Université de Poitiers
Faculté de Médecine et Pharmacie

ANNEE 2018 **Thèse n°**

THESE
POUR LE DIPLOME D'ETAT
DE DOCTEUR EN MEDECINE
(décret du 16 janvier 2004)

présentée et soutenue publiquement
le 09 février 2018 à Poitiers
par Madame Maëlle LE MERRER

Evaluation du monitorage de la curarisation au fléchisseur de l'hallux comparé à l'adducteur du pouce
Etude CurHaTOF

Composition du Jury

Président : Monsieur le Professeur Bertrand DEBAENE

Membres : Monsieur le Professeur Olivier MIMOZ

Monsieur le Professeur Denis FRASCA

Directeur de thèse : Monsieur le Docteur Matthieu BOISSON

UNIVERSITE DE POITIERS

Faculté de Médecine et de Pharmacie

Le Doyen,

Année universitaire 2017 - 2018

LISTE DES ENSEIGNANTS DE MEDECINE

Professeurs des Universités-Praticiens Hospitaliers

- AGIUS Gérard, bactériologie-virologie **(surnombre jusqu'en 08/2018)**
- ALLAL Joseph, thérapeutique
- BATAILLE Benoît, neurochirurgie
- BRIDOUX Frank, néphrologie
- BURUCOA Christophe, bactériologie – virologie
- CARRETIER Michel, chirurgie générale
- CHEZE-LE REST Catherine, biophysique et médecine nucléaire
- CHRISTIAENS Luc, cardiologie
- CORBI Pierre, chirurgie thoracique et cardio-vasculaire
- DAHYOT-FIZELIER Claire, anesthésiologie – réanimation
- DEBAENE Bertrand, anesthésiologie réanimation
- DEBIAIS Françoise, rhumatologie
- DROUOT Xavier, physiologie
- DUFOUR Xavier, Oto-Rhino-Laryngologie
- FAURE Jean-Pierre, anatomie
- FRASCA Denis, anesthésiologie-réanimation
- FRITEL Xavier, gynécologie-obstétrique
- GAYET Louis-Etienne, chirurgie orthopédique et traumatologique
- GICQUEL Ludovic, pédopsychiatrie
- GILBERT Brigitte, génétique
- GOMBERT Jean-Marc, immunologie
- GOUJON Jean-Michel, anatomie et cytologie pathologiques
- GUILLEVIN Rémy, radiologie et imagerie médicale
- HADJADJ Samy, endocrinologie, diabète et maladies métaboliques
- HAUET Thierry, biochimie et biologie moléculaire
- HOUETO Jean-Luc, neurologie
- INGRAND Pierre, biostatistiques, informatique médicale
- JAAFARI Nematollah, psychiatrie d'adultes
- JABER Mohamed, cytologie et histologie
- JAYLE Christophe, chirurgie thoracique t cardio-vasculaire
- KARAYAN-TAPON Lucie, cancérologie
- KEMOUN Gilles, médecine physique et de réadaptation **(en détachement)**
- KRAIMPS Jean-Louis, chirurgie générale
- LECRON Jean-Claude, biochimie et biologie moléculaire
- LELEU Xavier, hématologie
- LEVARD Guillaume, chirurgie infantile
- LEVEQUE Nicolas, bactériologie-virologie
- LEVEZIEL Nicolas, ophtalmologie
- LEVILLAIN Pierre, anatomie et cytologie pathologiques **(surnombre jusqu'en 12/2017)**
- MACCHI Laurent, hématologie
- MARECHAUD Richard, médecine interne **(émérite à/c du 25/11/2017)**
- MAUCO Gérard, biochimie et biologie moléculaire **(surnombre jusqu'en 08/2018)**
- MEURICE Jean-Claude, pneumologie
- MIGEOT Virginie, santé publique
- MILLOT Frédéric, pédiatrie, oncologie pédiatrique
- MIMOZ Olivier, anesthésiologie – réanimation
- NEAU Jean-Philippe, neurologie
- ORIOT Denis, pédiatrie
- PACCALIN Marc, gériatrie
- PERAULT Marie-Christine, pharmacologie clinique
- PERDRISOT Rémy, biophysique et médecine nucléaire
- PIERRE Fabrice, gynécologie et obstétrique
- PRIES Pierre, chirurgie orthopédique et traumatologique
- RICHER Jean-Pierre, anatomie
- RIGOARD Philippe, neurochirurgie
- ROBERT René, réanimation
- ROBLOT France, maladies infectieuses, maladies tropicales
- ROBLOT Pascal, médecine interne
- RODIER Marie-Hélène, parasitologie et mycologie
- SAULNIER Pierre-Jean, thérapeutique
- SILVAIN Christine, hépato-gastro- entérologie
- SOLAU-GERVAIS Elisabeth, rhumatologie
- TASU Jean-Pierre, radiologie et imagerie médicale
- THIERRY Antoine, néphrologie
- THILLE Arnaud, réanimation
- TOUGERON David, gastro-entérologie
- TOURANI Jean-Marc, cancérologie
- WAGER Michel, neurochirurgie

Maîtres de Conférences des Universités-Praticiens Hospitaliers

- ALBOUY-LLATY Marion, santé publique
- BEBY-DEFAUX Agnès, bactériologie – virologie
- BEN-BRIK Eric, médecine du travail **(en détachement)**
- BILAN Frédéric, génétique
- BOURMEYSTER Nicolas, biologie cellulaire
- CASTEL Olivier, bactériologie - virologie – hygiène
- COUDROY Rémy, réanimation
- CREMNITER Julie, bactériologie – virologie
- DIAZ Véronique, physiologie
- FEIGERLOVA Eva, endocrinologie, diabète et maladies métaboliques
- FROUIN Eric, anatomie et cytologie pathologiques
- GARCIA Magali, bactériologie-virologie
- LAFAY Claire, pharmacologie clinique
- PERRAUD Estelle, parasitologie et mycologie **(mission 09/2017 à 03/2018)**
- RAMMAERT-PALTRIE Blandine, maladies infectieuses
- SAPANET Michel, médecine légale
- SCHNEIDER Fabrice, chirurgie vasculaire
- THUILLIER Raphaël, biochimie et biologie moléculaire

Professeur des universités de médecine générale

- BINDER Philippe
- GOMES DA CUNHA José

Maître de conférences des universités de médecine générale

- BOUSSAGEON Rémy **(disponibilité de 10/2017 à 01/2018)**

Professeurs associés de médecine générale

- BIRAULT François
- PARTHENAY Pascal
- VALETTE Thierry

Maîtres de Conférences associés de médecine générale

- AUDIER Pascal
- ARCHAMBAULT Pierrick
- BRABANT Yann
- FRECHE Bernard
- MIGNOT Stéphanie
- VICTOR-CHAPLET Valérie

Enseignants d'Anglais

- DEBAIL Didier, professeur certifié
- SIMMONDS Kevin, maître de langue étrangère

Professeurs émérites

- DORE Bertrand, urologie (08/2020)
- EUGENE Michel, physiologie (08/2019)
- GIL Roger, neurologie (08/2020)
- GUILHOT-GAUDEFFROY François, hématologie et transfusion (08/2020)
- HERPIN Daniel, cardiologie (08/2020)
- KITZIS Alain, biologie cellulaire (16/02/2019)
- MARECHAUD Richard, médecine interne **(émérite à/c du 25/11/2017 – jusque 11/2020)**
- POURRAT Olivier, médecine interne (08/2018)
- RICCO Jean-Baptiste, chirurgie vasculaire (08/2018)
- SENON Jean-Louis, psychiatrie d'adultes (08/2020)
- TOUCHARD Guy, néphrologie (08/2018)

