

53^e congrès national d'anesthésie et de réanimation
Médecins. Conférence d'actualisation
© 2011 Sfar. Tous droits réservés.

Curarisation, monitoring et décurarisation

F. Donati^{1,*}, B. Plaud²

¹ *Professeur, Département d'anesthésiologie, Hôpital Maisonneuve-Rosemont et Université de Montréal, 5415, boulevard de l'Assomption, Montréal, Québec, Canada*

² *Université Paris Est Créteil et service d'anesthésie, réanimation chirurgicale, Samu94-Smur, Groupe Hospitalier et Universitaire Albert Chenevier – Henri-Mondor, 51 avenue du MI de-Lattre-de-Tassigny, 94000 Créteil, France*

*Auteur correspondant : francois.donati@umontreal.ca

Montréal, Québec, Canada H1T 2M4

Déclaration d'intérêt. Benoît Plaud a participé au développement clinique du sugammadex en tant que co-investigateur de deux essais thérapeutiques de phase 2B commandités par MSD™ Hollande. Il donne des conférences et est consultant pour la société Schering-Plough™ France qui commercialise le sugammadex (Bridion®).

POINTS ESSENTIELS

- Les curares bloquent la transmission à la jonction neuromusculaire des muscles squelettiques, dont celle des muscles du système respiratoire.
- L'effet d'un curare varie d'un muscle à l'autre. Les muscles assurant la perméabilité des voies aériennes supérieures sont particulièrement sensibles aux curares.
- Le train-de-quatre à l'adducteur du pouce est la modalité de monitoring standard et le rapport de la quatrième à la première réponse (T4/T1) est une mesure de la profondeur de la curarisation.

- Pendant la chirurgie, l'objectif visé est 0 à 2 réponses visibles au train-de-quatre. Le décompte post-tétanique (PTC) permet d'évaluer des curarisations plus profondes.
- La néostigmine accélère la décurarisation produite par tous les curares non dépolarisants. La néostigmine s'administre lorsque quatre réponses sont visibles.
- Le sugammadex accélère la décurarisation produite par le rocuronium et le vécuronium. Le sugammadex est efficace quel que soit le niveau de curarisation, mais la dose doit être augmentée selon la profondeur de la curarisation.
- Un rapport $T4/T1 > 0,9$ correspond à une décurarisation complète.
- Un épuisement (*fade*) ne peut être détecté de façon visuelle ou tactile si le rapport $T4/T1 > 0,4$.
- Une détection fiable de la décurarisation ne peut se faire qu'avec un instrument de mesure (accéléromyographie ou déplacement).

INTRODUCTION

Le monitoring de la curarisation a fait son apparition dès les années 1950. À cette époque, son utilité première était le diagnostic rapide des cas d'apnée prolongée suite à l'administration de succinylcholine. La stimulation électrique d'un nerf et l'observation de la contraction du muscle correspondant permettaient de déterminer si l'absence de respiration spontanée était le résultat d'une anesthésie trop profonde ou la conséquence qu'une anomalie génétique de la cholinestérase plasmatique, l'enzyme qui métabolise la succinylcholine. Il n'y avait pas lieu alors de définir précisément les modalités de stimulation (unique, répétée ou tétranique), puisque la réponse était soit présente, soit absente. Le monitoring de la curarisation a toutefois connu son envol avec la description du train-de-quatre au début des années 1970 [1]. Cette technique, applicable aux curares non dépolarisants, permettait non seulement de détecter la présence de curarisation, mais d'en mesurer la profondeur. En effet, le nombre de réponses visibles suite à une stimulation en train-de-quatre permet d'évaluer le niveau de curarisation pendant la chirurgie et le rapport de l'intensité de la quatrième réponse à celle de la première réponse donne une indication fiable du degré de décurarisation. Au cours des dernières

décennies, les modalités de stimulation ont été complétées par le décompte post-tétanique (post-tetanic count ou PTC) pour la curarisation profonde et par le « double burst stimulation » (DBS) pour la décurarisation [2]. Il n'en reste pas moins que le train-de-quatre est resté la méthode de référence pour décrire la profondeur de la curarisation.

