises dans les examens et les concours publics qui ont pour objet l'acquisition d'un diplôme délivré par l'Etat sont réprimées dans les conditions fixées par la loi du 23 décembre 1901 réprimant les fraudes dans les examens et concours publics ».

[3] Articles 121-6 et 121-7 du Code pénal.

REMERCIEMENTS

Au Pr Debaene, pour sa disponibilité, sa gentillesse et ses conseils.

A Mélanie, pour ses conseils.

A Guillaume, qui m'a inspiré et accompagné initialement sur ce sujet.

A l'équipe pédagogique, Alain, Laurent et Valérie, pour leur écoute tout au long de cette formation.

A Sandra, notre maman de la formation, pour sa disponibilité, ses mots réconfortants, son sourire, sa bonne humeur et son aide pour mes débuts en informatique.

A Julie pour sa disponibilité et son efficacité concernant la mise en page et autres soucis de réalisation de ce travail.

A Pauline, mon chauffeur et ma confidente durant la formation.

A Ben et Paulin, mes voisins de classe, permettant de faire passer certains cours plus rapidement.

Au professeur JB, pour sa bonne humeur en toute circonstance.

A mes collègues de promotion, pour cette entraide et cette unité nous permettant à tous d'avancer dans la même direction et d'arriver au diplôme.

Aux rochelais : Audrey, Karen et Ronan, d'une grande aide et de soutien durant ces 2 ans. Quelle belle rencontre !

A Laetitia et Annabelle pour leur soutien durant ces 2 ans.

A ma famille, pour leur présence et soutien. Merci Clem et Max pour ces week-end famille à la cool !

A ma fille, pour sa patience et sa compréhension malgré la durée et la séparation des dimanches soir.

Enfin, à l'homme de ma vie, Juan, celui sans lequel rien n'aurait pu se faire. Mon pilier qui m'a guidé vers Poitiers et permis tout ce parcours et ces belles rencontres. Merci d'avoir toujours cru en moi et d'avoir été présent à mes côtés, malgré la distance. Témoin de toutes mes péripéties, de mes doutes et de mes humeurs, tu as toujours eu les mots pour me booster, me rassurer et m'encourager. Je t'aime infiniment et dans un an porterai fièrement ton nom.

GLOSSAIRE

AAH : Agent Anesthésique Halogéné

AG : Anesthésie Générale

IV : IntraVeineux

CAM : Concentration Alvéolaire Minimale

CRF : Capacité Résiduelle Fonctionnelle

DGF : Débit de Gaz Frais

Falv : Fraction Alvéolaire

Forv : Fraction des Organes Richement Vascularisés

Fd : Fraction Délivrée

Fet : Fraction Téléexpiratoire

Fi : Fraction Inspirée

N_2O : Protoxyde d'Azote

O_2 : Oxygène

PVS : Pression de Vapeur Saturante

SEGA : Système d'Evacuation des Gaz

Xe : Xenon

λs : Coefficient de Solubilité dans le Sang

λh : Coefficent de Solubilité dans l'Huile

SOMMAIRE

TABLE DES ILLUSTRATIONS 1

I- INTRODUCTION 2

1. Rappels 3

1.1. Les agents anesthésiques volatiles : définition 3

1.2. Les AAH et le circuit filtre 3

II- MATERIEL ET METHODE 5

1. Matériel 5

2. Etude 6

3. Méthode 7

III- RESULTATS 10

1. Le desflurane 10

2. Le sévoflurane 12

3. L'isoflurane 14

IV- ANALYSE ET DISCUSSION 16

1. Analyse 16

2. Facteurs correctifs 18

3. Limites de l'étude 20

4. Optimisation d'administration 21

V- Conclusion 23

BIBLIOGRAPHIE 24

TABLE DES ILLUSTRATIONS

TABLE DES FIGURES

Figure 1: Présentation du logiciel GasMan®. 5
Figure 2: Temps en minutes pour obtenir 1 CAM de desflurane selon le DGF et la Fd. 10
Figure 3: Volumes en Litres pour obtenir 1 CAM de desflurane selon le DGF et la Fd. 11
Figure 4: Temps en minutes pour obtenir 1 CAM de sévoflurane selon le DGF et la Fd. 12
Figure 5: Volumes en Litres pour obtenir 1 CAM de sévoflurane selon le DGF et la Fd. 13
Figure 6: Temps en minutes pour obtenir 1 CAM d'isoflurane selon le DGF et la Fd. 14
Figure 7: Volumes en Litres pour obtenir 1 CAM d'isoflurane selon le DGF et la Fd. 15

TABLE DES TABLEAUX

Tableau I: Temps (minutes, secondes) pour obtenir 1 CAM de desflurane selon le DGF et la Fd. 10
Tableau II: Volumes en Litres de desflurane pour obtenir 1 CAM selon le DGF et la Fd. 11
Tableau III: Temps (minutes, secondes) pour obtenir 1 CAM de sévoflurane selon le DGF et la Fd. 12
Tableau IV: Volumes en Litres de sévoflurane pour obtenir 1 CAM selon le DGF et la Fd. 13
Tableau V: Temps (minutes, secondes) pour obtenir 1 CAM d'isoflurane selon le DGF et la Fd. 14
Tableau VI: Volumes en Litres d'isoflurane pour obtenir 1 CAM selon le DGF et la Fd. 15
Tableau VII: Gain de consommation du desflurane selon le DGF avec une Fd = 18 % versus Fd = 12 %. 16
Tableau VIII: Gain de consommation de sévoflurane selon le DGF avec une Fd =8% versus Fd = 4%. 16
Tableau IX: Gain de consommation d'isoflurane selon le DGF et Fd = 5% versus Fd = 2%. 17

I- INTRODUCTION

En France, l'anesthésie générale (AG) est une pratique courante au sein des blocs opératoires. L'induction se déroule le plus couramment par l'administration d'agents anesthésiques intraveineux. Son entretien peut alors être effectué par introduction d'agents anesthésiques halogénés (AAH), une fois la prise en charge des voies aériennes effectuée. Deux façons de faire sont observées sur les différents lieux d'exercices.

Une première méthode, consiste à ouvrir l'évaporateur d'AAH fortement, avec un débit de gaz frais (DGF) faible, c'est-à-dire inférieur ou égal à 1 L / min. Ensuite, l'ouverture de l'évaporateur est diminuée lorsque la fraction téléexpiratoire (Fet) de l'AAH atteint environ une Concentration Alvéolaire Minimale (CAM).

Une deuxième méthode, consiste à utiliser un DGF plus élevé (> 1 L / min) avec un évaporateur faiblement ouvert. Une fois la CAM de l'AAH atteinte, le DGF est diminué.

La question se pose du mode d'administration des AAH en relais d'une induction IV.

Une étude effectuée en 2008 montre qu'à la suite d'une induction IV, la méthode la plus rapide pour atteindre une Fet cible choisie, est de surdoser massivement la fraction délivrée (Fd) en maintenant un faible DGF (1).