Professeurs et Maîtres de Conférences honoraires

- ALCALAY Michel, rhumatologie
- ARIES Jacques, anesthésiologie-réanimation
- BABIN Michèle, anatomie et cytologie pathologiques
- BABIN Philippe, anatomie et cytologie pathologiques
- BARBIER Jacques, chirurgie générale (ex-émérite)
- BARRIERE Michel, biochimie et biologie moléculaire
- BECQ-GIRAUDON Bertrand, maladies infectieuses, maladies tropicales (ex-émérite)
- BEGON François, biophysique, médecine nucléaire
- BOINOTCatherine, hématologie – transfusion
- BONTOUX Daniel, rhumatologie (ex-émérite)
- BURIN Pierre, histologie
- CASTETS Monique, bactériologie -virologie – hygiène
- CAVELLIER Jean-François, biophysique et médecine nucléaire
- CHANSIGAUD Jean-Pierre, biologie du développement et de la reproduction
- CLARAC Jean-Pierre, chirurgie orthopédique
- DABAN Alain, cancérologie radiothérapie (ex-émérite)
- DAGREGORIO Guy, chirurgie plastique et reconstructrice
- DESMAREST Marie-Cécile, hématologie
- DEMANGE Jean, cardiologie et maladies vasculaires
- FAUCHERE Jean-Louis, bactériologie-virologie (ex-émérite)
- FONTANEL Jean-Pierre, Oto-Rhino Laryngologie (ex-émérite)
- GRIGNON Bernadette, bactériologie
- GUILLARD Olivier, biochimie et biologie moléculaire
- GUILLET Gérard, dermatologie
- JACQUEMIN Jean-Louis, parasitologie et mycologie médicale
- KAMINA Pierre, anatomie (ex-émérite)
- KLOSSEK Jean-Michel, Oto-Rhino-Laryngologie
- LAPIERRE Françoise, neurochirurgie (ex-émérite)
- LARSEN Christian-Jacques, biochimie et biologie moléculaire
- MAGNIN Guillaume, gynécologie-obstétrique (ex-émérite)
- MAIN de BOISSIERE Alain, pédiatrie
- MARCELLI Daniel, pédopsychiatrie (ex-émérite)
- MARILLAUD Albert, physiologie
- MENU Paul, chirurgie thoracique et cardio-vasculaire (ex-émérite)
- MORICHAU-BEAUCHANT Michel, hépato-gastro-entérologie
- MORIN Michel, radiologie, imagerie médicale
- PAQUEREAU Joël, physiologie
- POINTREAU Philippe, biochimie
- REISS Daniel, biochimie
- RIDEAU Yves, anatomie
- SULTAN Yvette, hématologie et transfusion
- TALLINEAU Claude, biochimie et biologie moléculaire
- TANZER Joseph, hématologie et transfusion (ex-émérite)
- VANDERMARCQ Guy, radiologie et imagerie médicale

REMERCIEMENTS

A Monsieur le Professeur Bertrand DEBAENE,

Vous me faites l'honneur de présider ce jury,

Pour la qualité de votre enseignement, votre écoute et vos conseils,

Soyez assuré de mon profond respect.

A Monsieur le Professeur Olivier MIMOZ,

Pour avoir accepté de juger ce travail,

Pour votre bonne humeur, votre gentillesse et votre humanité,

Pour la qualité de la formation que vous nous transmettez,

Pour avoir eu l'honneur de travailler avec vous en Réanimation Chirurgicale et maintenant au SAMU,

Soyez assuré de ma sincère gratitude.

A Monsieur le Professeur Denis FRASCA,

Pour avoir accepté de juger ce travail,

Pour tous tes conseils en statistiques,

Pour tes précieux conseils culinaires :

la béchamel n'a désormais plus aucun secret pour moi !

Pour ta gentillesse, ta patience, ton humour et ton humanité,

Sois assuré de toute ma gratitude,

J'espère un jour devenir un aussi bon médecin que toi.

A Monsieur le Docteur Matthieu BOISSON,

Pour m'avoir fait confiance pour travailler sur ce projet,

Pour ta rigueur, et la clarté de ton enseignement,

Ce fut un plaisir de travailler avec toi au bloc de viscéral,

Merci d'être le directeur de cette thèse,

Et merci pour tes conseils,

J'espère que ce travail aura été à la hauteur de tes attentes.

Aux chefs de clinique passés et présents,

Elsa pour ta disponibilité, ton écoute et ton esprit aventurier,

Louis-Marie pour ta gentillesse et ta disponibilité,

Yohann pour tes conseils et ton investissement,

Thomas, Ludivine, Thibaut et les autres,

Merci pour votre formation.

A toute l'équipe d'Anesthésie de Saintes,

Pour avoir accompagné mes premiers pas en anesthésie,

Pour votre accueil, votre gentillesse et votre formation,

Vous avez été ma première famille.

A l'équipe de Réanimation de La Rochelle,

Pour votre bonne humeur et votre gentillesse,

Ce fut un plaisir de faire mon premier stage de réanimation chez vous.

A toute l'équipe d'Anesthésie de La Rochelle,

Pour votre joie de vivre, votre accueil,

A ces moments partagés, le jour ou la nuit,

Une mention particulière à Romain, Marine, Clément, Roger, Olivier, Philippe,

Sans oublier Flo, Delphine, Carole, Océane, Danièle, Sébastien, Cathy,

Hanaë, Clémentine, Émilie et Valérie.

A l'équipe de Réanimation Neurochirurgicale,

Pour votre investissement envers les patients,

Merci pour votre accueil et ces bons moment passés.

A l'équipe de Réanimation Chirurgicale,

Pour votre esprit d'équipe, votre accueil et votre dévouement,

A ceux toujours présents et ceux ayant vogué plus vers le sud,

Didier (et son calme à toute épreuve), Hodanou (et sa sagesse incarnée), Franck (son humour et sa gentillesse), Leila (son dynamisme et sa franchise) et Amélie,

J'ai eu la chance de travailler avec vous, merci pour tout ce que vous m'avez appris.

A l'équipe de Réanimation Médicale,

Anne, Delphine, Florence, Arnaud, Jean-Pierre, Rémi,

Travailler avec vous fût enrichissant, Merci.

A l'équipe d'Anesthésie du bloc viscéral,

A cette petite famille où l'on se sent bien,

A tous ces bons moments passés avec vous, et tous ces petits déjeuners partagés,

A votre esprit d'équipe,

Vous m'avez appris à aimer mon métier,

Karin, Danièle, Elena, Louis, Denis et Matthieu : Merci !

Aux autres anesthésistes de Poitiers,

Anne, Sophie, Jean Matthieu, Hervé, Benoît, Jerry, Nathalie, Bertrand,

Pour ces gardes ou journées de bloc partagées, Merci.

A toute l'équipe d'IADE du CHU

Pour votre aide, votre investissement et votre bonne humeur,

C'est un plaisir de travailler à vos côtés,

Une petite pensée particulière pour Marie-Caro, Isabelle, Christelle, Caro, Marie-Laure,

ChaCha et Pierre Marie.

A toute l'équipe de la salle de réveil,

Pour ces longues journées passées ensemble, et ces nuits plus ou moins agitées.

A toute l'équipe du SAMU,

Pour m'accueillir durant ces 6 mois,

A votre esprit d'équipe,

Dans les meilleurs moments comme dans les plus difficiles.

A mes cointernes,

Alex', pour ton sens de l'humour et ta manière propre de raconter les histoires,

Carine, pour ton soutien durant les longues journées de boulot,

À tous ces stages partagés.

Jérem', le roi de l'organisation, frère spirituel de Pierre-Alain, et CCA du DIVLD,

pour ta zen attitude.

Clément, à nos stages rochelais, au Nasi goreng et à ton petit côté marseillais.

Rémi, pour ton calme et ta gentillesse.

Marie-Ève, toujours le sourire et pleine de peps.

Donatien, merci pour tous tes barbecues ! j'attends impatiemment le prochain.

Alex V, pour ta sérénité.

Gabriel, pour ton accent du sud.

Aux plus vieux et plus jeunes,

Steph pour ces semestres partagés, aux fous rires et à toutes ces chouquettes.

Damien, pour ta bonne humeur et ton sens de l'humour.

A votre mi-temps thérapeutique qui a bien égayé nos journées de réa.

Virginie, Sabrina, Solène, Pierre-Alain, Mirza, Ismaël,Ulrich,

Elena, Bastien, Maxime, Loïc,

Soline, notre petite cagole préférée.

A tous les autres,

Béné, Matthieu et Hugo, à ces moments rochelais et poitevins.

Hugo, il nous reste un repas à organiser pour remporter notre pari.

Marie-Anne et Séverin,

Mon semestre rochelais n'aurait certainement pas été le même sans vous.

M-HOP à ces virées plage, recettes de cuisine et balades à vélo.

Séverin merci pour ton humour, tes histoires et ton imagination.

Aux mardis fous dont on se souviendra !

Marie, Faustine, Florent et Thomas pour ce semestre de réa partagé.

Marion, Marie, Lena, Justine.

A mes amis,

A mes copines chéries,

Dior,

Mon petit rayon de soleil réunionnais.

Mylène,

Ma mymychou pleine de tendresse.

Julia,

Ma belle blonde réconfortante.

Anne-So,

Ma Minnie-So toujours pétillante.

Une amitié avec un grand A depuis déjà plusieurs années,

Qu'elle dure jusqu'à nos cheveux blancs !

Merci d'être là, pour ces bons moments partagés et à tous les autres à venir,

Ne changez rien, je vous aime !

A Pauline,

Une belle rencontre de l'internat,

Ce petit accent du sud-ouest à qui je peux tout raconter !

A Émilie,

Une bordelaise expatriée en Alsace,

Il nous reste encore pleins de spa à tester.