Malgré la simplicité de la technique, le monitoring de la curarisation n'a pas connu l'engouement observé pour d'autres types de monitoring, comme l'oxymétrie de pouls. En effet, un récent sondage auprès d'anesthésistes en Europe et aux États-Unis a révélé que le monitoring de la curarisation n'était pas une pratique adoptée universellement [3]. Cette situation est probablement attribuable à des problèmes de mesure, d'une part, et d'interprétation, d'autre part, dont les paramètres ont été clarifiés au cours des dernières années [4]. Les renseignements fournis par le monitoring dépendent de l'appareil qui mesure la réponse : l'évaluation visuelle et tactile, aussi appelée subjective, est moins performante que l'évaluation mesurée par un appareil, ou quantitative ou objective. Enfin, les critères de récupération ont été resserrés au cours des dernières années : alors qu'auparavant on considérait un rapport $T4/T1 > 0,7$ comme suffisant, on reconnaît maintenant qu'une décurarisation complète ne peut être garantie que si $T4/T1 > 0,9$, notamment en raison de la fragilité particulière des muscles des voies aériennes supérieures [4].

Cette conférence d'actualisation passera donc en revue les techniques de monitoring, les méthodes de mesure, leur interprétation, et l'influence possible du monitoring sur la morbidité, voire la mortalité, postopératoire. Enfin, une approche systématique à la curarisation et à la décurarisation sera proposée.

TECHNIQUES DE MONITORAGE

Choix du site

Le principe du monitoring est de stimuler un nerf et de mesurer la contraction d'un muscle correspondant afin d'évaluer l'état de la jonction neuromusculaire. En principe, n'importe quel nerf moteur peut être stimulé. Toutefois, il faut comprendre que tous les muscles n'ont pas la même sensibilité aux curares. Par exemple, la réponse du sourcilier

suite à la stimulation du nerf facial récupère plus précocement que celle de l'adducteur du pouce suite à une stimulation du nerf ulnaire [5]. De même, des mouvements du diaphragme peuvent s'observer pendant la chirurgie, alors qu'il n'y a aucune réponse de l'adducteur du pouce au train-de-quatre appliqué au nerf ulnaire, parce que le diaphragme est plus résistant à l'effet des curares non dépolarisants que l'adducteur du pouce. L'anesthésiste doit donc tenir compte de ces différences pour interpréter correctement les données fournies par le monitoring. Il faut aussi préciser ici le site de monitoring qui prévaudra pour le reste de l'article, soit une stimulation du nerf ulnaire et la mesure de la contraction de l'adducteur du pouce. En effet, ce couple nerf-muscle est souvent accessible en pratique et il est devenu le standard auquel toutes les autres mesures se comparent.

Modalités de stimulation

Le *train-de-quatre* (quatre impulsions séparées de 0,5 seconde) est la modalité standard. Le « *double burst stimulation* » (DBS) (deux groupes de trois impulsions à 50 Hz séparés de 750 ms) couvre la même plage de profondeur de curarisation que le train-de-quatre, mais donne une meilleure évaluation qualitative de la curarisation résiduelle (meilleure sensibilité). Le *tétanos à 50 Hz* pendant 5 secondes a une utilité à peu près superposable au train-de-quatre; son créneau d'utilisation est donc très restreint. Le *tétanos à 100 Hz* pendant 5 secondes donne une bonne évaluation qualitative de la curarisation résiduelle. Le *décompte post-tétanique* (PTC), qui comprend une stimulation à 50 Hz pendant 5 secondes, suivie, après un intervalle de 3 secondes, d'une stimulation à 1 Hz (une impulsion unique toutes les secondes). Le PTC est utile dans les cas de curarisation profonde. Le *tétanos 50* et *100 Hz*, de même que le PTC sont des stimulations douloureuses et ne s'utilisent que chez un patient ayant un niveau d'anesthésie adapté. À l'inverse, le *train-de-quatre* et le DBS, bien que désagréables, sont peu douloureux et peuvent ainsi être appliqués chez un patient éveillé.

Évaluation qualitative

Avec toutes les modalités de stimulation, la réponse du muscle peut s'évaluer avec son sens du toucher ou de la vue. Il s'agit d'une évaluation dite qualitative ou subjective. Pour le train-de-quatre, cette évaluation vise : 1) à déterminer s'il y a au moins une réponse; 2) si oui, compter le nombre de réponses; et 3) s'il y a quatre réponses, déterminer si elles vont en décroissant ou si elles apparaissent égales. Pour le DBS et le téтанos, s'il y a une réponse présente, son caractère soutenu ou non est évalué. Pour le PTC, le nombre de réponses suite à la stimulation de 1 Hz est simplement compté. Toutes les modalités peuvent s'accompagner d'une mesure de la force musculaire (mécanomyographie), qui donne un résultat beaucoup plus précis que l'évaluation qualitative. Toutefois, il n'existe pas d'appareil de mécanomyographie disponible en clinique.