Cependant, cette étude utilisait le mélange O_2 + N_2O comme gaz vecteur. Le protoxyde d'azote étant retiré progressivement des blocs opératoires, pour des raisons écologiques, il n'est quasiment plus utilisé en tant que gaz vecteur. Le résultat serait-il le même avec un mélange de gaz vecteur air + O_2 ?

La conclusion d'un mémoire IADE de 2023, est qu'en « *diminuant le débit de gaz frais à des valeurs inférieures à 1 L / min, la consommation en AAH est moindre* » lors de l'entretien d'une anesthésie (2). Qu'en est-il en relais d'une induction IV ?

Le but de ce travail est d'étudier la manière d'administrer des halogénés, permettant au patient d'avoir une narcose suffisante, dans un temps raisonnable, en relais d'une induction IV et en ayant une consommation d'AAH la plus faible possible.

L'objectif principal est d'étudier le temps nécessaire pour obtenir la concentration alvéolaire minimale d'un halogéné, en fonction du DGF et de la fraction délivrée (Fd).

L'objectif secondaire est d'évaluer la consommation d'AAH nécessaire.

1. Rappels

1.1. Les agents anesthésiques volatiles : définition

Il en existe deux catégories : les gaz anesthésiques et les AAH. En effet le protoxyde d'azote (N_2O) et le xénon (Xe) sont les seuls gaz anesthésiques existants.

Les AAH sont administrés sous forme de vapeur, phase gazeuse d'un corps existant naturellement à l'état liquide. Cette évaporation s'effectue lorsque la pression de vapeur saturante (PVS) est atteinte. Celle-ci est définie par la pression à laquelle un fluide passe de l'état liquide à l'état gazeux pour une température donnée (3). Les AAH sont donc conditionnés chacun dans un évaporateur spécifique, respectant leurs propriétés physiques, sous forme liquide. Ils sont délivrés par l'ajout de gaz vecteur air, oxygène (O_2) ou N_2O.

1.2. Les AAH et le circuit filtre

Les agents anesthésiques volatils sont administrés à l'aide d'un circuit filtre et d'un respirateur. Un gaz vecteur utilisé, est composé d'O_2 pur ou d'un mélange air/O_2 ou O_2/N_2O. Ce gaz vecteur passe au travers de l'évaporateur d'halogéné, qui se charge alors d'une concentration plus ou moins élevée de vapeurs anesthésiques selon la Fd choisie. Ce mélange final est nommé gaz frais (4). Celui-ci est alors délivré au patient grâce à un circuit unidirectionnel par sa branche inspiratoire puis exhalé par sa branche expiratoire. Les gaz expirés traversent alors un filtre pour être épurés du CO_2 grâce au canister de chaux sodée, avant d'être réinjectés dans la branche inspiratoire du circuit. Plus le circuit est fermé (DGF faible) plus l'ensemble des gaz est réutilisé, diminuant ainsi la consommation d'AAH (5). Lors d'un circuit ouvert (DGF > 1 L / min), le surplus de gaz expiré est éliminé par la prise SEGA (système d'évacuation des gaz), puis libéré dans l'atmosphère plutôt que dans la salle d'intervention. Les agents halogénés contribuent ainsi à la pollution atmosphérique, par leur participation aux gaz à effets de serre (6).

La fraction délivrée d'un halogéné correspond au pourcentage de cet agent présent dans le gaz inspiré par le patient. Elle peut être ajustée en modifiant l'ouverture de l'évaporateur. Chaque AAH possède son propre évaporateur avec des graduations en pourcentage qui lui sont propres. La Fd choisie *« retentit plus ou moins directement sur la fraction inspirée (Fi) selon le débit de gaz frais associé »* (1), qui lui, est réglé grâce à un débitmètre. « La fraction téléexpiratoire (Fet), mesurée dans le gaz expiré, reflète donc la fraction alvéolaire (Fa) téléexpiratoire qui est supposée être en équilibre avec la concentration sanguine. (1) ».

La Concentration Alvéolaire Minimale (CAM) correspond à la *« concentration minimum alvéolaire en AAH à FiO_2 = 1 pour laquelle 50 % des patients n'ont pas de réaction motrice à l'incision (7)* ». C'est donc une notion purement statistique permettant la comparaison des halogénés entre eux, puisque leurs effets dépendent de la concentration.

Les effets des AAH s'effectuent sur différents sites d'action. Au niveau cérébral, ces vapeurs provoquent la narcose. Il est démontré que *« la perte de conscience était due à un effet direct sur le cortex cérébral alors que l'absence de réponse motrice à une stimulation nociceptive […] était liée à un ralentissement de l'activité électrique du thalamus. […] Les agents halogénés ont par ailleurs des effets médullaires qui sont […] impliqués dans la suppression de la réponse motrice aux stimulations douloureuses […]. La définition de la CAM tient compte de cet effet médullaire puisque cette CAM serait multipliée par 3 ou 4 si elle n'était appliquée qu'au cerveau.* (7) ».

La CAM permet donc d'estimer la profondeur d'anesthésie selon l'agent administré et sa valeur correspond à la Fet de celui-ci.

II- MATERIEL ET METHODE

1. Matériel

Le logiciel utilisé est le simulateur d'anesthésie GasMan® version 3.1.10. Il permet de modéliser la pharmacocinétique des agents halogénés lors de leur administration.

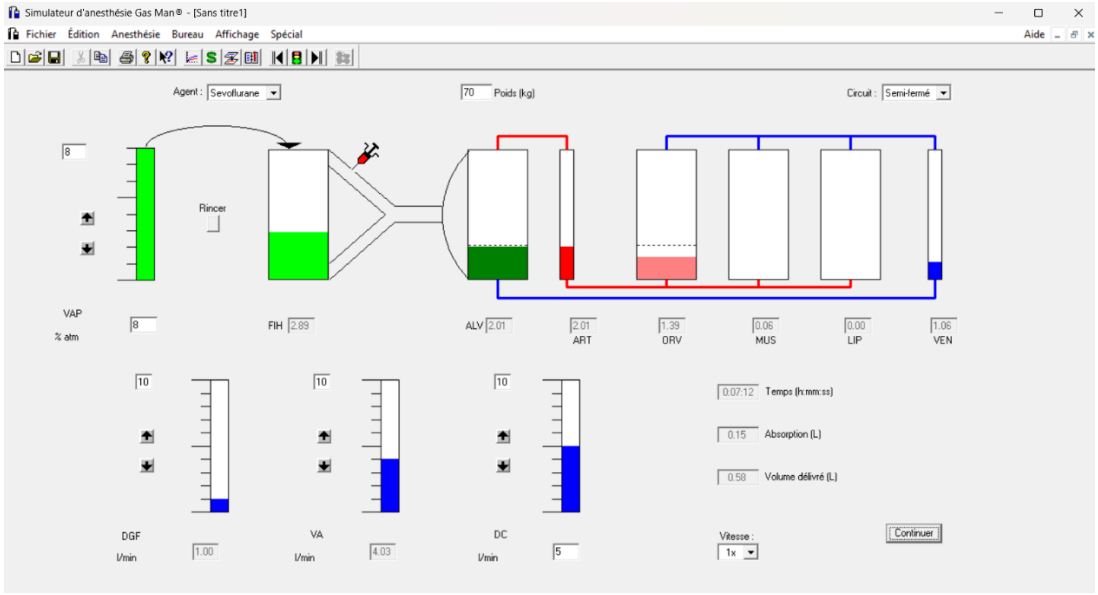


Figure 1: Présentation du logiciel GasMan®.