A Juju, Gati, Nono, Camille & Caro, Lulu, Louise, Rémi,

Les clermontois.

La distance fait que l'on se voit moins mais l'on ne s'oublie pas !

Vous me manquez, vivement les prochaines retrouvailles.

A Sarah, Damien, Delphine et François,

Contente de vous connaître,

Nous avons une revanche à prendre sur l'Escape Game.

A Alex, Caro et Martin,

Mes voisins favoris,

À tous ces fous-rires et apéros partagés.

A Virginie et Geoffroy,

Pour ces soirées apéros - jeux de société.

A Clément et Océane,

Pour ces escapades balinaises.

A ma famille que j'aime tant.

A Lucas,

Pour ta présence au quotidien,

Dans les bons moments mais aussi les plus difficiles,

Pour me supporter chaque jour,

Pour ton soutien

Ton aide,

Et ton amour.

A mes parents,

Pour votre soutien inconditionnel pendant toutes ces années,

Sans vous je ne serai jamais arrivée jusqu'ici,

Pour avoir toujours cru en moi,

Pour votre amour de chaque jour,

Merci.

A Tiphaine ma sœur adorée,

À notre complicité,

Pour être toujours là quoiqu'il arrive,

Pour me motiver et me soutenir ou juste pour discuter,

Merci.

A Flo mon frère préféré,

Aux excursions dans lesquelles tu m'as embarqué,

Toi, le globetrotter toujours en vadrouille, même si la distance nous sépare,

Merci d'être là.

A ma mamie,

Pour les valeurs que tu m'as transmises, j'espère que tu aurais été fière de moi.

A ma grand-mère,

A tous ces étés passés chez toi.

A Johann,

Mon neveu préféré.

A tous mes cousins, cousines, oncles et tantes,

pour toutes ces réunions de famille qui sont de merveilleux souvenirs.

A cet été !

A Greg,

Pour ton sens de l'humour, ton coaching sportif et surtout ton aide spirituelle à la rédaction de cette thèse.

A Gwen,

Pour ton goût de l'aventure.

A la famille Coufort,

Pour votre accueil chaleureux, votre soutien, et tous ces bons moments passés ensemble.

A Romain,

En souvenir des moments partagés avec toi.

A Barney,

Pour ta compagnie, tes siestes interminables et tes moments de folie.

SOMMAIRE

INTRODUCTION **2**

1. La curarisation 2
2. Le monitorage 2
3. La curarisation résiduelle 4
4. Le site de monitorage 5

MATERIELS ET METHODES **8**

1. Objectif principal 8
2. Objectif secondaire 8
3. Critères d'évaluation 8
   3.1. Critère d'évaluation principal 8
   3.2. Critères d'évaluation secondaires 9
4. Population 9
   4.1. Critères d'inclusion 9
   4.2. Critères de non inclusion 9
5. Relevé de données 10
6. Plan de la recherche 10
7. Analyse statistique 11
   7.1. Statistiques descriptives 11
   7.2. Statistiques analytiques 11
   7.3. Effectif prévu 12
   7.4. Méthode de prise en compte des données manquantes, inutilisées ou non valides 12

RESULTATS **13**

1. Étude de la décurarisation 14
2. Étude de la curarisation 15
3. Concordance entre les deux sites 17

DISCUSSION **19**

CONCLUSION **23**

BIBLIOGRAPHIE **24**

LISTE DES ABREVIATIONS **26**

TABLE DES ILLUSTRATIONS **27**

SERMENT D'HIPPOCRATE **29**

INTRODUCTION

1. La curarisation

La curarisation est couramment utilisée en anesthésie. La première description remonte à 1942 avec l'utilisation de curare pour une anesthésie balancée chez des patients en ventilation spontanée (1). En 1946, une étude de 1500 patients menée par Gray et Halton rapporte les bénéfices de la curarisation sur le relâchement des cordes vocales, du sphincter pharyngé et sur la suture de plaies abdominales (2).

L'intubation trachéale peut être réalisée sans curare chez des patients sans critère d'intubation difficile prévisible mais nécessite des doses importantes d'hypnotiques et morphiniques. L'utilisation de curare améliore la gestion des voies aériennes et facilite l'intubation trachéale (3). Elle en diminue ses complications : bris dentaires, lésions pharyngées ou trachéales.

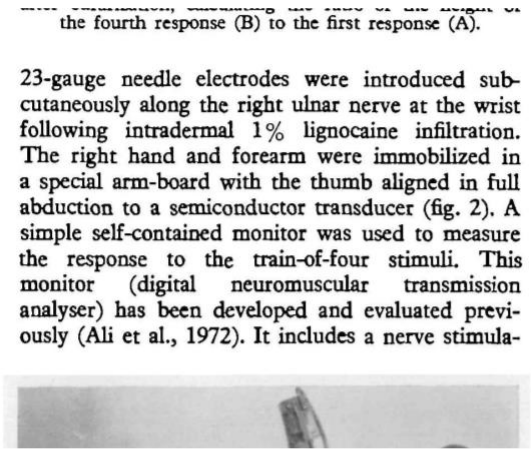
La curarisation améliore également les conditions chirurgicales grâce au relâchement musculaire produit, dans la chirurgie abdominale par laparoscopie et laparotomie notamment (4).

Son élimination doit être rapide en fin d'intervention afin d'éviter une curarisation résiduelle responsable d'une majoration des complications respiratoires post-opératoires.

2. Le monitorage

Les premières méthodes évaluant la récupération du bloc neuromusculaire reposaient sur des tests cliniques tels que la capacité à soulever la tête pendant 5 secondes, la mesure de la force inspiratoire ou de la pression expiratoire maximale (5,6).

Le monitorage de la curarisation a montré son intérêt depuis les années 1950 par la stimulation d'un nerf moteur et l'observation de la réponse musculaire. Une méthode quantitative d'évaluation de la curarisation résiduelle apparaît en 1970 avec Ali *et al* : le train de quatre à l'adducteur du pouce (7). C'est la réponse produite par le muscle de l'adducteur du pouce suite à des séries de quatre stimuli supra-maximaux du nerf ulnaire à une fréquence de 2 Hertz, répétés toutes les dix secondes. Le rapport de la quatrième amplitude sur la première renseigne sur le degré du bloc neuromusculaire par un curare non dépolarisant (8) (*Figure 1*).


the fourth response (B) to the first response (A).

23-gauge needle electrodes were introduced subcutaneously along the right ulnar nerve at the wrist following intradermal 1% lignocaine infiltration. The right hand and forearm were immobilized in a special arm-board with the thumb aligned in full abduction to a semiconductor transducer (fig. 2). A simple self-contained monitor was used to measure the response to the train-of-four stimuli. This monitor (digital neuromuscular transmission analyser) has been developed and evaluated previously (Ali et al., 1972). It includes a nerve stimula-

Figure 1. *Diagramme représentant la réponse musculaire au stimulus du train de quatre avant et après curarisation, en calculant le rapport de la quatrième réponse (B) sur la première (A).*

Deux autres types de stimulation existent : le compte post tétanique (PTC) qui explore la curarisation profonde et le « double burst stimulation » (DBS) qui explore la décurarisation.

Le train de quatre reste la méthode recommandée pour le monitorage de la décurarisation. L'estimation tactile ou visuelle du train de quatre est simple mais présente une incertitude pour un rapport T4/T1 entre 0,4 et 0,9, ce qui ne permet pas de détecter une curarisation résiduelle. Il est donc nécessaire de recourir à des moniteurs.

La mécanomyographie est la méthode de référence mais reste réservée à la recherche. D'utilisation facile et rapide, l'accélérométrie est la méthode la plus récente et la plus utilisée en clinique.
Le critère actuellement validé pour confirmer la décurarisation d'un patient est l'obtention d'un rapport T4/T1 > 0,90.

3. La curarisation résiduelle

Le monitorage de la décurarisation est recommandé afin d'éviter une curarisation résiduelle à l'origine d'une morbi-mortalité responsable de complications principalement respiratoires post-opératoires.
Depuis les années 70, un rapport T4/T1 supérieur à 0,70 à l'adducteur du pouce était considéré comme garant d'une décurarisation satisfaisante (8). C'est dans les années 90 que la valeur seuil s'est élevée à 0,90 car plusieurs études ont montré la présence de complications respiratoires pour un rapport T4/T1 inférieur à 0,90.
Une récupération incomplète du bloc neuromusculaire peut altérer la fonction pulmonaire à l'origine d'hypoxémie sévère et favoriser l'obstruction des voies aériennes supérieures (9). La réponse ventilatoire à l'hypoxie est altérée chez des volontaires sains présentant un rapport T4/T1 inférieur à 0,90 (10). Le risque d'inhalation est également majoré par diminution du tonus du sphincter inférieur de l'œsophage et dysfonction pharyngée (11,12).
L'incidence de la curarisation résiduelle à l'arrivée en salle de surveillance post-interventionnelle varie de 2 à 64% (13).