Interprétation des mesures qualitatives

Le décompte visuel ou tactile des réponses à la stimulation en train-de-quatre ou en PTC reflète bien le décompte réalisé par la mécanomyographie. Le monitoring qualitatif est donc adéquat pour le maintien de l'anesthésie et pour estimer le degré de récupération avant la décurarisation pharmacologique. En revanche, la détection de l'épuisement (fade) est à peu près impossible lorsque la valeur mesurée du $T4/T1$ est $> 0,4$ [2,4]. L'évaluation visuelle ou tactile de la réponse au train-de-quatre est donc inadaptée pour s'assurer d'une décurarisation suffisante, qui survient normalement à $T4/T1 = 0,9$ [4]. Ainsi, avec cette évaluation qualitative, il existe une zone d'incertitude importante entre $T4/T1 = 0,4$ et $T4/T1 = 0,9$. Le DBS est plus sensible, car l'épuisement se détecte lorsque le rapport $T4/T1$ est $0,6$ [2], mais toujours sous la valeur critique de $0,9$. Contrairement à une idée largement répandue, le téтанos à 50 Hz n'est pas plus sensible que le train-de-quatre : la réponse apparaît soutenue même à des valeurs de $T4/T1$ proche de $0,4$, tout comme le train-de-quatre [2]. Toutefois, avec une stimulation à 100 Hz, un épuisement peut être détecté jusqu'à des valeurs de $T4/T1$ de $0,8$ à $0,9$ [2].

Évaluation quantitative

La mécanomyographie fournit une mesure précise de la profondeur de la curarisation, mais ces appareils, coûteux et encombrants, ne sont pas disponibles sur le marché. D'autres instruments, qui mesurent l'activité électrique du muscle (électromyographie), le son qu'il produit (phonomyographie), son déplacement (cinémyographie) ou l'accélération de son mouvement (accéléromyographie), ont été développés. Parmi ceux-ci seuls les capteurs d'accélération [6] et de déplacement [7] sont disponibles à grande échelle. Avec ces appareils, le DBS et les stimulations téaniques n'ont aucune place, puisque la mesure de $T4/T1$ est précise, même pour les valeurs de $T4/T1$ entre 0,4 et 0,9, là où les autres modalités ont normalement leur intérêt. En revanche, le PTC est encore utile avec un monitoring quantitatif. Le déplacement est mesuré par une bande semi-rigide fixée entre le pouce et l'index. Le nombre de réponses s'affiche sur l'écran et lorsqu'il y a quatre réponses, la valeur du rapport $T4/T1$ apparaît. Le nombre de réponses au PTC est aussi affiché. L'accélération se mesure avec l'aide d'un petit capteur fixé sur la partie distale et ventrale du pouce. Le pouce doit pouvoir bouger librement. L'accéléromètre affiche les mêmes variables que le capteur de déplacement.

Interprétation des mesures quantitatives

Les appareils de mesure n'ont pas d'avantage sur l'évaluation manuelle ou tactile lorsque la curarisation est de modérée à profonde. Toutefois, ils sont beaucoup plus précis dans l'évaluation de la récupération, notamment lorsque $T4/T1 > 0,4$. Il faut toutefois se rappeler que les valeurs mesurées de $T4/T1$ avec l'accélérométrie dépassent souvent 1,0, de sorte que certains auteurs ont recommandé que le seuil fixé pour une décurarisation complète avec cet appareil soit de 1,0 au lieu de 0,9 [4]. Le capteur de déplacement n'a pas ce désavantage, mais n'a pas été validé sur de grandes séries de patients. Les appareils de mesure quantitatifs sont fragiles et sont sujets à des bris; leur bon fonctionnement doit être vérifié en s'assurant de la correspondance avec le monitoring qualitatif.

CURARISATION : SI OUI, COMBIEN?