Ce logiciel est configuré ainsi :

Au niveau du bandeau supérieur, dans la partie gauche, l'agent anesthésique halogéné peut être choisi ; au centre, le poids du patient peut être modifié ; et à droite s'effectue le choix d'ouverture du circuit-filtre (ouvert, semi-ouvert ou fermé).

Au centre de l'interface de gauche à droite, sont représentés, l'évaporateur puis les différents compartiments.

Le premier illustre la fraction délivrée (Fd) par l'évaporateur en pourcentage d'une atmosphère (VAP % atm), VAP déterminant la pression partielle de l'anesthésique dans le gaz frais.

Le deuxième correspond à la concentration de l'agent choisi dans le circuit (FIH).

Enfin, les six autres valeurs correspondent aux concentrations dans les différents compartiments de l'organisme : l'alvéolaire (ALV), l'artériel (ART), les organes richement vascularisés (ORV), le muscle (MUS), les tissus adipeux (LIP) et le retour veineux (VEN).

« Au fur et à mesure du déroulement de la simulation, l'anesthésique s'accumule dans ces compartiments en fonction de l'équilibre des pressions partielles du gaz (dépendant de sa solubilité) (8) ».

La partie inférieure permet à gauche de choisir le débit de gaz frais (DGF).

Au centre, sont représentés la ventilation alvéolaire (VA) et le débit cardiaque (DC). Ceux-ci sont calculés par le logiciel en fonction du poids sélectionné et restent donc inchangés lors des simulations.

Enfin, à droite, sont situés la durée de simulation (Temps) en heures-minutes-secondes, la quantité d'agent absorbée en Litres (Absorption), le volume total délivré en Litres (Volume délivré) et la vitesse de déroulement de la simulation (de x1 à x120).

2. Etude

Il s'agit d'une étude expérimentale effectuée sur 24 simulations, à l'aide du logiciel présenté précédemment.

Objectif de l'étude :

L'objectif principal de cette étude est d'évaluer de façon expérimentale le temps nécessaire pour obtenir une CAM en un temps raisonnable et en consommant le moins possible d'AAH.

3. Méthode

En circuit semi-fermé, une fraction téléexpiratoire choisie d'un halogéné (Fet) peut être atteinte en ajustant la fraction délivrée (Fd) et le débit de gaz frais (DGF).

Les simulations avec le logiciel GasMan® se portent sur les 3 AAH suivants : le desflurane, le sévoflurane et l'isoflurane.

Les DGF explorés sont 0,5 L / min, 1 L / min, 5 L / min et 10 L / min.

Pour toutes les simulations, le poids du patient sélectionné est de 70 kilogrammes et le circuit semi-fermé est choisi.

Pour chacun des AAH, les Fd exploitées sont : celle correspondant à 2 CAM de l'halogéné choisi, et la Fd maximale.

Concernant le desflurane, les Fd expérimentées sont donc de 12 et 18 %, celles du sévoflurane sont de 4 et 8 % et pour l'isoflurane de 2 et 5 %.

CAM = 1 correspond à FetDes = 6 pour le desflurane, FetSev = 2 pour le sévoflurane, et FetIso = 1 pour l'isoflurane. Cette valeur de Fet de l'halogéné choisi est représentée sur le logiciel GasMan® par l'abréviation ALV, qui exprime la fraction alvéolaire. Lors des simulations, quand la valeur ALV atteint la Fet cible correspondant à une CAM pour l'agent désigné, l'expérimentation se termine et le temps en minutes pour y arriver est relevé, ainsi que la consommation en litres correspondant.

Une limite de temps de 30 min est déterminée, afin d'être cohérent avec le contexte de relais d'une induction IV. Les valeurs relevées en dehors de cette durée n'apparaissent pas dans les tableaux et graphiques présentant les résultats.

Avec le desflurane, 1 CAM correspond à une FetDes = 6 donc à ALV = 6. Les fractions délivrées expérimentées sont 2 CAM soit 12 % et le maximum d'ouverture de l'évaporateur, soit 18 %. Les modalités recherchées sont donc :

- DGF = 0,5 L / min avec Fd = 12 %
- DGF = 0,5 L / min avec Fd = 18 %
- DGF = 1 L / min avec Fd = 12 %
- DGF = 1 L / min avec Fd = 18 %
- DGF = 5 L / min avec Fd = 12 %
- DGF = 5 L / min avec Fd = 18 %
- DGF = 10 L / min avec Fd = 12 %
- DGF = 10 L / min avec Fd = 18 %

Avec le sévoflurane, 1 CAM correspond à une FetSev = 2 soit ALV = 2 sur le logiciel. Les fractions délivrées testées (VAP % atm sur le logiciel) sont 2 CAM soit 4 % et l'ouverture maximale de l'évaporateur, soit 8 %. Les simulations effectuées sont :

- DGF = 0,5 L / min avec Fd = 4 %
- DGF = 0,5 L / min avec Fd = 8 %
- DGF = 1 L / min avec Fd = 4 %
- DGF = 1 L / min avec Fd = 8 %
- DGF = 5 L / min avec Fd = 4 %
- DGF = 5 L / min avec Fd = 8 %
- DGF = 10 L / min avec Fd = 4 %
- DGF = 10 L / min avec Fd=8 %

Avec l'isoflurane, 1 CAM correspond à FetIso = 1 donc sur le logiciel à ALV = 1. Les fractions délivrées simulées sont donc de 2 % (2 CAM) et 5 % (maximum de l'évaporateur). Les DGF testés sont les mêmes que précédemment, soit :

- DGF = 0,5 L / min avec Fd = 2 %
- DGF = 0,5 L / min avec Fd = 5 %
- DGF = 1 L / min avec Fd = 2 %
- DGF = 1 L / min avec Fd = 5 %
- DGF = 5 L / min avec Fd = 2 %
- DGF = 5 L / min avec Fd = 5%
- DGF = 10 L / min avec Fd = 2 %
- DGF = 10 L / min avec Fd = 5 %

III- RESULTATS

1. Le desflurane

Concernant les différentes simulations décrites auparavant, voici les résultats obtenus pour obtenir une FetDes correspondant à 1 CAM soit 6 %. (Tableau I).