4. Le site de monitorage

Tous les groupes musculaires ne présentent pas la même sensibilité aux curares.

Le diaphragme est plus résistant que les muscles périphériques, il se curarise plus rapidement et se décurarise plus précocement que l'adducteur du pouce.

Le muscle sourcilier semble avoir une sensibilité aux curares proche de celle des muscles laryngés. C'est un site de choix pour l'intubation. Il ne présente par contre pas d'intérêt pour la décurarisation car cela conduirait à extuber des patients encore partiellement curarisés.

L'adducteur du pouce, plus sensible aux curares, reste le site recommandé pour le monitorage de la décurarisation par stimulation du nerf ulnaire au poignet.

Le muscle sourcilier et l'adducteur du pouce sont utilisés car leur stimulation externe produit une réponse facilement interprétable. Ils présentent cependant des inconvénients.

L'adducteur du pouce est un site où les cathéters intraveineux et les éléments de monitorage (saturomètre, cathétérisme artériel) peuvent être présents et gêner la mise en place du curamètre (14), d'autant plus que dans certaines chirurgies (chirurgie par cœlioscopie ou chirurgie céphalique) l'accès au bras est limité.

Ces situations retardent le monitorage, l'antagonisation de la curarisation, le réveil et l'extubation du patient. Elles peuvent conduire lors d'une injection unique de curare à l'absence de contrôle de la décurarisation.

Pour pallier à ces difficultés techniques, le groupe musculaire du fléchisseur de l'hallux apparaît intéressant et souvent facilement accessible pour l'anesthésiste-réanimateur.

La stimulation du nerf tibial postérieur permet d'observer une réponse au muscle court fléchisseur de l'hallux et permet un accès rapide à un monitorage de la décurarisation avant la fin de l'intervention (*Figure 2*).

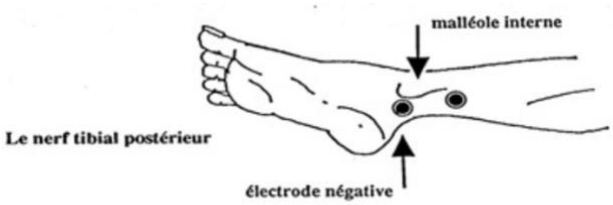


Figure 2. *Site de stimulation du nerf tibial postérieur.*

Peu d'études sont disponibles sur la place de ce site dans le monitorage de la décurarisation.

Sopher *et al.* furent les premiers à s'y intéresser en 1988 en comparant le monitorage de la curarisation au fléchisseur de l'hallux et à l'adducteur du pouce chez 10 patients recevant du vécuronium, sans montrer de différence significative. Tous les patients ne suivaient pas le même schéma de décurarisation, plus précoce au pied chez certains et à la main pour les autres (15).

Des résultats différents se retrouvent dans l'étude de Suzuki *et al.*, avec une curarisation plus lente à l'hallux mais une récupération plus précoce (16). Ce que l'on retrouve également avec Kitajima *et al.* qui comparent hallux et pouce par accélérométrie (17).

L'étude de Kern *et al.* en 1997 va, elle aussi, dans ce sens : le fléchisseur de l'hallux se curarise plus lentement après injection de mivacurium et récupère un rapport T4/T1 supérieur à 0,75 plus précocement que l'adducteur du pouce (14) (*Figure 3*).

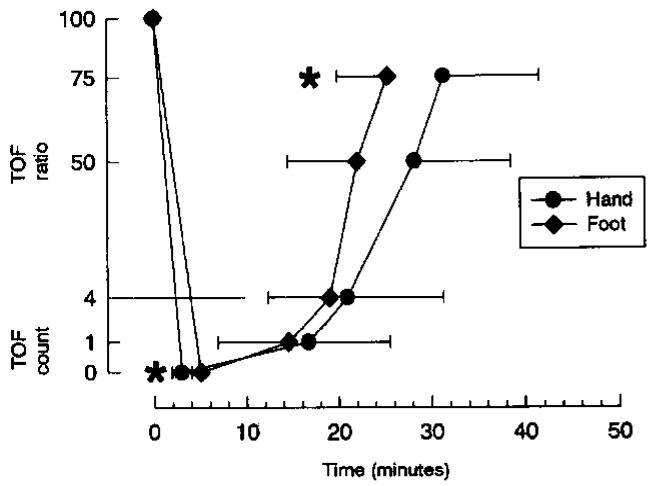


Figure 3. *Installation et récupération du bloc neuromusculaire après injection de mivacurium.*

La décurarisation est depuis définie par un rapport T4/T1 supérieur à 0,90 et les protocoles d'anesthésie ont évolué. Il est donc intéressant de comparer le monitorage au fléchisseur de l'hallux à celui de l'adducteur du pouce avec les pratiques anesthésiques actuelles.

L'objectif de cette étude était de comparer la vitesse de décurarisation au fléchisseur de l'hallux à celle de l'adducteur du pouce chez des patients recevant une dose unique ou multiple d'atracurium dans le cadre de l'étude CurHaTOF.

MATERIELS ET METHODES

Nous avons mené une étude prospective, observationnelle, non contrôlée, monocentrique, au CHU de Poitiers entre janvier 2016 et septembre 2017. Elle avait été approuvée par le Comité de Protection des Personnes (CPP) Ouest III.

1. Objectif principal

L'objectif de cette étude était de comparer la vitesse de récupération du bloc neuromusculaire au fléchisseur de l'hallux avec celle de l'adducteur du pouce.

2. Objectif secondaire

L'objectif secondaire était de comparer la vitesse d'installation du bloc neuromusculaire profond au fléchisseur de l'hallux avec celle de l'adducteur du pouce.

3. Critères d'évaluation

3.1. Critère d'évaluation principal

Le critère d'évaluation principal consistait à comparer le délai d'apparition d'un rapport T4/T1 supérieur à 0,90 au train de quatre au fléchisseur de l'hallux par rapport à l'adducteur du pouce après la première injection d'atracurium.

3.2. Critères d'évaluation secondaires

Les critères d'évaluation secondaires consistaient d'une part à comparer le délai de disparition de la dernière réponse au train de quatre au fléchisseur de l'hallux par rapport à l'adducteur du pouce et d'autre part à comparer les délais de décurarisation spontanée et pharmacologique.
Les données recueillies comprenaient la perte de toutes les réponses au train de quatre (TOF 0), la récupération de la première (TOF 1) et quatrième réponse (TOF 4) ainsi que la récupération d'un rapport T4/T1 égal à 0,50, 0,75 et supérieur à 0,90.

4. Population

4.1. Critères d'inclusion

Était inclus tout patient majeur, ASA I ou II, bénéficiant d'une chirurgie programmée avec injection unique ou multiple d'atracurium pour laquelle main et pied étaient accessibles dans le même temps. Les patients devaient être libres, sans tutelle, curatelle ni subordination, et bénéficier d'un régime de Sécurité Sociale.
Le patient faisait part de sa non opposition après information claire et loyale sur l'étude.

4.2. Critères de non inclusion

Les patients mineurs, porteur d'une neuromyopathie, d'un diabète ou allergiques à l'atracurium n'étaient pas inclus. Toute chirurgie urgente ou estomac plein ainsi qu'une intubation difficile prévisible représentaient des critères de non inclusion. Les patients ne bénéficiant pas d'un régime de

Sécurité Sociale ou n'en bénéficiant pas par l'intermédiaire d'une tierce personne n'étaient pas inclus non plus.

De même que les personnes bénéficiant d'une protection renforcée à savoir les mineurs, les personnes privées de liberté par une décision judiciaire ou administrative, les personnes séjournant dans un établissement sanitaire ou social, les majeurs sous protection légale, et enfin les malades en situation d'urgence.

Enfin les femmes, enceintes ou allaitantes, en âge de procréer ne disposant pas d'une contraception efficace ne pouvaient être incluses.

5. Relevé de données

Le monitorage était simultané à l'adducteur du pouce et au fléchisseur de l'hallux à l'aide de deux moniteurs TOF SCAN® de la société iDMed (*Figure 4*).

Le recueil des données provenant des moniteurs était informatisé.