Indications de curarisation

Les curares sont utilisés pour faciliter l'intubation trachéale, le geste chirurgical et la ventilation mécanique. Il existe de nombreuses études démontrant de meilleures conditions d'intubation avec l'administration préalable de curare. La curarisation diminue aussi l'incidence et la sévérité des maux de gorge en période postopératoire. En revanche, peu d'études ont eu pour objectif de déterminer le rôle de la curarisation sur le geste chirurgical, mais toutes ces études ont fait état de meilleures conditions pour la chirurgie avec des curares. Quant à la ventilation mécanique, les données chez les patients de chirurgie n'existent pas et il serait surprenant que ces patients, la plupart avec des poumons sains, soient améliorés par une curarisation. Toutefois, il est intéressant de noter que chez les patients ventilés atteints d'un syndrome de détresse respiratoire aiguë de l'adulte, la curarisation améliore la survie [8]. La pertinence de cette observation pour les patients sans maladie pulmonaire ventilés en salle d'opération n'est pas évidente.

Profondeur de la curarisation

Les besoins en curare dépendent du type de chirurgie, du patient et de l'évolution de l'intervention. Ainsi, les curares sont couramment administrés en chirurgie laparoscopique, en chirurgie digestive, en chirurgie thoracique et en neurochirurgie, alors qu'ils sont moins nécessaires en chirurgie superficielle. Certains patients, notamment les obèses, doivent être curarisés profondément. La curarisation doit être particulièrement profonde pour l'intubation trachéale, l'incision et parfois la fermeture. Dans la plupart des cas, le niveau de curarisation doit être maintenu entre 0 et 2 réponses visibles au train-de-quatre. Toutefois, une curarisation plus profonde (PTC 1-2) est souvent nécessaire, et en revanche, certaines interventions peuvent très bien se réaliser avec 4 réponses visibles au train-de-quatre. Il faut toutefois prévoir une curarisation suffisante pour le moment le plus critique d'une intervention donnée. Par exemple, il n'est pas nécessaire de priver le patient de curare en milieu d'intervention s'il est nécessaire d'en donner de nouveau pour la fermeture pariétale.

DÉCURARISATION

Décurarisation spontanée

Une curarisation résiduelle significative peut survenir si le ratio $T4/T1 < 0,9$ [4]. Il est donc illusoire de penser que tous les patients atteindront ce niveau grâce à l'élimination spontanée du curare, à moins de prévoir une ventilation mécanique systématique en salle de surveillance post-interventionnelle (SSPI). En effet, il faut normalement de 30 à 60 min pour passer d'une curarisation chirurgicale (1-2 réponses visibles) en cas d'utilisation d'un curare à durée d'action intermédiaire et certains individus se retrouvent à l'extérieur de ces marges. En l'absence de monitoring, le temps écoulé depuis la dernière dose n'est pas garant d'une décurarisation. En effet, même après 4 h, certains individus présentent une curarisation résiduelle [9]. La décision de ne pas décurariser doit se fonder sur (1) une mesure quantitative du ratio $T4/T1$ avec l'extubation ou (2) un suivi rigoureux de l'évolution de la décurarisation depuis l'injection du curare.

Néostigmine

Les anticholinestérasiques, dont la néostigmine, accélèrent la décurarisation spontanée en augmentant la concentration du neurotransmetteur, l'acétylcholine, à la jonction neuromusculaire. Le mécanisme d'action est indirect et il existe un effet plafond, sorte que la néostigmine atteint son maximum d'efficacité à des doses de 40-50 $\mu\text{g}/\text{kg}$ et qu'une dose plus élevée n'aura pas un effet décurarisant plus marqué. Pour atteindre un niveau de $T4/T1 > 0,9$ en 10-15 min, il faut une décurarisation spontanée correspondant à 4 réponses visibles. Auparavant il était recommandé d'attendre 2 réponses visibles au train-de-quatre pour une décurarisation à la néostigmine, mais c'était en prenant $T4/T1 > 0,7$ comme cible à atteindre. Il est maintenant reconnu que les voies aériennes supérieures sont atteintes de façon marquée jusqu'à des valeurs de $T4/T1$ de 0,9 [10]. Ainsi, une décurarisation prudente à la néostigmine s'effectue seulement lorsque 4 réponses au train-de-quatre sont observées [4] (**Tableau 1**). La détection de ce seuil peut se faire de façon fiable avec un monitoring qualitatif. Même avec la disponibilité du

sugammadex, la néostigmine n'est pas une molécule désuète. Rappelons ici que la néostigmine est efficace quel que soit le curare non dépolarisant utilisé (benzylisoquinoline ou stéroïdien), que la recurarisation est rarissime avec son utilisation et que son coût est abordable.