Tableau I: Temps (minutes, secondes) pour obtenir 1 CAM de desflurane selon le DGF et la Fd.

DGF	Fd = 12 %	Fd = 18 %
0,5 L / min	> 30 min	17 min 16 s
1 L / min	15 min 40 s	7 min 52 s
5 L / min	3 min 13 s	1 min 52 s
10 L / min	1 min 54 s	1 min 12 s

Pour une Fd = 12 % et un DGF de 0,5 L / min, le temps pour arriver à une CAM est supérieur à 30 min. Cette valeur n'apparait pas dans la figure 2.

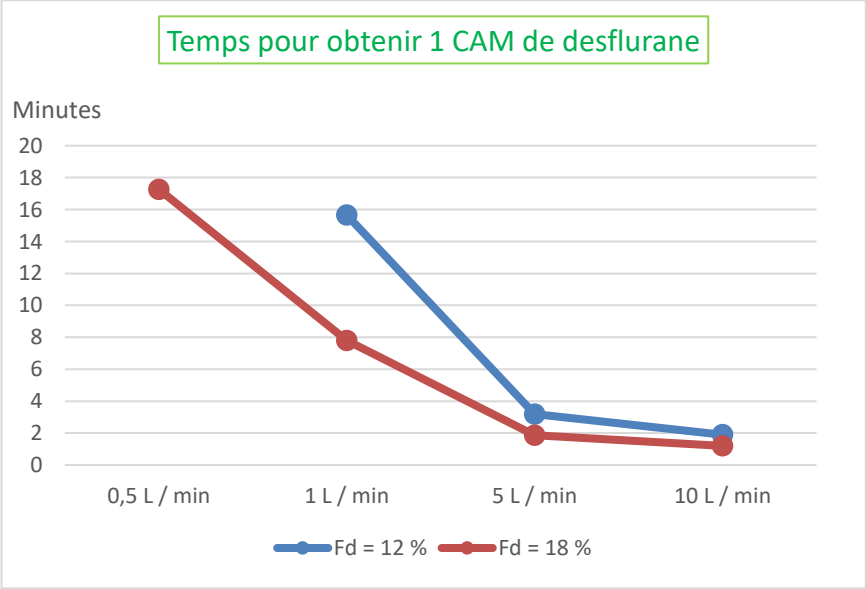


Figure 2: Temps en minutes pour obtenir 1 CAM de desflurane selon le DGF et la Fd.

Dans le tableau II, est représentée la consommation nécessaire de desflurane pour obtenir 1 CAM.

Tableau II: Volumes en Litres de desflurane pour obtenir 1 CAM selon le DGF et la Fd.

DGF	Fd = 12 %	Fd = 18 %
0,5 L / min	-	1,55
1 L / min	1,87	1,4
5 L / min	1,92	1,62
10 L / min	2,28	2,07

Dans la figure 3, sont comparés les volumes nécessaires pour obtenir une CAM de desflurane selon le DGF et la Fd sélectionnés.

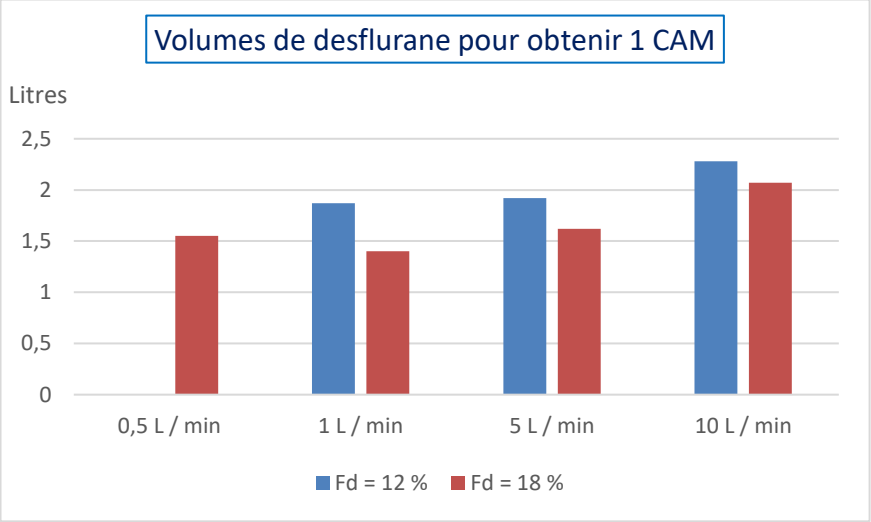


Figure 3: Volumes en Litres pour obtenir 1 CAM de desflurane selon le DGF et la Fd.

2. Le sévoflurane

Voici les résultats concernant le sévoflurane sur le temps nécessaire pour avoir 1 CAM, soit ALV = 2.

Tableau III: Temps (minutes, secondes) pour obtenir 1 CAM de sévoflurane selon le DGF et la Fd.

DGF	Fd = 4 %	Fd = 8 %
0,5 L / min	> 30 min	16 min 36 s
1 L / min	31 min 19 s	7 min 10 s
5 L / min	4 min 42 s	1 min 36 s
10 L / min	2 min 40 s	1 min

Le temps pour une Fd à 4 % avec un DGF de 0,5 L / min étant largement supérieur à 30 min, cette valeur n'apparaît pas dans la figure 3.

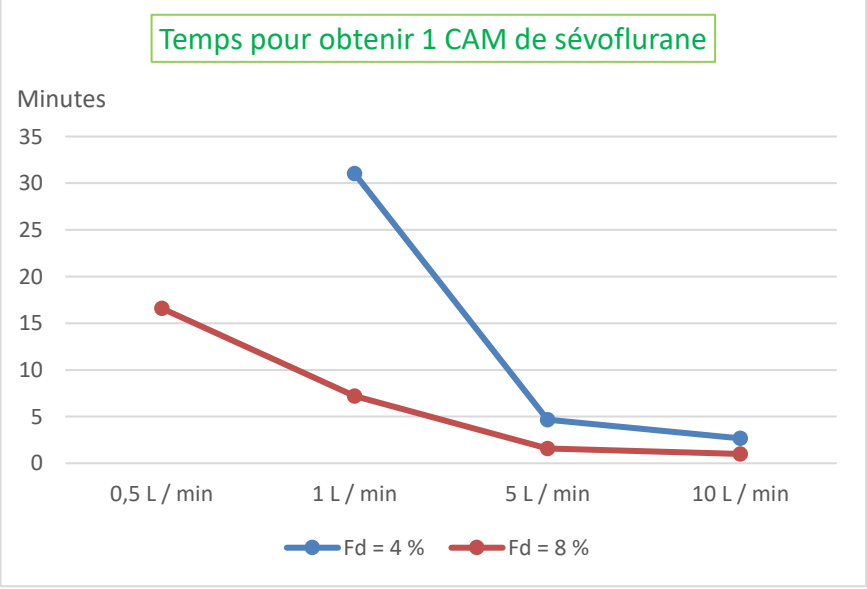


Figure 4: Temps en minutes pour obtenir 1 CAM de sévoflurane selon le DGF et la Fd.