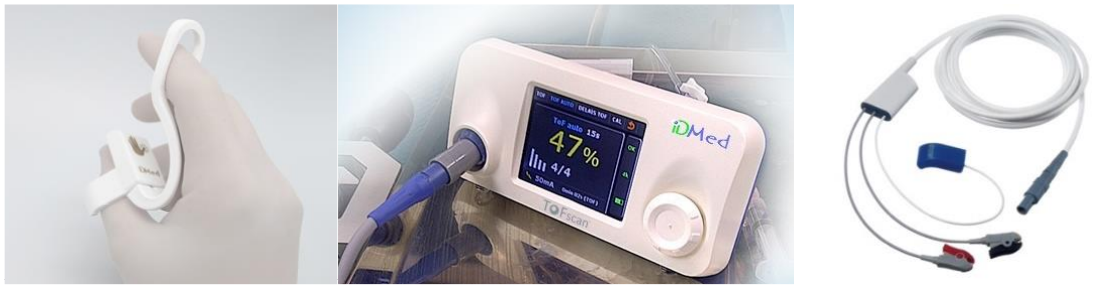


Figure 4. *Accéléromètre 3D TOF-Scan® de la marque iDMed.*

6. Plan de la recherche

- Le protocole était standardisé avec une anesthésie intraveineuse à objectif de concentration (AIVOC) par propofol (de façon à limiter l'interaction curares/halogénés (18)) et sufentanil 0,2-0,3 µg/kg.

- La calibration des moniteurs était réalisée avant injection de curare et après ajustement de l'intensité de la stimulation entre 50 et 60 mA, avec une fréquence de 2 Hertz.
- La dose d'atracurium était de 0,5 mg/kg.
- Le tensiomètre était placé sur le bras controlatéral. En cas d'impossibilité, il était stoppé transitoirement le temps d'injection du curare.
- Le monitorage du train de quatre était réalisé toutes les 15 secondes au fléchisseur de l'hallux et à l'adducteur du pouce jusqu'à obtention d'un bloc profond défini par l'absence de réponse au train de quatre, puis toutes les minutes pendant la chirurgie.
- Dès récupération d'une réponse, le recueil était réalisé toutes les 15 secondes jusqu'à réapparition d'un rapport T4/T1 > 0,9.
- Une antagonisation par 40 µg/kg de néostigmine et 15 µg/kg d'atropine était réalisée en cas de présence de quatre réponses au TOF mais d'un rapport T4/T1 < 0,9 en fin de chirurgie.

7. Analyse statistique

7.1. Statistiques descriptives

Les variables quantitatives sont décrites en moyenne et dérivation standard. Les variables qualitatives sont décrites en effectif et pourcentage.

7.2. Statistiques analytiques

Le critère de jugement principal a été analysé par la comparaison des moyennes des délais d'apparition d'un rapport T4/T1 > 0,9 par le test t de Student pour mesures appariées.

Les critères de jugement secondaires ont été analysés par le test t de Student pour mesures appariées chez un même patient (hallux et pouce) pour les variables quantitatives (ou le test non paramétrique de Wilcoxon en cas de non normalité des distributions).

Une analyse en sous-groupe, en fonction de la décurarisation spontanée ou après une antagonisation, a été réalisée avec les tests de Wilcoxon après ajustement du risque de première espèce.

Les tests statistiques ont été réalisés au risque de première espèce de 5%.

7.3. Effectif prévu

En estimant à 5 minutes (pertinence clinique) la différence minimale des moyennes des délais de décurarisation entre chaque type de mesure (pour la récupération à T4/T1 > 0,9), avec un écart-type commun de 5 minutes au risque de première espèce de 0,05 (test du Chi 2, bilatéral) et une puissance de 85%, un effectif de 54 patients était nécessaire.
En tenant compte d'éventuels problèmes techniques, à l'origine de données manquantes, un effectif de 60 patients était prévu.

7.4. Méthode de prise en compte des données manquantes, inutilisées ou non valides

Les données manquantes ont été décrites mais n'ont pas été remplacées.

RESULTATS

Soixante patients ont été inclus entre janvier 2016 et septembre 2017, parmi eux 3 patients ont été exclus de l'étude pour un problème de données manquantes.

Cinquante-sept patients majeurs, de classe ASA I à II, admis pour chirurgie programmée sous anesthésie générale avec injection unique ou multiple d'atracurium, pour lesquels une main et un pied étaient accessibles ont été étudiés.

Les données démographiques sont présentées dans le *Tableau 1*. Les données concernant la curarisation, les réinjections et la nécessité d'une réversion pharmacologique sont présentées dans le *Tableau 2*.

Effectif total (n)		57
Age (ans ± DS)		45 ± 17
Sexe ratio (n (%)) : **homme / femme**		26 (46) / 31 (54)
Indice de masse corporelle (kg/m^2 ± DS)		25,3 ± 5,0
ASA (n (%)) :	**I**	30 (53)
	II	27 (47)
Type de chirurgie (n (%)) :		
	Viscérale	34 (60)
	Urologie	4 (7)
	Plastique	17 (30)
	Orthopédie	1 (1,5)
	Neurochirurgie	1 (1,5)
Durée chirurgie (h ± DS)		1,3 ± 0,8
Température (°C ± DS)		36,6 ± 0,4

Tableau 1. *Données démographiques.*

Atracurium (mg ± DS)	36 ± 11
Décurarisation (n (%)) :	
Spontanée	45 (79)
Pharmacologique	12 (21)
Néostigmine (mg ± DS)	2,6 ± 0,4
Atropine (mg ± DS)	0,9 ± 0,3

Tableau 2*. Données de la curarisation et de la décurarisation.*

1. Étude de la décurarisation

Quatre patients ont reçu une ou plusieurs réinjections d'atracurium avant la récupération d'un rapport T4/T1 > 0,90, ils ont donc été exclus de l'analyse de la décurarisation afin de limiter les biais. Un patient ne s'est jamais complètement curarisé au fléchisseur de l'hallux avec persistance d'une réponse au TOF, il a été également exclu de l'analyse.
La vitesse de décurarisation à l'hallux et au pouce a donc été analysée chez 52 patients.

Le muscle fléchisseur de l'hallux se décurarise (T4/T1 > 0,90) en moyenne plus précocement que l'adducteur du pouce avec un délai de 59,5 ± 9,9 min *versus* 64,5 ± 10,7 min ($p < 0,0001$) et une différence moyenne de 4,9 minutes entre les deux sites (*Tableau 3) (Figure 5).*
Les délais d'apparition d'un rapport T4/T1 égal à 0,50 et 0,75 ont pu être relevés respectivement chez 47 et 51 patients.
Ils suivent le même schéma de décurarisation que le rapport T4/T1 > 0,90, avec un délai moyen pour T4/T1 = 0,50 de 51,2 ± 7,9 min à l'hallux *versus* 55,6 ± 8,6 min au pouce ($p < 0,0001$) et un délai pour T4/T1 = 0,75 de 55,5 ± 8,8 min à l'hallux *versus* 60,0 ± 9,6 min au pouce ($p < 0,0001$) *(Tableau 3) (Figure 5).*

L'apparition de la première réponse au train de quatre est par contre en moyenne plus tardive au fléchisseur de l'hallux par rapport à l'adducteur du pouce : 40,2 ± 9,9 min *versus* 38,0 ± 8,0 min (p = 0,0496) (*Tableau 3*) (*Figure 4*).

L'apparition de la quatrième réponse au train de quatre est quasi simultanée entre les deux sites avec un délai moyen de 49,2 ± 8,9 min à l'hallux *versus* 49,2 ± 8,3 min (p = 0,9891) (*Tableau 3*) (*Figure 5*).

- **Analyse en sous-groupe :**

Une décurarisation pharmacologique a été réalisée chez 12 patients en raison d'un rapport T4/T1 < 0,90 en fin de chirurgie. Un patient a reçu une réinjection d'atracurium et a donc été exclu de l'analyse.
Le délai de décurarisation après antagonisation n'est pas significativement différent au fléchisseur de l'hallux par rapport à l'adducteur du pouce, avec un délai moyen respectif de 53,0 ± 12,2 min *versus* 54,0 ± 12,4 min (p = 0,2783) (*Tableau 4*).

2. Étude de la curarisation

La curarisation est plus tardive au fléchisseur de l'hallux avec un délai de 4,4 ± 1,5 min *versus* 3,7 ± 1,2 min (p = 0,0001) à l'adducteur du pouce. (*Tableau 3*) (*Figure 5*).