Tableau I.- Stratégie de décurarisation en fin d'intervention.

Évaluation visuelle ou tactile	Autres données	Avec n'importe quel curare non dépolarisant	Avec rocuronium ou vécuronium seulement
0	PTC = 0 (qualitatif ou quantitatif)	Ventiler patient, attendre un nombre de réponses = 4	Sugammadex 8-16 mg/kg
0	PTC ≥ 1 (qualitatif ou quantitatif)	Ventiler patient, attendre un nombre de réponses = 4	Sugammadex 4 mg/kg
1-3		Ventiler patient, attendre un nombre de réponses = 4	Sugammadex 2 mg/kg
4 réponses décroissantes	T4/T1 < 0,4 (quantitatif)	Néostigmine, 0,04-0,05 mg/kg	Sugammadex 2 mg/kg *
4 réponses égales	0,4 ≤ T4/T1 < 0,9 (quantitatif)	Néostigmine, 0,02-0,04 mg/kg	Sugammadex > 0,2 mg/kg *
4 réponses égales	T4/T1 ≥ 0,9 (quantitatif)	Pas de décurarisation nécessaire, extubation	Pas de décurarisation nécessaire, extubation

PTC : décompte post-tétanique ou « Post-tetanic count ». Le PTC consiste en une stimulation à 50 Hz pendant 5 secondes, suivie de stimulations à 1 Hz. On dénombre les réponses détectées à la stimulation à 1 Hz.

Qualitatif : estimé avec la vue ou le toucher; quantitatif : mesuré avec un instrument.

T4/T1 : ratio de la quatrième réponse à la première réponse à la suite d'une stimulation en train-de-quatre (4 stimulations à 2 Hz).

*Les doses de sugammadex pour ces situations sont approximatives. Il n'y a pas de données cliniques pour ces situations.

Sugammadex comme sauvetage

Certains auteurs ont annoncé l'obsolescence du monitoring avec l'arrivée du sugammadex. En principe, il est possible de curariser avec des doses massives de rocuronium ou de vécuronium, en comptant sur des doses élevées de sugammadex pour la décurarisation. Cette approche ne saurait être envisagée sereinement pour les cas d'intubation difficile. Le sugammadex, à la dose de 16 mg/kg, donné après 1,2 mg/kg de rocuronium, produit une curarisation de plus courte durée que ne le fait une dose unique de 1 mg/kg de succinylcholine, mais en pratique, la situation pourrait être plus compliquée surtout si le scénario n'est pas anticipé. En effet, une simulation a permis de mettre en évidence des délais additionnels pour reconnaître la situation, aller chercher le sugammadex et administrer la bonne dose [11]. En pratique, il faut aussi tenir compte de la durée d'action des hypnotiques et des morphiniques administrés, et composer avec les effets parfois traumatiques d'essais de laryngoscopie indirecte répétés.

Sugammadex pour la décurarisation

Les études cliniques sur le sugammadex indiquent toutes une forte relation dose-effet. Plus la dose de sugammadex augmente, plus le nombre de molécules de rocuronium ou de vécuronium lié est important et plus la décurarisation est rapide et complète. À partir d'une certaine dose, l'efficacité du sugammadex est limitée par le temps de circulation, de sorte qu'en pratique il est rare d'atteindre une décurarisation en moins de 2 min. D'autre part, le niveau de curarisation est important. Alors qu'en situation de sauvetage il faut 16 mg/kg de sugammadex pour décurariser, la dose recommandée est de 4 mg/kg pour une curarisation correspondant à un PTC de 1-2 et de 2 mg/kg pour une décurarisation effectuée lorsque 2 réponses au train-de-quatre sont visibles [12]. Il est donc important de mesurer le niveau de curarisation pour pouvoir adapter la dose de sugammadex à la situation. Ces doses s'appliquent aussi bien pour le vécuronium que pour le rocuronium. Il n'y a pas d'inconvénients à donner une dose excessive de sugammadex, si ce n'est le coût excessif que cette pratique entraîne et la plus grande