Dans le tableau IV, sont notés les volumes de sévoflurane pour atteindre 1 CAM, selon les réglages choisis.

Tableau IV: Volumes en Litres de sévoflurane pour obtenir 1 CAM selon le DGF et la Fd.

DGF	Fd = 4 %	Fd = 8 %
0,5 L / min	-	0,66
1 L / min	1,25	0,58
5 L / min	0,93	0,64
10 L / min	1,06	0,8

Dans la figure 5, sont représentés les volumes nécessaires pour atteindre 1 CAM de sévoflurane.

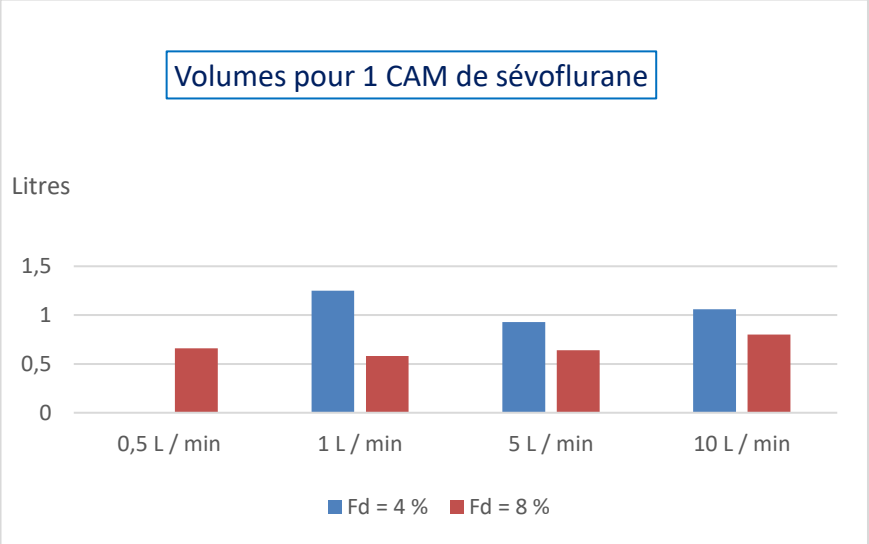


Figure 5: Volumes en Litres pour obtenir 1 CAM de sévoflurane selon le DGF et la Fd.

3. L'isoflurane

Voici les temps obtenus pour obtenir 1 CAM soit ALV = 1 selon les réglages expérimentés pour l'isoflurane.

Tableau V: Temps (minutes, secondes) pour obtenir 1 CAM d'isoflurane selon le DGF et la Fd.

DGF	Fd = 2 %	Fd = 5 %
0,5 L / min	> 30 min	30 min
1 L / min	> 30 min	9 min
5 L / min	10 min 22 s	1 min 48 s
10 L / min	6 min 12 s	1 min

Les temps pour obtenir une Fet = 1, soit 1 CAM d'isoflurane, sont supérieurs à 30 min avec une Fd = 2 % et des DGF de 0,5 L / min et 1 L / min. Ces valeurs n'apparaissent pas dans la figure 6.

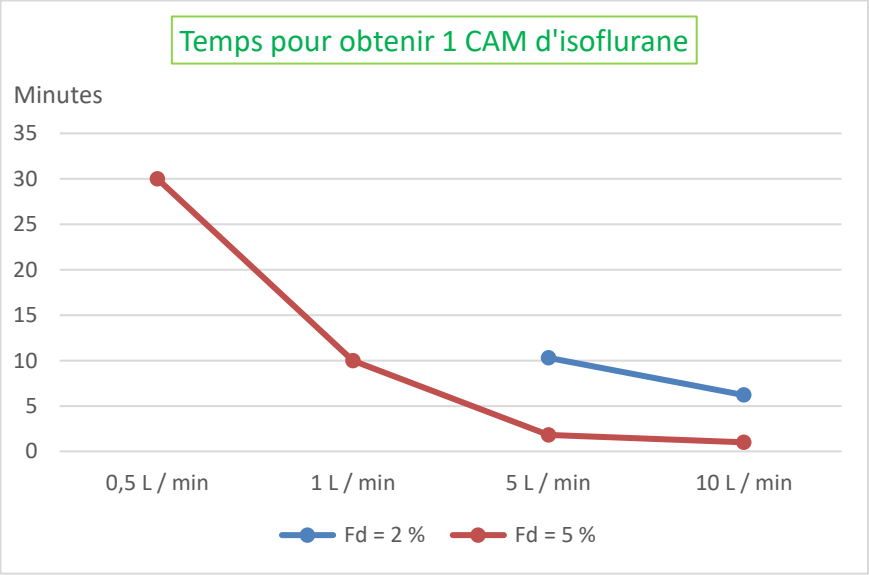


Figure 6: Temps en minutes pour obtenir 1 CAM d'isoflurane selon le DGF et la Fd.

Dans le tableau VI, sont présentés les volumes d'isoflurane nécessaires à l'obtention d'une CAM, selon les simulations demandées.

Tableau VI: Volumes en Litres d'isoflurane pour obtenir 1 CAM selon le DGF et la Fd..

DGF	Fd = 2 %	Fd = 5 %
0,5 L / min	-	0,78
1 L / min	-	0,45
5 L / min	1,03	0,45
10 L / min	1,24	0,5

Dans la figure 7, sont représentés les volumes nécessaires pour atteindre 1 CAM d'isoflurane.

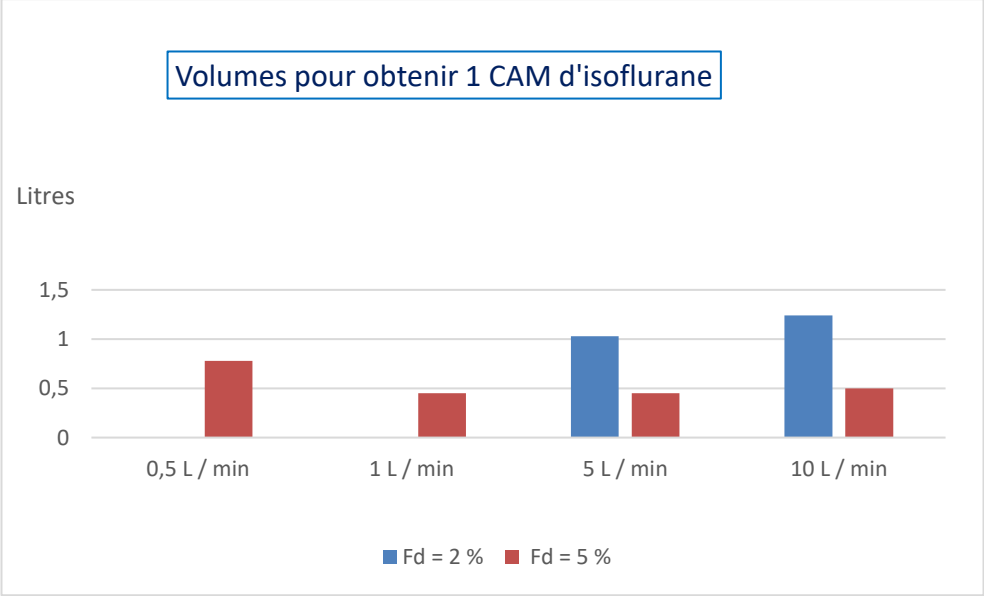


Figure 7: Volumes en Litres pour obtenir 1 CAM d'isoflurane selon le DGF et la Fd.