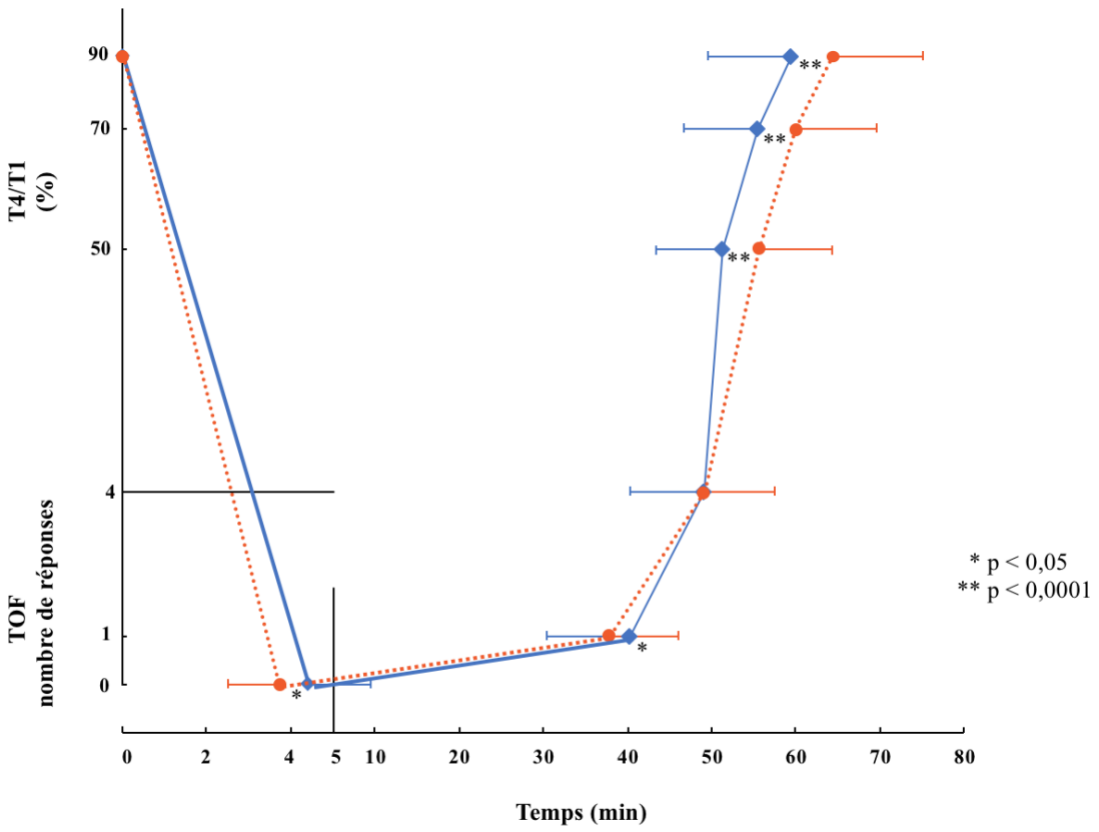


Figure 5. *Installation et récupération du bloc neuromusculaire après injection d'atracurium. Délais moyens de curarisation (TOF 0), d'apparition d'une réponse (TOF 1), de quatre réponses (TOF 4), et d'un rapport T4/T1 à 50%, 75%, et > à 90% au train de quatre.*

	Fléchisseur de l'hallux	Adducteur du pouce	p
Délai TOF 0 (min)	4,4 ± 1,5	3,7 ± 1,2	0,0001
Délai TOF 1 (min)	40,2 ± 9,9	38,0 ± 8,0	0,0496
Délai TOF 4 (min)	49,2 ± 8,9	49,2 ± 8,3	0,9891
Délai T4/T1 = 50% (min)	51,2 ± 7,9	55,6 ± 8,6	< 0,0001
Délai T4/T1 = 75% (min)	55,5 ± 8,8	60,0 ± 9,6	< 0,0001
Délai T4/T1 > 90% (min)	59,5 ± 9,9	64,5± 10,7	< 0,0001

Tableau 3. *Délais de perte de la dernière réponse au train de quatre (TOF 0), de récupération d'une réponse (TOF 1), de quatre réponses (TOF 4), d'un rapport T4/T1 à 50%, 75% et supérieur à 90% au train de quatre.*

Délai T4/T1 > 90% (min)	**Fléchisseur de l'hallux**	**Adducteur du pouce**	**p**
Décurarisation pharmacologique (n=11)	53,0 ± 12,2	54,0 ± 12,4	0,2783
Décurarisation spontanée (n=41)	61,3 ± 8,6	67,3 ± 8,3	< 0,0001

***Tableau 4**. Délai d'obtention d'un rapport T4/T1 > 90% après antagonisation pharmacologique ou après décurarisation spontanée.*

3. Concordance entre les deux sites

Le fléchisseur de l'hallux et l'adducteur du pouce ont été comparés à différents moments de la décurarisation et de la curarisation afin d'étudier leur concordance par la méthode de Bland et Altman.

La décurarisation complète (T4/T1 > 0,90) au fléchisseur de l'hallux est plus précoce chez 41 patients tandis qu'elle est plus tardive chez les 11 autres, avec une différence moyenne de 4,9 minutes et des limites de concordances à [-20,3 ; 10,4] minutes (*Figure 6*).

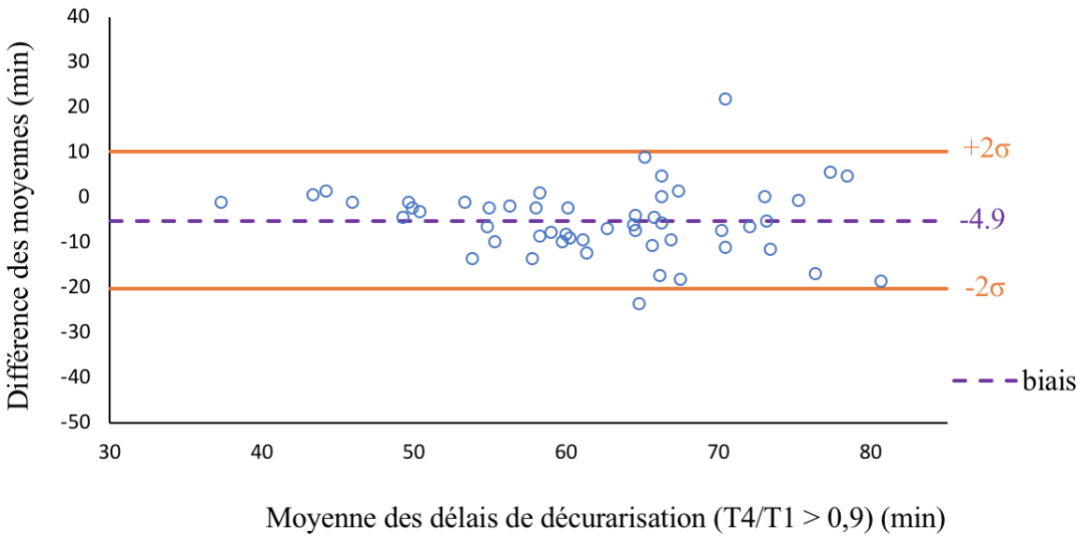


***Figure 6.** Graphique de Bland et Altman évaluant la concordance entre les délais de décurarisation (T4/T1 > 0,90) au fléchisseur de l'hallux et à l'adducteur du pouce.*

Lors de la curarisation (TOF 0), 40 patients présentent une installation du bloc neuromusculaire plus précoce à l'adducteur du pouce. Un patient présente une curarisation simultanée aux deux sites. Les 15 autres se curarisent d'abord à l'hallux. La différence moyenne est de 0,7 minutes avec des limites de concordance à [-1,9 ; 3,3] minutes (*Figure 7*).

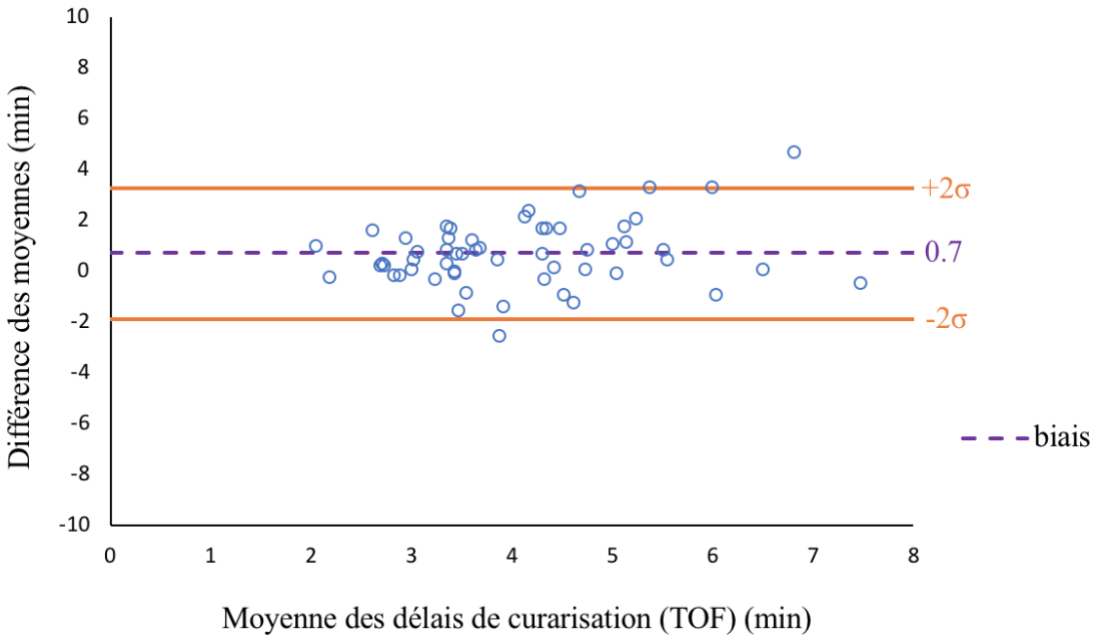


Figure 7. *Graphique de Bland et Altman évaluant la concordance entre le délai de curarisation (TOF 0) au fléchisseur de l'hallux comparé à celui de l'adducteur du pouce.*

DISCUSSION

L'étude CurHaTOF est la seule étude récente comparant fléchisseur de l'hallux et adducteur du pouce avec les protocoles d'anesthésie et seuils de décurarisation actuels.

