

Groupement Hospitalier de Territoire  
**Grand Paris Nord-Est**  
Aulnay-sous-Bois - Le Raincy-Montfermeil - Montreuil



FHU  
i2.d2.



**AR-Péd-Obst**

Hôpital Robert-Debré AP-HP

ASSISTANCE  
PUBLIQUE  HÔPITAUX  
DE PARIS

Université de Paris

---

# Monitorage de la curarisation en pédiatrique

---

Pr Souhayl DAHMANI.

DAR Robert Debré. Paris.

DAR Robert Ballanger. Aulnay-Sous-Bois

## GUIDELINES

### **2025 ESAIC and ESPA Guidelines on neuromuscular block in anaesthetised children**

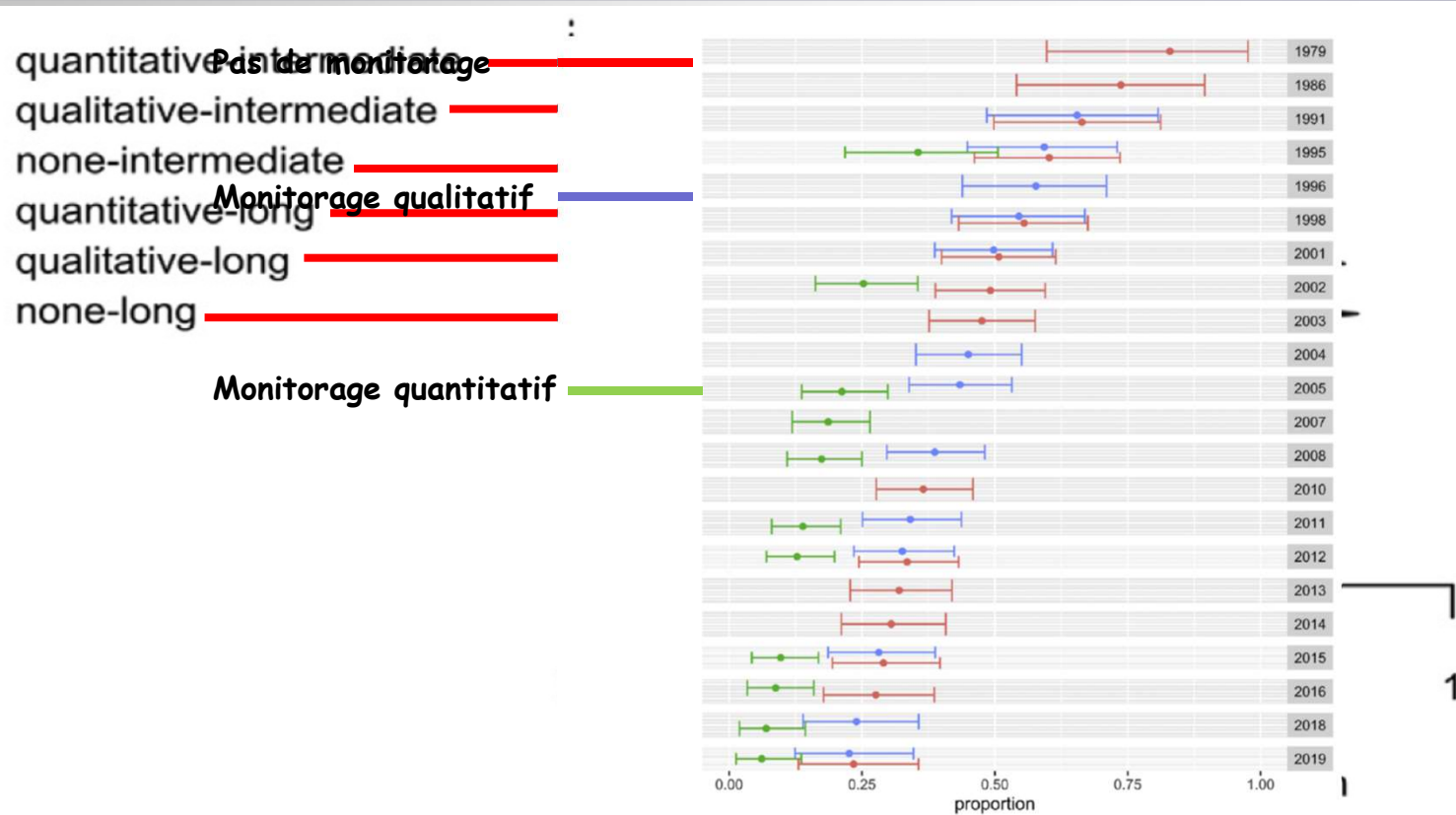
#### *Indications, monitoring and reversal*