IV- ANALYSE ET DISCUSSION

1. Analyse

Les tableaux I, III et V montrent que pour les 3 AAH étudiés, une CAM est atteinte entre 7 et 9 minutes avec le réglage suivant : DGF= 1 L / min et Fd maximale.
Ce temps est intéressant en relais d'une induction IV puisque la durée de l'effet hypnotique du propofol, agent anesthésique le plus couramment administré, est d'environ une dizaine de minutes.

Concernant l'isoflurane, un autre réglage est pertinent en termes de temps ; pour une administration, avec un DGF de 5 L / min et une Fd à 2 %, il faut moins de 11 minutes afin d'obtenir 1 CAM, pour une consommation deux fois plus élevée que le réglage précédent (comme le démontre le tableau VI).

A propos des volumes d'AAH, les figures 3, 5 et 7, montrent une consommation plus faible en utilisant une Fd maximale quel que soit le DGF réglé et pour les 3 AAH.

Tableau VII: Gain de consommation du desflurane selon le DGF avec une Fd = 18 % versus Fd = 12 %.

DGF	Litres	Pourcentage
1 L / min	0,47 L	25 %
5 L / min	0,3 L	16 %
10 L / min	0,21 L	9 %

Le tableau VII, ci-dessus montre que pour le desflurane, le gain de consommation le plus important est réalisé avec un DGF de 1 L / min avec une économie de 25 % pour une Fd maximale.

Tableau VIII: Gain de consommation de sévoflurane selon le DGF avec une Fd =8% versus Fd = 4%.

DGF	Litres	Pourcentage
1 L / min	0,67 L	54 %
5 L / min	0,29 L	31 %
10 L / min	0,26 L	25 %

Le tableau VIII montre que pour le sévoflurane, le gain de consommation le plus significatif est réalisé avec un DGF de 1 L /min avec une Fd à 8 %. Cette économie représente 0,67 L soit 54 %.

Tableau IX: Gain de consommation d'isoflurane selon le DGF et Fd = 5% versus Fd = 2%.

DGF	Litres	Pourcentage
5 L / min	0,58 L	56 %
10 L / min	0,74 L	60 %

Pour l'isoflurane, le tableau IX montre un gain de consommation en moyenne de 1,16 L soit 58 % pour une Fd réglée à 5 %. Seuls les DGF de 5 et 10 L / min sont comparables, puisque les simulations avec DGF de 0,5 et 1 L / min et Fd = 2 % sont non pertinents pour ce travail.

Toutefois, le volume de sévoflurane consommé avec un DGF de 1 L / min et Une Fd à 5% reste faible puisqu'il est de 0,45 L.

Pour conclure, deux des trois AAH testés (desflurane et sévoflurane), le gain de consommation est plus important pour un DGF à 1 L / min et une Fd maximale.

Pour relayer une anesthésie induite en intraveineux, par des halogénés, il est suggéré d'utiliser un DGF réglé à 1 L / min avec Fd maximale.

2. Facteurs correctifs

Les résultats obtenus lors des simulations sont à prendre avec précaution puisque les relevés sont faits avec des facteurs constants. Ces simulations sont réalisées en ne modifiant que l'halogéné, le DGF et la Fd.

D'autres facteurs sont à prendre en compte en situation réelle, comme le débit cardiaque (Qc), la ventilation alvéolaire (VA) et le poids du patient. Ces trois facteurs peuvent modifier ces résultats du fait de leurs effets sur la pharmacocinétique des AAH.

La pharmacocinétique des AAH peut être assimilée à un transfert entre différents compartiments de l'organisme, à savoir, pulmonaire, circulatoire et tissulaire.

Dans un premier temps, l'AAH va être administré, via le respirateur, au patient. Il est capté par le poumon, il est donc dépendant de la concentration alvéolaire de l'AAH et de la capacité résiduelle fonctionnelle (CRF) du patient.

Puis, le passage de l'AAH se fait vers le compartiment circulatoire (ou compartiment sanguin), c'est-à-dire, les organes richement vascularisés, dont l'organe cible : le cerveau.

Pour finir, l'AAH passe par le compartiment tissulaire (tissus et muscles) plus faiblement vascularisé. Il est considéré comme un espace de stockage.

« Quel que soit le compartiment considéré, le passage de l'agent va dépendre de la différence entre les deux compartiments de la pression partielle de gaz (rôle de la concentration de gaz), de la solubilité de l'agent dans ce compartiment (effet de coefficient de partage) et du débit sanguin d'organe. (9) ».

Ainsi, il est supposé que le poids du patient influerait peu sur les résultats obtenus lors des simulations d'une durée de 30 minutes. Le tissu graisseux étant peu vascularisé, il entre peu en considération lors de la saturation des organes richement vascularisés, et donc sur l'obtention d'une narcose suffisante.
Cependant, il est à prendre en considération pour l'arrêt de l'anesthésie et le temps nécessaire pour l'élimination de l'AAH et de ses effets.

La CAM varie selon les patients et les conditions observées. Elle varie avec l'âge *« CAM maximale chez le nourrisson entre 1 et 6 mois de 40 à 50% plus élevée que les valeurs adultes puis diminue avec l'âge.* (10) ». L'hypothermie réduit aussi cette CAM. La durée pour obtenir une narcose suffisante sera donc allongée pour les nourrissons et réduite pour une personne âgée ou en hypothermie.

La cinétique d'un halogéné est d'autant plus rapide qu'il est peu soluble dans le sang (λs) et les tissus. C'est notamment le cas du desflurane (λs = 0,42) et du sévoflurane (λs = 0,68) par rapport à l'isoflurane (λs = 1,46)(9). La puissance d'un AAH est déterminée par sa solubilité dans l'huile d'olive (λh). Plus celui-ci est liposoluble plus il est puissant et plus la CAM est faible. Ceci argumente l'utilisation privilégiée du sévoflurane et du desflurane en pratique courante, pour leur délai d'induction et d'élimination plus rapides que l'isoflurane, et justifie une administration longtemps favorisée de desflurane, par rapport au sévoflurane, au CHU de Poitiers.