difficulté de recurarisation si une intervention urgente est nécessaire dans les minutes ou les heures qui suivent. Cette hypothèse a été récemment testée chez le volontaire sain. Ces sujets ont reçu au départ une dose unique de rocuronium (0,6 mg/kg), suivie de sugammadex 4 mg/kg administrés à un PTC de 1-2. Une nouvelle dose de rocuronium 1,2 mg/kg était administrée entre 5 et 60 min après le sugammadex. Les auteurs montraient que le délai d'action de la seconde dose de rocuronium était augmenté, et ce jusqu'à 25 min après l'administration initiale de sugammadex : 3,09 min avant 25 min contre 1,73 min après 25 min [13]. Ainsi, la mention « *en cas de nécessité d'administrer de nouveau du rocuronium ou du vécuronium, il est recommandé de respecter un délai de 24 heures* », figurant dans la monographie du sugammadex est probablement à réévaluer. En revanche, l'utilisation d'une dose insuffisante de sugammadex peut mener à une recurarisation après quelques minutes. Dans les essais cliniques, des cas où le ratio T4/T1 a tout d'abord augmenté, puis diminué, au cours des 20-30 min suivant l'injection de sugammadex ont été observés. Cette situation s'est produite lorsque la dose de sugammadex était trop faible considérant le niveau de curarisation [12]. Ce phénomène survient parce que le sugammadex se lie tout d'abord aux molécules de rocuronium les plus accessibles, soit celles qui sont près du compartiment intravasculaire, ce qui inclut celles qui se trouvent à la jonction neuromusculaire. Ensuite, intervient une redistribution du rocuronium qui revient des compartiments périphériques vers les compartiments centraux. Si le sugammadex est présent en faible quantité, il n'en restera plus pour se lier à cette deuxième vague de rocuronium, qui aura tout le loisir d'occuper les récepteurs à la jonction neuromusculaire. Un monitoring comportant une évaluation visuelle ou tactile de la réponse au PTC et au train-de-quatre permet donc d'adapter les doses et de réduire les coûts. Une valeur quantitative du T4/T1 > 0,9 de 2 à 5 min après l'administration de sugammadex n'est toutefois pas garante d'une décurarisation soutenue. Rappelons qu'il n'y a pas de recommandation spécifique pour la dose de sugammadex à 4 réponses visibles, qu'elles apparaissent égales ou non. Dans cette dernière situation, la néostigmine a démontré son efficacité même si son délai d'action est plus lent.

CURARISATION RÉSIDUELLE : MORBIDITÉ ET MORTALITÉ

Physiologie

Les curares bloquent la transmission au niveau de la jonction neuromusculaire des muscles squelettiques et ont donc des effets marqués sur le système respiratoire. Le diaphragme est toutefois résistant aux effets des curares non dépolarisants, tout comme le sont d'ailleurs les muscles adducteurs des cordes vocales. Ainsi, une curarisation profonde est nécessaire, correspondant à aucune réponse au train-de-quatre et à un PTC 1-2 à l'adducteur du pouce, pour empêcher les mouvements diaphragmatiques ou pour prévenir l'adduction des cordes vocales lors de l'intubation. Pour ces situations de curarisation profonde, le nerf facial peut être stimulé pour évaluer la réponse du sourcilier, muscle qui reflète bien la curarisation du diaphragme et des muscles adducteurs du larynx [5]. Toutefois, les muscles des voies aériennes supérieures, qui assurent leur perméabilité, sont sensibles aux effets des curares [10]. Les muscles de la déglutition sont affaiblis lorsque le rapport T4/T1 < 0,9 et les risques d'inhalation sont augmentés [14]. Des problèmes sont donc susceptibles de survenir si une extubation est effectuée avant que le rapport T4/T1 atteigne 0,9.

Rôle du monitoring

De nombreuses études cliniques ont mesuré l'incidence de curarisation résiduelle, aussi bien selon l'ancien critère du rapport T4/T1 de 0,7 ou du nouveau établi à 0,9 [15]. Ainsi, l'utilisation de curares à durée d'action intermédiaire couplée à l'administration de néostigmine, était associée à une incidence réduite, mais non nulle, de curarisation résiduelle. Dépendant des conditions de l'étude, cette incidence pouvait aller jusqu'à 40%. L'effet du monitoring est plus nuancé. Plusieurs études n'ont pas pu démontrer d'avantages du monitoring sur l'incidence de curarisation résiduelle [15]. Toutefois, les doses de curare et de néostigmine dans ces études étaient comparables, que le patient ait eu un monitoring ou non, ce qui indique que les médicaments ont le même effet, avec ou sans monitoring. Le monitoring n'a donc de bénéfice que s'il conduit à une utilisation plus rationnelle des curares. Deux études méritent toutefois d'être mentionnées : une où l'accéléromyographie a permis de diminuer l'incidence de curarisation résiduelle de 17%

à 3% par rapport à un groupe sans monitoring [16], l'autre où ce chiffre passait de 4,5% avec l'accéléromyographie à 30% avec le monitoring qualitatif [17].