Francis Veyckemans, Sophie Debouche, Jost Kaufmann, Nicola Disma, Angela Amigoni, Giulia Bonatti, Michelle Icka Christensen, Thomas Engelhardt, Alexander Fuchs, Thomas Fuchs-Buder, Tom G. Hansen, Jacob Karlsson, Maren Kleine-Brueggeney, Andrea Clarissa Lusardi, Thomas Riva, Jean-Philippe Salaün, Vera Saldien, Rita Saynhalath, Mikkel Scavenius, Denis Schmartz, Luc E. Vanlinthout, Ricardo Carlos Vieira, Britta S. von Ungern-Sternberg, Carolina S. Romero and Arash Afshari

**Pourquoi monitorer les curares ?**



# Les complications respiratoires

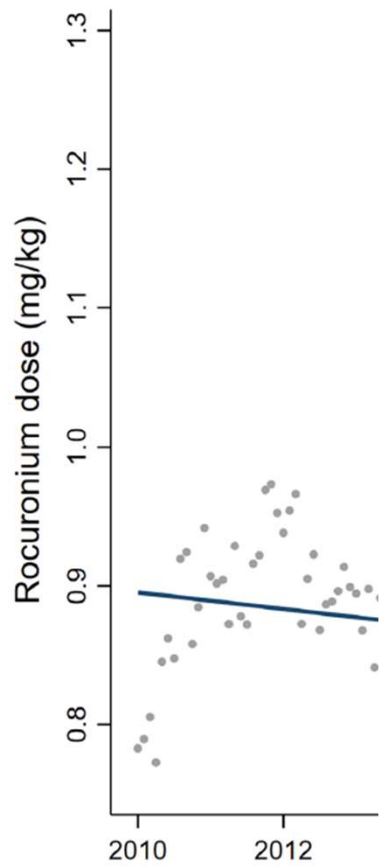


# Les complications respiratoires

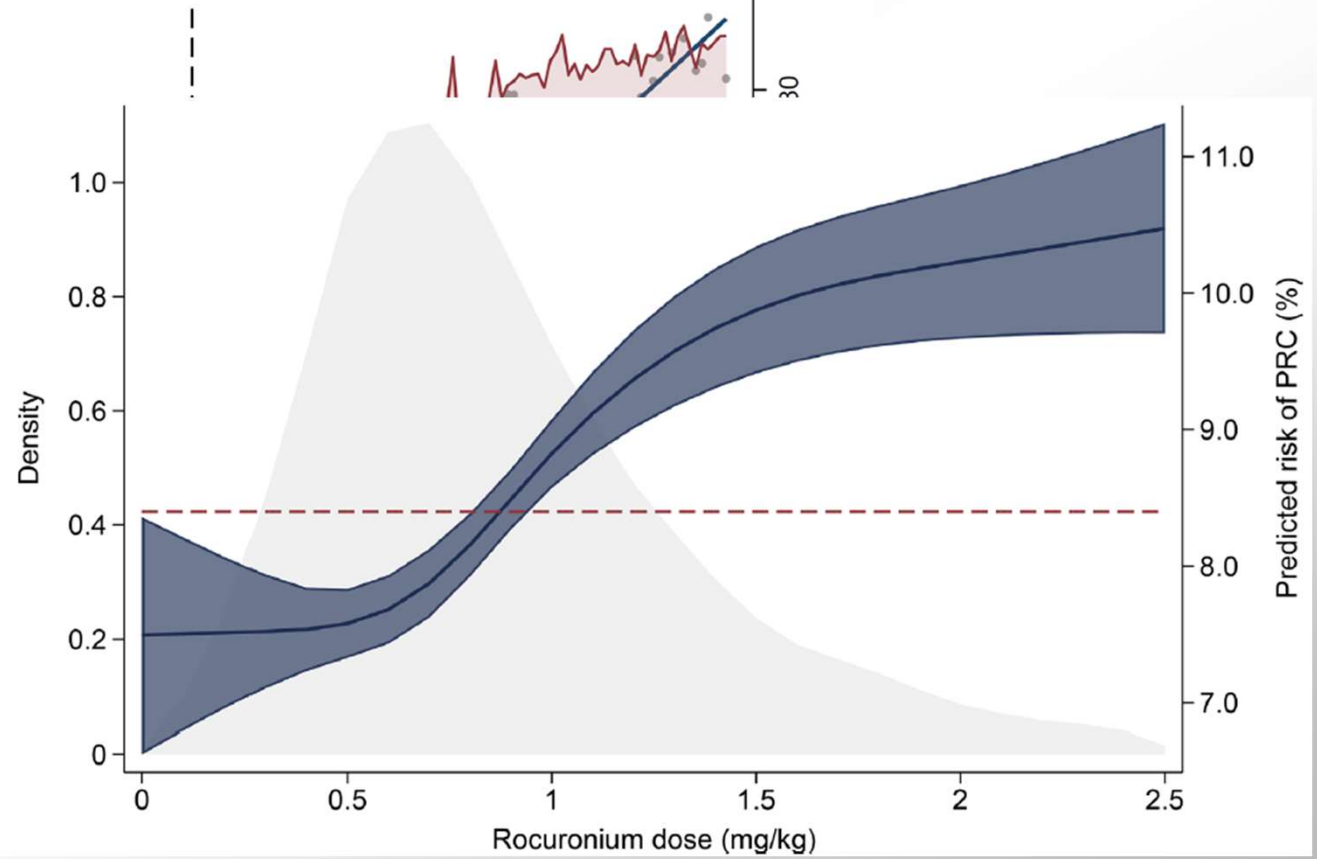
Patient characteristics	No post-operative respiratory complications within 3 days (n = 6435)	Post-operative respiratory complications within 3 days (n = 72)
Neuromuscular blocking agent dose, median [IQR], multiples of 95% effective dose	1.0 [0.0-2.6]	3.6 [2.0-5.9]