Les résultats observés lors des simulations sont cohérents puisque pour chacune d'elles, le temps d'obtention d'1 CAM de desflurane est plus court que pour le sévoflurane. Pour autant, ce dernier étant plus puissant, il consomme majoritairement moins de volume pour arriver à 1 CAM.

La pharmacocinétique des AAH explique aussi la durée, largement supérieure à 30 minutes, obtenue avec l'isoflurane, concernant les réglages suivants :

- Fd à 2 % avec DGF à 0,5 L / min
- Fd à 2 % avec DGF à 1 L / min.

Cet AAH possède un coefficient de solubilité dans le sang plus élevé que le desflurane et le sévoflurane. Cela entraîne une captation plus importante et un rapport F_{Alv} / F_I (Concentration alvéolaire / Concentration inspiréé) plus bas, donc un temps pour obtenir une concentration cérébrale adéquate, augmenté.

Pour y remédier, il est nécessaire d'augmenter la concentration d'isoflurane, ce qui signifie que pour des DGF faibles il est impératif d'avoir une Fd maximale pour obtenir 1 CAM en moins de 30 minutes (11).

De la même manière, le Qc influence la cinétique des AAH. Un Qc plus élevé augmente le débit de sang au niveau pulmonaire, la captation d'AAH est donc plus importante et la F_A d'AAH diminue, mais la pression partielle dans le sang est abaissée par rapport à un Qc normal et retarde donc, le temps nécessaire pour obtenir une narcose suffisante au niveau cérébral. L'ascension de la CAM est donc plus lente avec un Qc augmenté.

Enfin, la ventilation alvéolaire joue un rôle dans la cinétique de l'AAH utilisé. « *Plus la ventilation alvéolaire est élevée […] plus vite et plus haut monte la fraction inspirée en AAH et donc la concentration cérébrale.* (12) »*.*

Il est donc nécessaire d'hyperventiler le patient lors de l'administration des AAH avec un volume courant de 6 à 8 ml / kg et une fréquence respiratoire de minimum 12 / min. *« Les normes classiques de ventilation (8ml.kg^{-1} à 12.min^{-1}) correspondent habituellement à une hyperventilation alvéolaire.* (12) »*.*

3. Limites de l'étude

Les limites de cette étude sont liées au fait qu'elle se base sur un outil de simulation. La modélisation de la pharmacocinétique des AAH est pertinente dans cette recherche mais ne prend pas en compte les effets pharmacodynamiques de ceux-ci sur les patients. Les halogénés entraînent des variations hémodynamiques, nécessitant un ajustement de leur administration et entraînant une modification de leur consommation.

Les antécédents des patients ne sont pas pris en compte dans ces modélisations puisque le débit cardiaque, la ventilation alvéolaire et le poids restent inchangés. Or, des patients présentant des pathologies cardio-vasculaires, pulmonaires, etc. auront un débit cardiaque et/ou une ventilation alvéolaire différents entraînant une cinétique modifiée par rapport aux résultats recueillis.

Toutefois cette étude théorique permet d'évaluer un temps d'obtention d'une narcose suffisante et d'en estimer une consommation.

4. Optimisation d'administration

Comme l'étude le suggère, l'administration des AAH serait optimum avec un DGF de 1 L / min et une Fd maximale pour obtenir une narcose suffisante en moins de 10 min. L'induction intraveineuse standard est réalisée majoritairement par administration d'un hypnotique : Propofol® et d'un morphinique.

Les effets du Propofol® durent une dizaine de minutes et l'utilisation d'un morphinique pour une anesthésie balancée, permet de diminuer la CAM et de prolonger les effets du propofol®.

Une fois les voies aériennes sécurisées, par une sonde d'intubation ou un masque laryngé, les AAH avec ce délai estimé à une dizaine de minutes peuvent donc prendre le relais de l'anesthésie IV en limitant les modifications hémodynamiques (et notamment une hypotension) qui pourraient avoir lieu avec un apport trop rapide et concentré en AAH (ce qui est le cas avec un DGF de 5 et 10 L / min et une Fd maximale).

En effet, l'ouverture du DGF et de la Fd accélère l'équilibration, bien qu'il soit indispensable que le premier soit refermé rapidement pour éviter un surdosage (13).

De plus, l'utilisation d'un circuit ouvert augmente considérablement la consommation d'AAH et est donc peu conseillé dans une démarche écologique et économique (14).

Afin d'être plus optimal, il serait judicieux de coupler cette méthode d'administration avec l'utilisation d'un index bispectral qui monitore la profondeur d'anesthésie.

Comme expliqué précédemment, la notion de CAM est purement théorique et varie d'un patient à un autre.

Ce paramètre permet à l'utilisateur d'ajuster l'administration des produits d'anesthésie en fonction des besoins du patient et limite le surdosage.

Enfin, pour rester dans une logique d'ajustement de consommation et d'administration des AAH, une fois la CAM la plus adaptée pour le patient atteinte, une fermeture du circuit à un DGF de 0,5 L / min et un ajustement de l'ouverture de l'évaporateur pour une Fd permettant le maintien de cette CAM sont à effectuer. Cette méthode permettrait une administration optimale pour l'entretien d'une anesthésie par AAH selon l'étude menée expérimentalement par Mr Bachet en 2023 (2).

Les AAH restent des agents anesthésiques de qualité, fiables et maniables. Il serait dommage de s'en séparer pour des raisons écologiques et économiques. Une utilisation réfléchie et raisonnée (15) est à prendre en compte pour œuvrer à faire diminuer la pollution atmosphérique par les gaz à effet de serre (16).

V- Conclusion

Cette étude montre que pour chacun des AAH expérimentés (desflurane, sévoflurane et isoflurane), la fraction expirée, correspondant à 1 CAM, est obtenue en moins de 9 minutes pour un débit de gaz frais égal à 1 L / min associé à une fraction délivrée maximale.

L'administration d'un AAH avec une fraction délivrée maximale montre une baisse de la consommation de l'halogéné utilisé quel que soit l'AAH choisi et le débit de gaz frais sélectionné, car l'obtention de l'objectif recherché est plus rapide.

Enfin, ces résultats proviennent d'une recherche purement théorique permettant une prise de conscience et une réflexion sur nos pratiques professionnelles. Le réglage du débit de gaz frais et de la fraction délivrée lors de l'administration des halogénés ont un impact sur leur consommation. Leur optimisation est un enjeu majeur pour une utilisation adaptée aux patients et raisonnée pour un enjeu environnemental et économique.