Dans cette étude, après injection d'atracurium, le fléchisseur de l'hallux présente une récupération de la première réponse au train de quatre en moyenne plus tardive par rapport à l'adducteur du pouce. Il n'y a pas de différence significative concernant l'apparition de la quatrième réponse qui est en moyenne quasi-simultanée entre les deux groupes.
L'obtention d'un rapport T4/T1 supérieur à 0,90 est quant à elle en moyenne plus précoce à l'hallux qu'à l'adducteur du pouce avec une différence significative de 4,9 minutes. La différence est également significative pour des valeurs de T4/T1 égales à 0,50 et 0,75.
Tous les patients ne présentent cependant pas le même profil de décurarisation. Comme le montre le graphique de Bland et Altman (*Figure 6*), les délais de décurarisation à l'hallux varient de -23,4 à +22,1 minutes par rapport à l'adducteur du pouce. Les mesures de monitorage aux deux sites apparaissent peu concordantes.

L'étude en sous-groupe chez les 11 patients ayant bénéficié d'une antagonisation pharmacologique ne retrouve quant à elle pas de différence significative entre les deux sites, avec un délai moyen de décurarisation à l'hallux de 53,0 *versus* 54,0 minutes au pouce. L'absence de différence significative peut venir d'un manque de puissance de notre étude, étant donné le faible effectif de patients ayant été antagonisés. Elle pourrait également être expliquée par l'effet de l'antagonisation pharmacologique qui réduirait le délai de décurarisation entre les sites.

L'utilisation du fléchisseur de l'hallux en tant que monitorage de la décurarisation est donc à utiliser avec prudence car il existe un risque d'extuber un patient encore partiellement curarisé. Il semble conseillé de réaliser une décurarisation pharmacologique systématique afin de limiter ce risque de curarisation résiduelle.

Concernant l'installation du bloc neuromusculaire, le fléchisseur de l'hallux se curarise en moyenne 42 secondes après l'adducteur du pouce. De même que pour la décurarisation, les patients ne suivent pas tous le même schéma. Comme le montre le graphique de Bland et Altman (*Figure 7*), les délais varient de -2,5 à +4,7 minutes. Le site du fléchisseur de l'hallux peut donc être utilisé pour monitorer la curarisation même s'il ne constitue pas le site le plus adapté. Comme l'ont montré *Plaud et al.* en 2001, le muscle sourcilier semble présenter une sensibilité aux curares similaire à celle des muscles laryngés, ce qui en fait le site de choix pour le monitorage de la curarisation lors de l'intubation (19).

Les résultats de notre étude apparaissent concordants avec certains résultats de l'étude de Kern *et al*., qui retrouvaient eux aussi un délai de curarisation plus précoce à l'adducteur du pouce. L'apparition de la première réponse au TOF était par contre plus lente au pouce, ce qui est discordant avec nos résultats. La décurarisation complète était significativement plus précoce à l'hallux par rapport au pouce, comme dans notre étude avec cependant une différence de 2,8 *versus* 4,9 minutes dans notre étude. L'étude n'incluait que dix patients et le seuil de décurarisation était encore de 75% (14).

Sopher *et al.* n'observaient pas de différence significative entre les deux sites après injection de vécuronium. L'effectif de l'étude était de seulement dix patients et le seuil de décurarisation était défini comme un rapport T4/T1 supérieur à 0,75. Le monitorage était de plus réalisé par électromyographie,

ce qui diffère également de notre étude, pouvant expliquer la différence des résultats. Une différence inconstante dans l'ordre de décurarisation entre main et pied était observée, avec la moitié des patients se décurarisant d'abord à la main et l'autre au pied (15). Cette donnée est également retrouvée dans notre étude.

Kitajima *et al* comparaient la réponse du fléchisseur de l'hallux et de l'adducteur du pouce après injection de vécuronium grâce à deux types de monitorage de l'hallux : l'accélérométrie et l'électromyographie. Les patients bénéficiaient d'une anesthésie générale ou d'une neuroleptanalgésie. Le délai de curarisation était plus rapide à l'adducteur du pouce tandis que le délai de décurarisation était plus rapide au fléchisseur de l'hallux lors du monitorage par accélérométrie (17). La différence n'était pas significative quand l'hallux était monitoré par électromyographie.

Les différences observées entre le muscle fléchisseur de l'hallux et l'adducteur du pouce peuvent être liées à une différence de sensibilité aux curares, l'hallux paraissant moins sensible que le pouce.
Elles peuvent être également expliquées par les différences de pharmacocinétique entre les deux sites, en fonction du débit sanguin local. Dans une étude sur des chiens en 1976, Goat *et al*. montraient que le délai d'installation et de récupération du bloc neuromusculaire est impacté par le débit sanguin en regard du muscle (20).
Les deux groupes musculaires que nous avons étudiés ne possèdent par ailleurs pas la même composition et proportion de fibres de type I (lentes) et II (rapides) (21).

Notre étude s'est uniquement intéressée à des patients ASA I et II bénéficiant d'une chirurgie programmée, son extrapolation à la population générale doit donc être prudente même s'il est probable que les résultats ne changent pas chez des patients ayant davantage de comorbidités.

Les patients porteurs de neuropathie étaient exclus de l'étude. Des précautions concernant ces patients ainsi que ceux présentant des déformations ou œdèmes des membres inférieurs semble importante car la sensibilité à la stimulation électrique et le recueil des données risquent d'être altérés.

Certaines positions chirurgicales telles que le décubitus ventral ou la position gynécologique rendent le recueil de données difficile.

L'étude en sous-groupe des patients ayant reçu une antagonisation pharmacologique par néostigmine suggère un recours systématique à cette méthode pour limiter la curarisation résiduelle. Des études s'intéressant spécifiquement à des patients bénéficiant d'une réversion pharmacologique seraient nécessaires afin de confirmer cette hypothèse.

Un curare non dépolarisant de la famille des benzylisoquinolines a été utilisé dans notre étude. Il pourrait être également intéressant d'étudier le fléchisseur de l'hallux dans le monitorage du bloc profond après injection de rocuronium, ainsi qu'après décurarisation par sugammadex.

CONCLUSION

L'étude CurHaTOF a montré une décurarisation en moyenne plus précoce au muscle fléchisseur de l'hallux par rapport à l'adducteur du pouce. Cette différence n'apparait plus significative après antagonisation pharmacologique. Le monitorage de la curarisation au fléchisseur de l'hallux pourrait donc trouver sa place chez les patients pour lesquels l'accès au bras est impossible lorsqu'un bloc profond est recherché. Il faut cependant l'utiliser avec prudence en vue de l'extubation, situation dans laquelle une antagonisation pharmacologique systématique parait conseillée. D'autres études sont nécessaires pour confirmer cette hypothèse.

Le fléchisseur de l'hallux présente un délai de curarisation en moyenne plus tardif que l'adducteur du pouce. Il peut ainsi être utile dans le monitorage de la curarisation lors de l'intubation, dans l'hypothèse où les muscles sourcilier et adducteur du pouce sont indisponibles.

BIBLIOGRAPHIE

1. Griffith HR, Johnson GE. THE USE OF CURARE IN GENERAL ANESTHESIA. Anesthesiol J Am Soc Anesthesiol. 1 juill 1942;3(4):418-20.

2. Gray TC, Halton J. Technique for the use of d-tubocurarine chloride with balanced anaesthesia. Br Med J. 31 août 1946;2:293-5.

3. Lieutaud T, Billard V, Khalaf H, Debaene B. Muscle relaxation and increasing doses of propofol improve intubating conditions. Can J Anaesth J Can Anesth. févr 2003;50(2):121-6.