Factor	P for Interaction for NMBA dose*factor	Subgroup	PRC incidence in subgroup (%)	Median NMBA ED95 dose [IQR]	Results for subgroup		
					OR for G3 vs G1	95% CI	P value
Age	.016						
Duration of surgery	.006						
ASA status	.015						

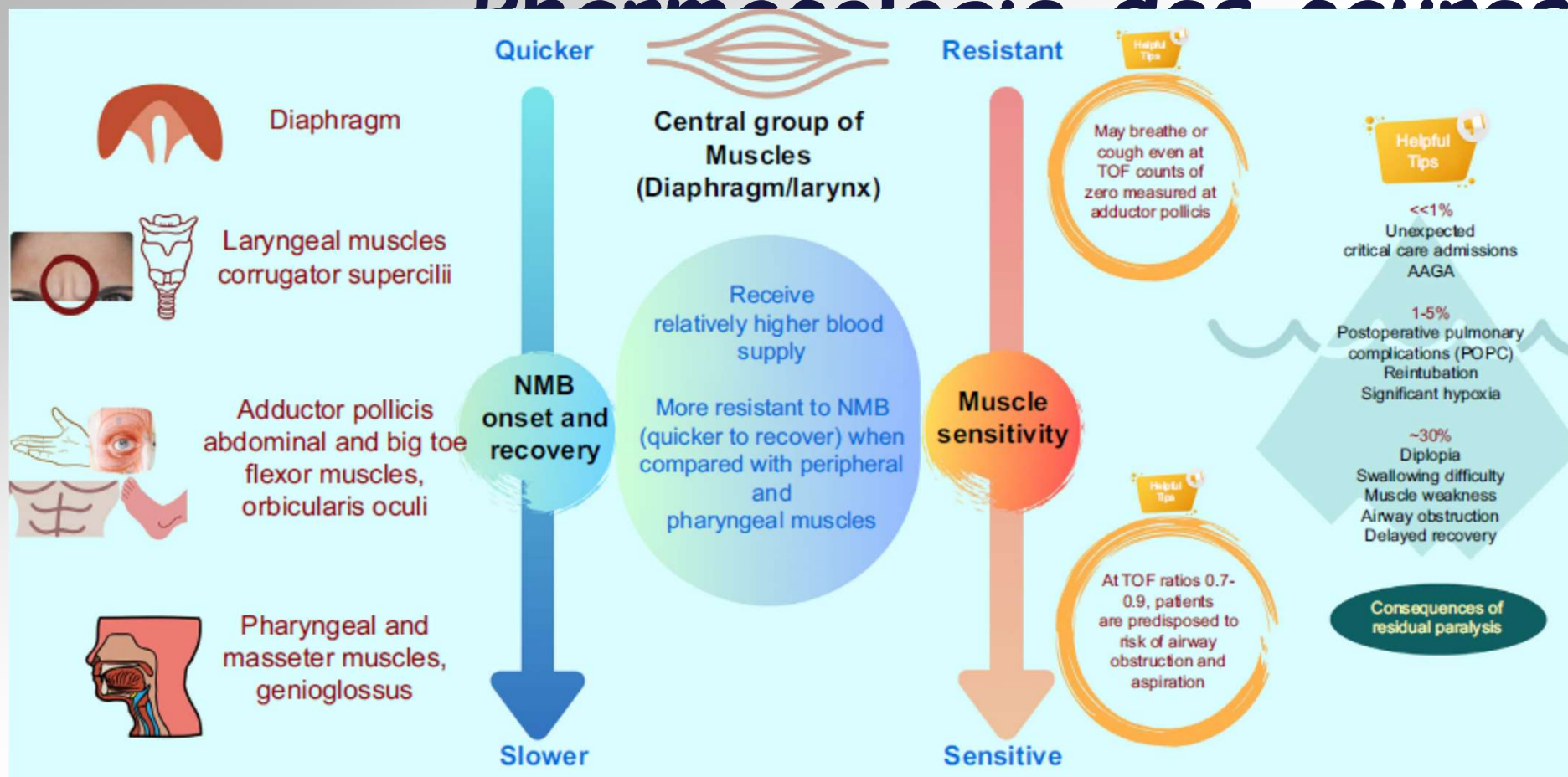
....Dans notre étude, seul un quart des enfants curarisés ont bénéficié d'un monitoring de la curarisation et environ un cinquième a présenté une récupération documentée du T1/T4 > 0,9. Ces données soulignent le fait que les cliniciens n'utilisent pas systématiquement le monitoring de la curarisation dans leur pratique clinique.