BIBLIOGRAPHIE

1. Quénet E, Weil G, Billard V. Optimisation de l'administration des agents anesthésiques inhalés : débit de gaz frais ou fraction délivrée ? Ann Fr Anesth Réanim. 2008 ; 27 : 900-8.
2. Bachet G. Influence du débit de gaz frais sur la consommation d'agents halogénés en anesthésie. 2023. 24
3. Albrecht E. Anesthésiques par inhalation. Manuel pratique d'anesthésie. 2015, 784 : 59-69
4. Levionnois O, Holopherne D. Fonctionnement et utilisation des appareils d'anesthésie volatile. Pratique vétérinaire équine.2010 ; 42 : 1-7.
5. Feldman JM. Managing Fresh Gas Flow to Reduce Environmental Contamination. Anesth Analg. 2012 ; 114(5):1093.
6. Epstein RH, Dexter F, Maguire DP, Agarwalla NK, Gratch DM. Economic and environmental considerations during low fresh gas flow volatile agent Aadministration after change to a nonreactive carbon dioxide absorbent. Anesth Analg 2016 ; 122(4): 996-1006.
7. Debaene B. Les halogénés. Sfar; 2011.
8. Manuel de l'utilisateur, Gas Man®.pdf.
9. Odin I, Nathan N. Anesthésiques halogénés. Anesthésie-Réanimation, EMC 2011, 1-21
10. Deriaz H, Murat I. Agents halogénés et protoxyde d'azote. Anesthésie Réanimation Chirurgicale. 1996, 1828 : 203-212.
11. Edmond I, Eger I. Captation et distribution. Anesthésie 1996, 788 : 101-23.
12. Deriaz H, Lienhart A. Modalités d'administration de l'isoflurane. L'isoflurane 1988, 315 : 60-80.
13. Billard V. Optimisation de l'administration des halogénés. JLAR 2015 :1-5.
14. Taconet C, Deryckere S, Bonnet L. Gestion écoresponsable des vapeurs anesthésiques. Anesth Réanimation 2024 ; 10(2) : 99-104.
15. Matezak MP, Pauchard JC, Guerquin L, Billard V, Muret J. Halogenated anesthetics choice and management can decrease environmental impact and improve the benefits. 2018.

16. Ecoffey C. Développement durable et anesthésie : enquête de pratique sur l'utilisation des gaz halogénés et du protoxyde d'azote en France en 2018. Anesth Réanimation. 2019 ; 5(2) : 110-1.

UE 7 - MEMOIRE PROFESSIONNEL

En vue de l'obtention du diplôme d'Etat d'infirmier anesthésiste

2020-2022

OPTIMISATION DE CONSOMMATION D'AGENTS HALOGÉNÉS POUR OBTENIR UNE NARCOSE SUFFISANTE SELON LE DÉBIT DE GAZ FRAIS ET DE LA FRACTION DELIVRÉE.

INTRODUCTION : Lors d'une anesthésie générale (AG), l'administration d'agents anesthésiques halogénés (AAH) est souvent réalisée en relais d'une induction intraveineuse. Dans un contexte d'écologie, de pollution atmosphérique par les gaz à effet de serre et économique, est-il possible d'optimiser l'utilisation des AAH ?

OBJECTIF DE L'ÉTUDE : L'objectif de cette étude est de mesurer expérimentalement, le temps et la consommation d'AAH, nécessaires pour obtenir une narcose suffisante, selon les réglages du débit de gaz frais (DGF) et de la fraction délivrée (Fd).

MÉTHODOLOGIE : Afin d'observer le temps et la consommation d'AAH nécessaires pour obtenir 1 CAM, selon le DGF et la Fd choisis, l'étude a été réalisée avec le simulateur d'anesthésie GasMan®. Ces simulations sont observées sur une durée de 30 minutes, pour un poids de 70 kg. Les DGF réglés étaient 0,5 L / min, 1 L / min, 5 L / min et 10 L / min. Pour chacun des DGF, une Fd équivalente à 2 CAM et une Fd maximale de l'AAH choisi, ont été expérimentées.

RÉSULTATS : Cette étude a mis en évidence que pour un DGF à 1 L / min et une Fd maximale d'AAH le temps pour obtenir 1 CAM est inférieure à 10 minutes pour une consommation d'AAH optimisée.

DISCUSSION : Ces résultats sont expérimentaux. Plusieurs facteurs correctifs peuvent les modifier tels que la ventilation alvéolaire, le débit cardiaque, le poids et l'âge du patient.

CONCLUSION : En relais d'une induction intraveineuse, l'utilisation d'un DGF de 1 L / min avec une Fd maximale de l'AAH administré permet d'obtenir une narcose suffisante en moins de 10 minutes avec une consommation réduite. Une évolution des pratiques professionnelles est espérée afin de maintenir l'utilisation des AAH de manière raisonnée, dans un souci d'écologie et économie.

Mots clés : Agent anesthésique halogéné, débit de gaz frais, fraction délivrée, concentration alvéolaire minimale, consommation, durée.

Auteur : Mme Mally NOEUNG

Directeur de mémoire : Professeur Bertrand DEBAENE

Ecole d'Infirmier(e)s Anesthésistes Diplômé(e)s d'Etat

PROFESSIONAL DISSERTATION

To obtain the National Diploma in Anaesthetic Nursing

2020-2022

WHICH SETTINGS TO OPTIMIZE HALOGENATED ANESTHETIC AGENTS CONSUMPTION TO ACHIEVE SUFFICIENT NARCOSIS DEPENDING ON FRESH GAS FLOW RATE AND DELIVERED FRACTION.

INTRODUCTION: During general anesthesia (GA), halogenated anesthetic agents (HAA) are often used following intravenous induction. Given the ecological concerns, atmospheric pollution by greenhouse gases, and economic considerations, it is crucial to optimize the use of volatile anesthetics.

STUDY OBJECTIVE: This study aims to experimentally measure the time and consumption of HAA required to achieve sufficient narcosis, depending on the settings for fresh gas flow (FGF) and delivered fraction (Fd).

METHODOLOGY: The study used the GasMan® anesthesia simulator to measure the time and HAA consumption required to achieve a target end-tidal fraction (Fet) equal to one minimal alveolar concentration (MAC), based on the chosen FGF and Fd. The simulations were conducted over a 30-minute period for a subject weight of 70 kg. The FGF set were 0,5 L / min, 1L / min, 5 L / min and 10 L / min. For each FGF, a Fd equivalent to 2 MAC and a maximum Fd of the chosen agent were tested.

RESULTS: The study demonstrated that with an FGF of 1 L / min and a maximum of Fd of inhaled anesthetics, the time to achieve 1 MAC is less than 10 minutes, optimizing agent consumption.

DISCUSSION: These results are experimental. Several corrective factors may affect the outcomes such as alveolar ventilation, cardiac output, patient weight and age.

CONCLUSION: Following intravenous induction, using an FGF of 1L / min with a maximal Fd of the inhaled anesthetics allows for achieving sufficient narcosis in less than 10 minutes with reduced consumption. It is hoped that professional practices will evolve to maintain the use of volatile agents in an ecologically and economically responsible manner.

KEYWORDS : halogenated anesthetic agent, fresh gas flow, delivered fraction, minimal alveolar concentration, consumption, time.

AUTHOR : Mally NOEUNG

SUPERVISOR : Professor Bertrand DEBAENE