4. Madsen MV, Staehr-Rye AK, Gätke MR, Claudius C. Neuromuscular blockade for optimising surgical conditions during abdominal and gynaecological surgery: a systematic review. Acta Anaesthesiol Scand. janv 2015;59(1):1-16.

5. Bodman RI. Some observations on the assaying of muscle relaxant in conscious volunteers, with special reference to compounds 15 et 20 of the heterocyclic decamethylene bis quaternary ammonium series. Anesth Analg. févr 1952;9(1):5-13.

6. Dam WH, Guldmann N. Inadequate postanesthetic ventilation. Curare, anesthetic, narcotic, diffusion hypoxia. Anesthesiology. oct 1961;22:699-707.

7. Ali HH. A new device for monitoring force of thumb adduction. Br J Anaesth. janv 1970;42(1):83-5.

8. 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. mai 1975;47(5):570-4.

9. 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. juill 2008;107(1):130-7.

10. Eriksson LI. Reduced hypoxic chemosensitivity in partially paralysed man. A new property of muscle relaxants? Acta Anaesthesiol Scand. mai 1996;40(5):520-3.

11. Eriksson LI, Sundman E, Olsson R, Nilsson L, Witt H, Ekberg O, et al. Functional assessment of the pharynx at rest and during swallowing in partially paralyzed humans: simultaneous videomanometry and mechanomyography of awake human volunteers. Anesthesiology. nov 1997;87(5):1035-43.

12. Cedborg AIH, Sundman E, Bodén K, Hedström HW, Kuylenstierna R, Ekberg O, et al. Pharyngeal function and breathing pattern during partial neuromuscular block in the elderly: effects on airway protection. Anesthesiology. févr 2014;120(2):312-25.

13. Murphy GS, Brull SJ. Residual neuromuscular block: lessons unlearned. Part I: definitions, incidence, and adverse physiologic effects of residual neuromuscular block. Anesth Analg. juill 2010;111(1):120-8.

14. Kern SE, Johnson JO, Orr JA, Westenskow DR. Clinical analysis of the flexor hallucis brevis as an alternative site for monitoring neuromuscular block from mivacurium. J Clin Anesth. août 1997;9(5):383-7.

15. Sopher MJ, Sears DH, Walts LF. Neuromuscular function monitoring comparing the flexor hallucis brevis and adductor pollicis muscles. Anesthesiology. juill 1988;69(1):129-31.

16. Suzuki T, Suzuki H, Katsumata N, Shiraishi H, Saitoh H, Ogawa S. Evaluation of twitch responses obtained from abductor hallucis muscle as a monitor of neuromuscular blockade: Comparison with the results from adductor pollicis muscle. J Anesth. mars 1994;8(1):44-8.

17. Kitajima T, Ishii K, Kobayashi T, Ogata H. Differential effects of vecuronium on the thumb and great toe as measured by accelography and electromyography. Anaesthesia. janv 1995;50(1):76-8.

18. Paul M, Fokt RM, Kindler CH, Dipp NCJ, Yost CS. Characterization of the interactions between volatile anesthetics and neuromuscular blockers at the muscle nicotinic acetylcholine receptor. Anesth Analg. août 2002;95(2):362-367, table of contents.

19. Plaud B, Debaene B, Donati F. The corrugator supercilii, not the orbicularis oculi, reflects rocuronium neuromuscular blockade at the laryngeal adductor muscles. Anesthesiology. juill 2001;95(1):96-101.

20. Goat VA, Yeung ML, Blakeney C, Feldman SA. The effect of blood flow upon the activity of gallamine triethiodide. Br J Anaesth. févr 1976;48(2):69-73.

21. Johnson MA, Polgar J, Weightman D, Appleton D. Data on the distribution of fibre types in thirty-six human muscles. An autopsy study. J Neurol Sci. janv 1973;18(1):111-29.

LISTE DES ABREVIATIONS

AIVOC : Anesthésie intraveineuse à objectif de concentration

ASA : American Society of Anesthesiologists

CPP : Comité de protection des personnes

DBS : Double burst stimulation

DS : Dérivation standard

PTC : Compte post tétanique

T4/T1 : Rapport de la quatrième sur la première réponse au train de quatre

TOF : Train of four

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1. Diagramme représentant la réponse musculaire au stimulus du train-de-quatre avant et après curarisation, en calculant le rapport de la quatrième réponse (B) sur la première (A). 3

Figure 2. Site de stimulation du nerf tibial postérieur 6

Figure 3. Installation et récupération du bloc neuromusculaire après injection de mivacurium..... 7

Figure 4. Accéléromètre 3D TOF-Scan® de la marque iDMed..... 10

Figure 5. Installation et récupération du bloc neuromusculaire après injection d'atracurium. Délais moyens de curarisation (TOF 0), d'apparition d'une réponse (TOF 1), de quatre réponses (TOF 4), et d'un rapport T4/T1 à 50%, 75%, et > à 90% au train de quatre..... 16

Figure 6. Graphique de Bland et Altman évaluant la concordance entre les délais de décurarisation (T4/T1 > 0,90) au fléchisseur de l'hallux et à l'adducteur du pouce..... 17

Figure 7. Graphique de Bland et Altman évaluant la concordance entre le délai de curarisation (TOF 0) au fléchisseur de l'hallux comparé à celui de l'adducteur du pouce..... 18

Tableau 1. Données démographiques. 13

Tableau 2. Données de la curarisation et de la décurarisation. 14

Tableau 3. Délais de perte de la dernière réponse au train de quatre (TOF 0), de récupération d'une réponse (TOF 1), de quatre réponses (TOF 4), d'un rapport T4/T1 à 50%, 75% et supérieur à 90% au train de quatre. 16

Tableau 4. Délai d'obtention d'un rapport T4/T1 > 90% après antagonisation pharmacologique ou après décurarisation spontanée. 17

SERMENT

En présence des Maîtres de cette école, de mes chers condisciples et devant l'effigie d'Hippocrate, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la médecine. Je donnerai mes soins gratuits à l'indigent et n'exigerai jamais un salaire au-dessus de mon travail. Admis dans l'intérieur des maisons mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe ; ma langue taira les secrets qui me seront confiés, et mon état ne servira pas à corrompre les mœurs ni à favoriser le crime. Respectueux et reconnaissant envers mes Maîtres, je rendrai à leurs enfants l'instruction que j'ai reçue de leurs pères.

Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses ! Que je sois couvert d'opprobre et méprisé de mes confrères si j'y manque !

RESUME

Introduction

Le monitorage de la curarisation est essentiel pour limiter les complications postopératoires, notamment respiratoires. Le monitorage du train de quatre à l'adducteur du pouce est la méthode de référence pour la surveillance de la décurarisation. Cependant les mains du patient ne sont pas toujours accessibles, conduisant au retard voire à l'absence de monitorage de la décurarisation en fin de chirurgie. Le site du fléchisseur de l'hallux parait une alternative intéressante.

L'objectif de l'étude CurHaTOF était de comparer des délais de décurarisation au fléchisseur de l'hallux et à l'adducteur du pouce après injection d'atracurium.

Matériels et Méthodes

La curarisation était monitorée de manière concomitante au fléchisseur de l'hallux et à l'adducteur du pouce après injection d'atracurium chez 60 patients bénéficiant d'une chirurgie programmée entre janvier 2016 et septembre 2017. Les données de la curarisation et décurarisation étaient relevées. Une analyse en sous-groupe en cas de décurarisation pharmacologique a été réalisée.

Résultats

Le fléchisseur de l'hallux se décurarise en moyenne plus précocement que l'adducteur du pouce avec un délai de 59,5 ± 9,9 min *versus* 64,5 ± 10,7 min ($p < 0,0001$). Aucune différence significative n'a été retrouvée chez les patients ayant reçu une antagonisation pharmacologique avec un délai de décurarisation de 53,0 ± 12,2 min à l'hallux et 54,0 ± 12,4 min au pouce ($p=0,2783$). La récupération de la première réponse est plus tardive à l'hallux avec un délai moyen de 40,2 ± 9,9 min *versus* 38,0 ± 8,0 min ($p = 0,0496$). Il n'y a pas de différence significative concernant l'apparition de la quatrième réponse avec un délai moyen de 49,2 minutes ± 8,9 à l'hallux *versus* 49,2 minutes ± 8,3 au pouce ($p=0,9891$).

Le fléchisseur de l'hallux se curarise plus tardivement que l'adducteur du pouce avec un délai moyen de 4,4 ± 1,5 min *versus* 3,7 ± 1,2 min ($p= 0,0001$).

Conclusion

L'étude CurHaTOF a montré une décurarisation plus précoce au fléchisseur de l'hallux. Son utilisation doit se faire de manière prudente avec une antagonisation pharmacologique systématique.

Mots Clés :

Monitorage, curarisation, fléchisseur de l'hallux, curare non dépolarisant