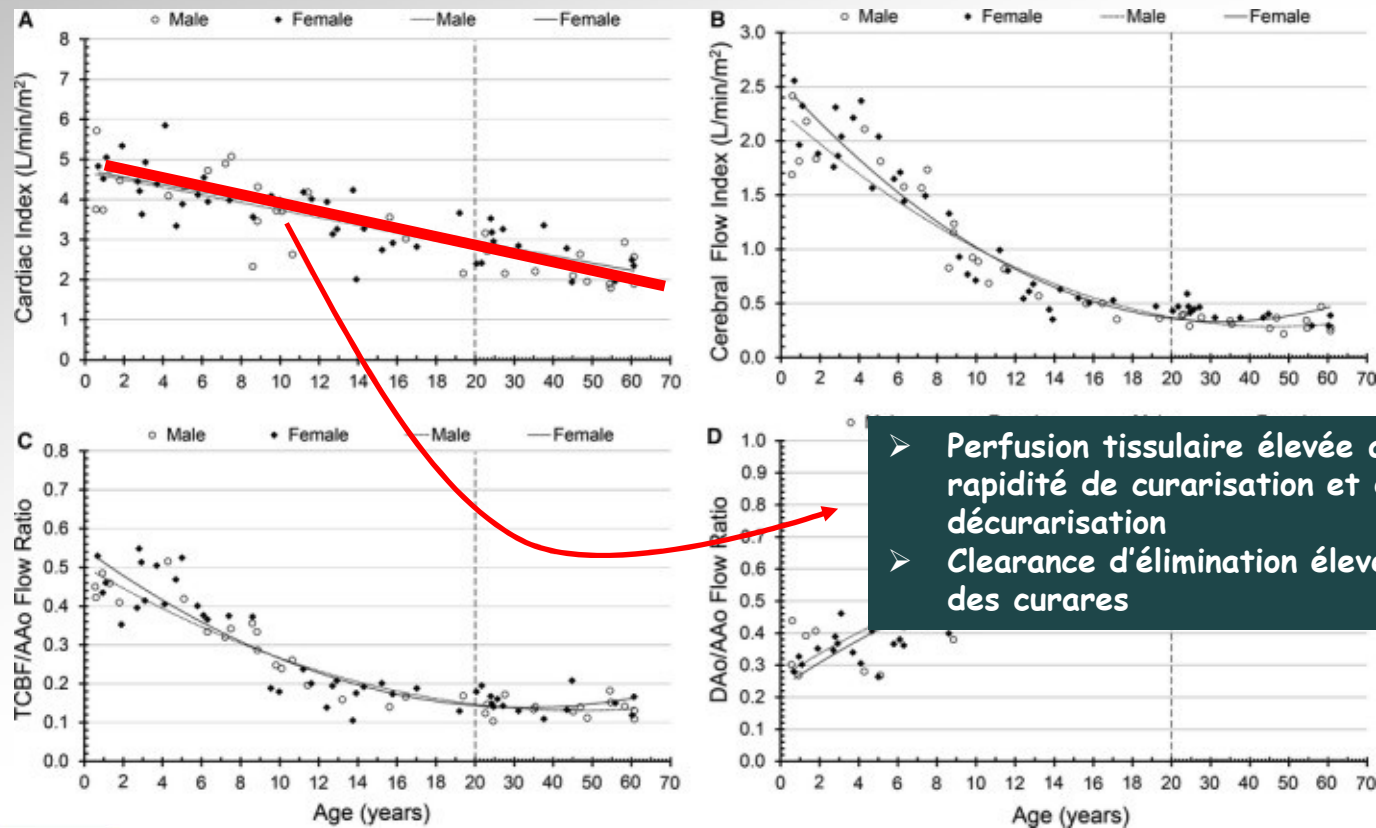
Introduction of sugammadex  
(September 2016)