Effets cliniques

Dans cette dernière étude, les patients surveillés à l'aide du monitoring qualitatif ont connu des épisodes de désaturation à $< 90\%$ dans une proportion de 21% et des obstructions respiratoires ont été notées chez 11% des sujets. Chez ceux à qui on avait appliqué un accéléromètre, aucune de ces complications n'est survenue [17]. Dans une autre étude provenant de la même équipe, un lien entre la survenue de complications respiratoires en SSPI et le niveau de curarisation était identifié [18]. Chez un groupe de patients présentant des complications respiratoires, notamment de l'hypoxémie et des épisodes d'obstruction, un rapport T4/T1 moyen de 0,62 était mesuré et seulement 4,5% d'entre eux affichaient un T4/T1 $> 0,9$. Chez un groupe comparable n'ayant pas ces complications, le rapport T4/T1 moyen était de 0,98 et 90% des patients dépassaient le seuil de 0,9 [18]. Les sujets des deux groupes avaient reçu de la néostigmine. Notons ici une étude hollandaise portant sur plus de 800 000 cas où l'administration de néostigmine était associée à une mortalité dix fois plus faible [19]. Enfin, soulignons le travail d'une équipe française qui démontre que la mise en place de bonnes pratiques comme le monitoring et l'utilisation de la néostigmine donne de bons résultats. Dans leur structure, l'incidence de curarisation résiduelle est passée de 62 à 3% [20]. À ce jour, il n'existe pas d'étude clinique sur l'effet du sugammadex sur la réduction éventuelle de la fréquence de la curarisation résiduelle.

CONCLUSION

Le monitoring de la curarisation est très utile pour choisir le moment de l'intubation, pour s'assurer d'une curarisation suffisante pendant la chirurgie, pour décider du moment de la décurarisation pharmacologique et pour diagnostiquer une curarisation résiduelle. Le monitoring quantitatif, à l'aide d'un instrument de mesure, est particulièrement indiqué pendant la phase de récupération.

RÉFÉRENCES

1. Ali HH, Wilson RS, Savarese JJ, Kitz RJ. The effect of tubocurarine on indirectly elicited train-of-four muscle response and respiratory measurements in humans. *Br J Anaesth* 1975; 47: 570-4.
2. Capron F, Fortier LP, Racine S, Donati F. Tactile fade determination with hand or wrist stimulation using train-of-four, double-burst stimulation, 50-hertz tetanus, 100-hertz tetanus, and acceleromyography. *Anesth Analg* 2006; 102: 1578-84.
3. Naguib M, Kopman AF, Lien CA, Hunter JM, Lopez A, Brull SJ. A survey of current management of neuromuscular block in the United States and Europe. *Anesth Analg* 2010; 111: 110-9
4. Plaud B, Debaene B, Donati F, Marty J. Residual paralysis after emergence from anesthesia. *Anesthesiology* 2010;112:1013-22
5. Plaud B, Debaene B, Donati F. The corrugator supercilii, not the orbicularis oculi, reflects rocuronium neuromuscular blockade at the laryngeal adductor muscles. *Anesthesiology* 2001; 95:96–101
6. Claudius C, Viby-Mogensen J. Accelerometry for use in scientific and clinical practice. A review of the evidence. *Anesthesiology* 2008; 108:1117-40
7. Dahaba AA, Klobucar F, Rehak PH, List WF. The neuromuscular transmission module (M-NMT) vs. the relaxometer mechanomyograph for neuromuscular block monitoring. *Anesth Analg* 2002;94: 591–6
8. Papazian L, Forel JM, Gacouin A, et al. Neuromuscular blockers in early acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med* 2010; 363; 1107-16
9. Debaene B, Plaud B, Dilly MP, Donati F. Residual paralysis in the PACU after a single intubating dose of nondepolarizing muscle relaxant with an intermediate duration of action. *Anesthesiology* 2003;98:1042-8
10. Eikermann M, Vogt FM, Herbstreit F, Vahid-Dastgerdi M, Zenge MO, Ochterbeck C, de Greiff A, Peters J. The predisposition to inspiratory upper airway collapse during partial neuromuscular blockade. *Am J Respir Crit Care Med*. 2007; 175: 9-15.