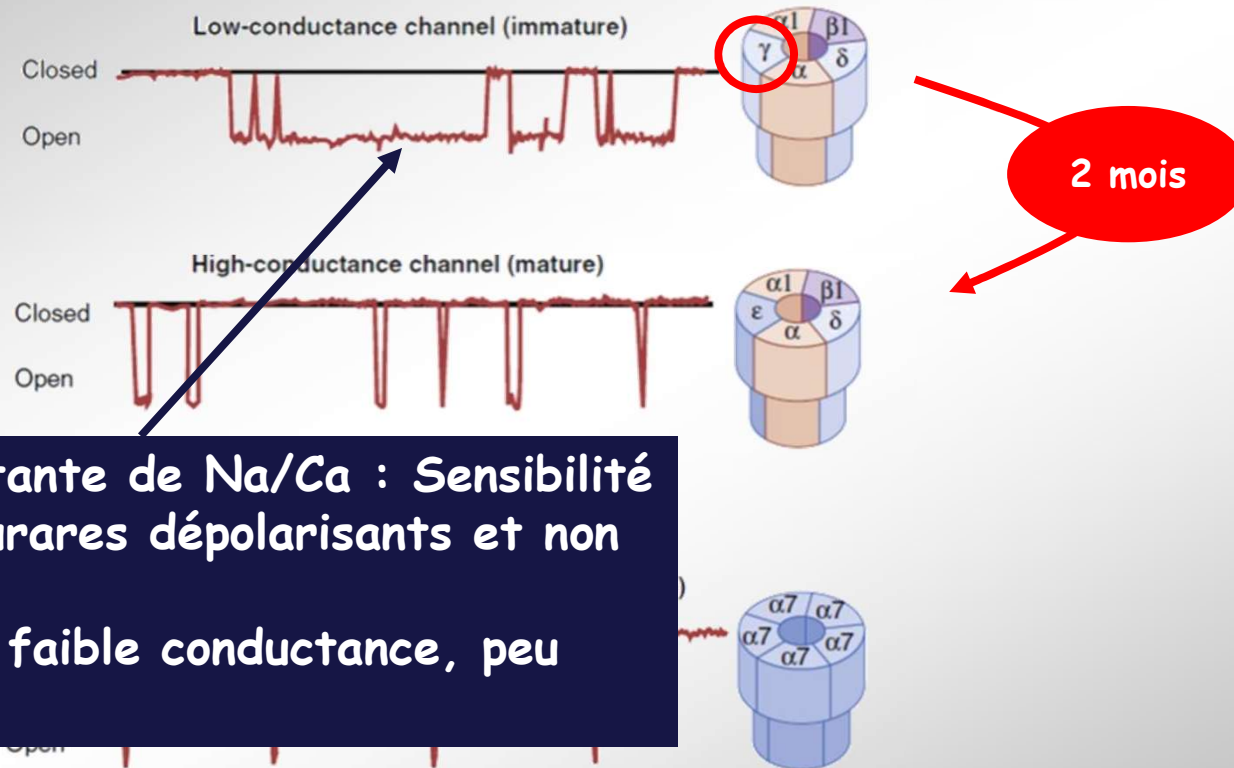
# Pharmacologic doses



# Particularités pédiatriques



➤ Perfusion tissulaire élevée avec rapidité de curarisation et de décurarisation  
➤ Clearance d'élimination élevée des curares



- Entrée importante de Na/Ca : Sensibilité accrue aux curares dépolarisants et non dépolarisants
- Du fait de la faible conductance, peu d'activation

BODY WATER COMPARTMENTS

**Table 1** ED<sub>90</sub> of succinylcholine is greater in neonates, infants and children than in adults when expressed in mg kg<sup>-1</sup>, but not when expressed in mg m<sup>-2</sup> 5,6

	mg kg <sup>-1</sup>	mg m <sup>-2</sup>
Neonates	0.517	8.24
Infants	0.608	12.04
Children	0.352	8.45
Adults	0.290	11.94

**Table 2** Steady-state concentration of tubocurarine for 50% depression of EMG twitch (C<sub>pss50</sub>), steady-state volume of distribution (V<sub>dss</sub>), and dose for 50% depression of twitch (D<sub>50</sub>) calculated from the other two parameters<sup>7</sup>

	C <sub>pss50</sub> (μg ml <sup>-1</sup> )	V <sub>dss</sub> (l kg <sup>-1</sup> )	D <sub>50</sub> (μg kg <sup>-1</sup> )
Neonates	0.18	0.74	155
Infants	0.27	0.52	158
Children	0.42	0.41	163
Adults	0.53	0.30	152

**Volume extracellulaire plus grand (en proportion au poids) : volume de distribution plus important**

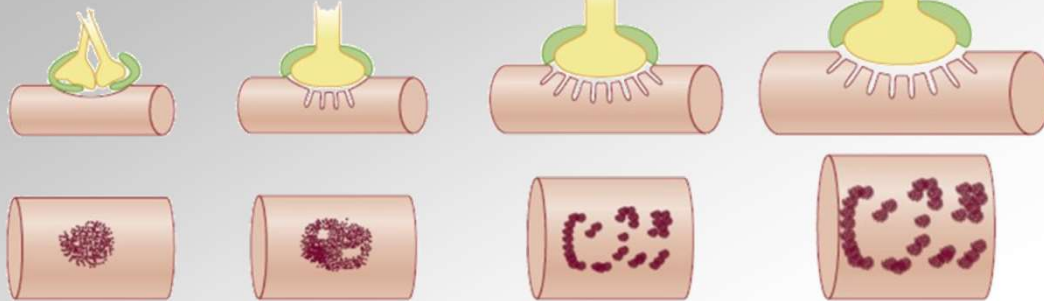
➤ **Augmentation volume de distribution**

PO (newborn)

P5

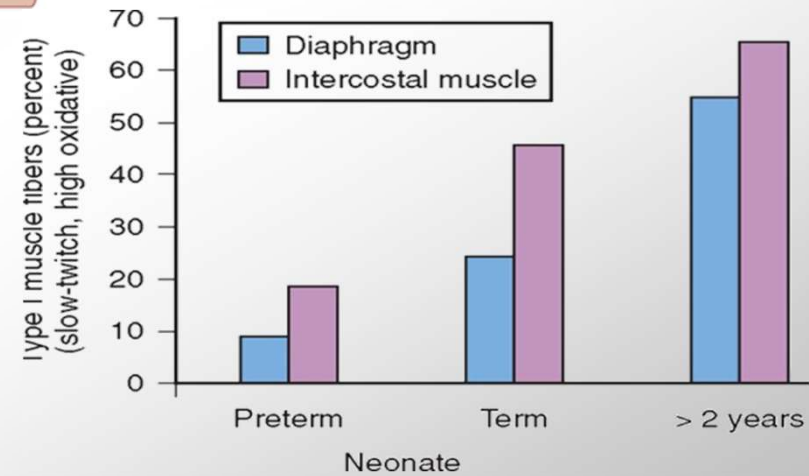
P14

P30 (adult)