11. Bisschops MMA, Holleman C, Huitink JM. Can sugammadex save a patient in a simulated cannot intubate, cannot ventilate' situation? *Anaesthesia* 2010; 65: 936-41
12. Meistelman C, Fuchs-Buder T. Pharmacologie du sugammadex. *Ann Fr Anesth Reanim* 2009; 28: S51-6
13. Cammu G, de Kam PJ, De Graeve K, et al. Repeat dosing of rocuronium 1.2 mg.kg⁻¹ after reversal of neuromuscular block by sugammadex 4.0 mg.kg⁻¹ in anaesthetized healthy volunteers: a modelling-based pilot study. *Br J Anaesth* 2010;105:487-92
14. Sundman E, Witt H, Olsson R, Ekberg O, Kuilenstierna R, Eriksson LI: The incidence and mechanism of pharyngeal and upper esophageal dysfunction in partially paralyzed humans. Pharyngeal videoradiography and simultaneous manometry after atracurium. *Anesthesiology* 2000; 92:977–84
15. Naguib M, Kopman AF, Ensor JE. Neuromuscular monitoring and postoperative residual curarisation: a meta-analysis. *Br J Anaesth* 2007; 98: 302-16.
16. Gatke MR, Viby-Mogensen J, Rosenstock C, Jensen FS, Skovgaard LT. Postoperative muscle paralysis after rocuronium: less residual block when acceleromyography is used. *Acta Anaesthesiol Scand* 2002;46:207-13.
17. Murphy GS, Szokol JW, Marymont JH, Greenberg SB, Avram MJ, Vender JS, Nisman M. Intraoperative acceleromyographic monitoring reduces the risk of residual neuromuscular blockade and adverse respiratory events in the postanesthesia care unit. *Anesthesiology* 2008;109:389-98.
18. Murphy GS, Szokol JW, Marymont JH, Greenberg SB, Avram MJ, Vender JS. Residual neuromuscular blockade and critical respiratory events in the postanesthesia care unit. *Anesth Analg* 2008;107:130-7.
19. Arbous MS, Meursing AE, van Kleef JW, de Lange JJ, Spoormans HH, Touw P, Werner FM, Grobbee DE. Impact of anesthesia management characteristics on severe morbidity and mortality. *Anesthesiology* 2005; 102: 257-68.
20. Baillard C, Clec'h C, Catineau J, Salhi F, Gehan G, Cupa M, Samama CM. Postoperative residual neuromuscular block: a survey of management. *Br J Anaesth* 2005; 95: 622-6.

Tableau I.- Stratégie de décurarisation en fin d'intervention.

Évaluation visuelle ou tactile	Autres données	Avec n'importe quel curare non dépolarisant	Avec rocuronium ou vécuronium seulement
0	PTC = 0 (qualitatif ou quantitatif)	Ventiler patient, attendre un nombre de réponses = 4	Sugammadex 8-16 mg/kg
0	PTC ≥ 1 (qualitatif ou quantitatif)	Ventiler patient, attendre un nombre de réponses = 4	Sugammadex 4 mg/kg
1-3		Ventiler patient, attendre un nombre de réponses = 4	Sugammadex 2 mg/kg
4 réponses décroissantes	T4/T1 < 0,4 (quantitatif)	Néostigmine, 0,04-0,05 mg/kg	Sugammadex 2 mg/kg *
4 réponses égales	0,4 ≤ T4/T1 < 0,9 (quantitatif)	Néostigmine, 0,02-0,04 mg/kg	Sugammadex > 0,2 mg/kg *
4 réponses égales	T4/T1 ≥ 0,9 (quantitatif)	Pas de décurarisation nécessaire, extubation	Pas de décurarisation nécessaire, extubation

PTC : décompte post-tétanique ou « Post-tetanic count ». Le PTC consiste en une stimulation à 50 Hz pendant 5 secondes, suivie de stimulations à 1 Hz. On dénombre les réponses détectées à la stimulation à 1 Hz.

Qualitatif : estimé avec la vue ou le toucher; quantitatif : mesuré avec un instrument.

T4/T1 : ratio de la quatrième réponse à la première réponse à la suite d'une stimulation en train-de-quatre (4 stimulations à 2 Hz).

*Les doses de sugammadex pour ces situations sont approximatives. Il n'y a pas de données cliniques pour ces situations.