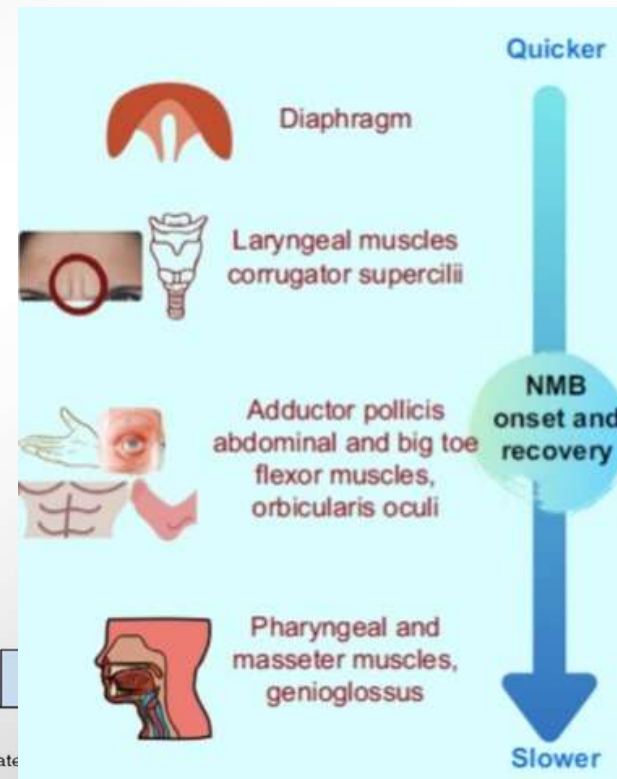
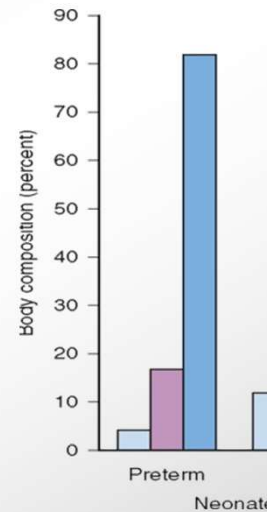
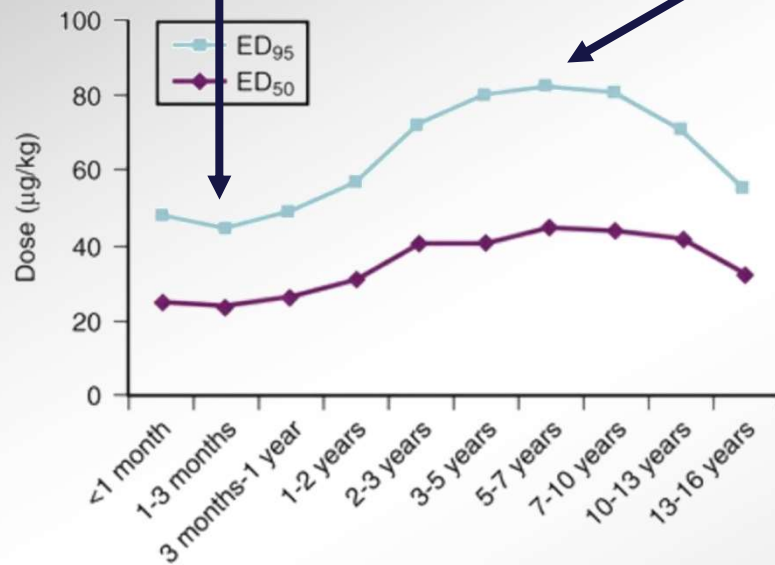
## Distribution compacte des JNM

**Fibres de type I (résistives) sont plus sensibles au CND.**



- Sensibilité accrue aux curares non dépolarisants
- Débit cardiaque & VEC élevés
- Densité des récepteurs JNM plus faibles

- Sensibilité « adulte »
- Densité des récepteurs et JNM « adulte »
- Masse musculaire plus importante (en proportion)
- Débit cardiaque & VEC plus bas

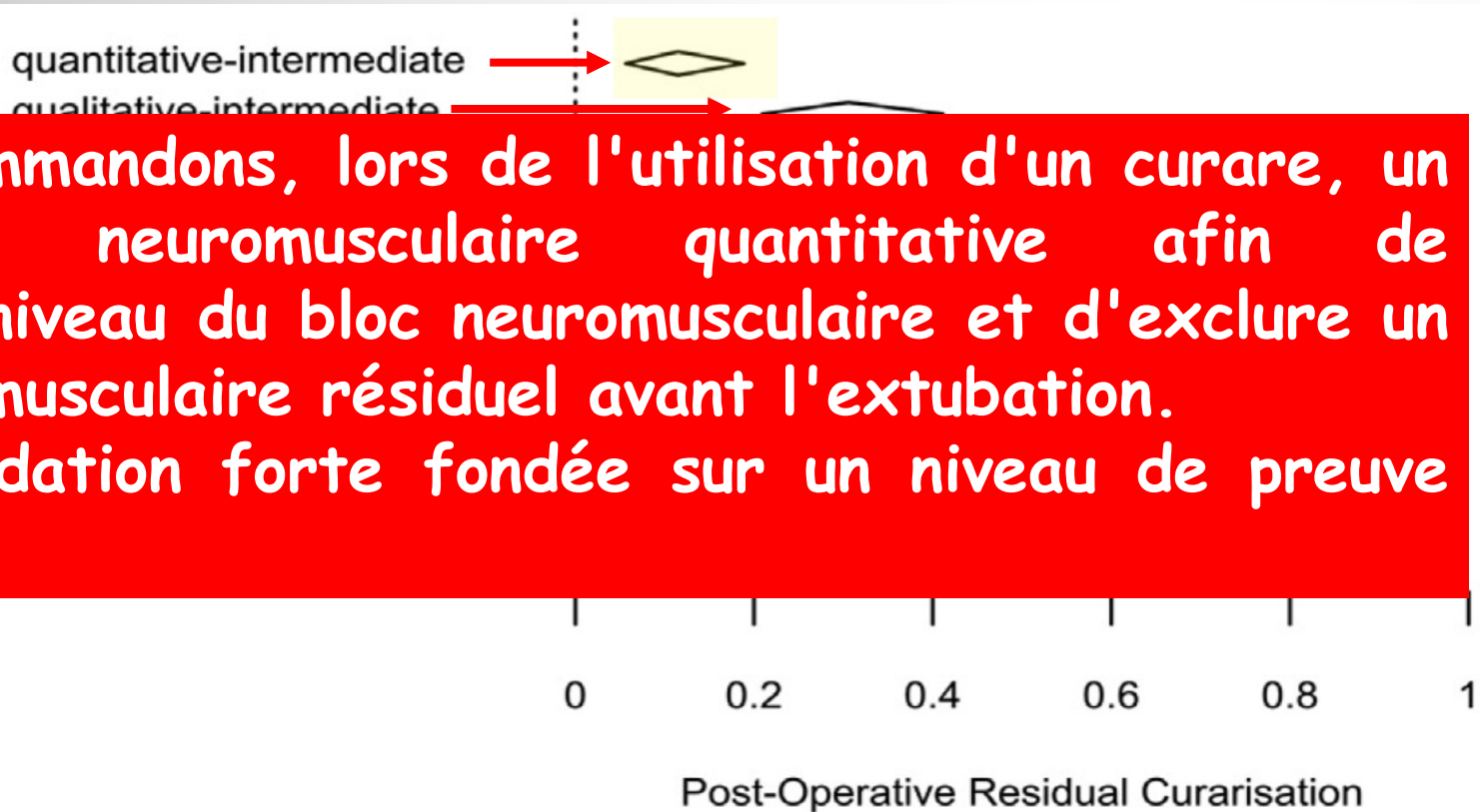


# Interactions

	Sevoflurane and fentanyl	Total intravenous anaesthesia (propofol and remifentanyl)	p-value
Number of patients	20	19	—
Age, months (SD)	6.5 (4.1)	14.7 (5.7)	—
Sex, females (%)	9 (45)	9 (47)	—
ASA class 1/2/3	17/2/1	12/6/1	—
Weight, kg (SD)	7.4 (1.6)	10.4 (1.8)	—
Onset: Time to TOF 0, s (SD)	166 (37)	199 (60)	.04
Time to TOF >0.9, min (SD)	119 (40) <sup>a</sup>	73 (29)	.0004
Range	77-240	42-144	
Duration of surgery min (SD)	117 (55)	154 (27)	

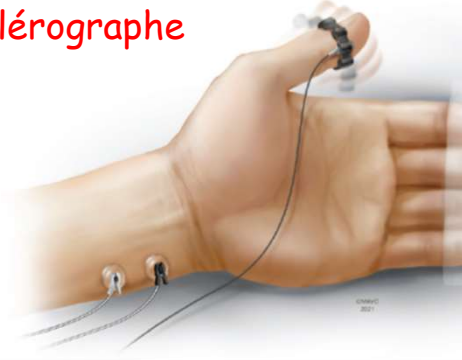
**Comment monitorer les curares ?**

# Les possibilités ?

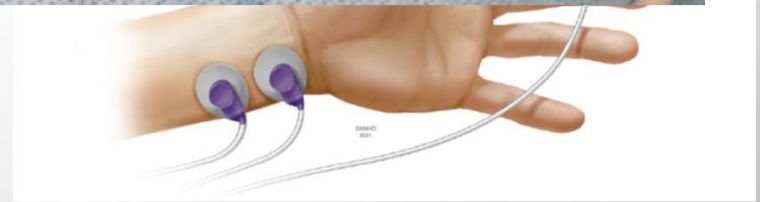
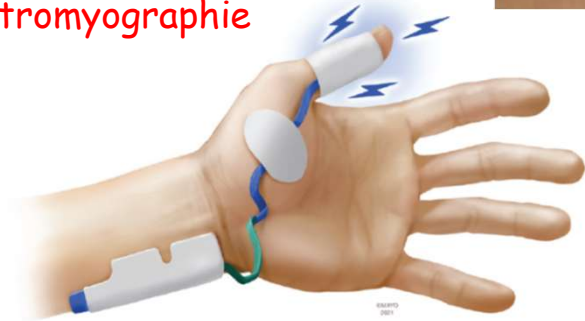


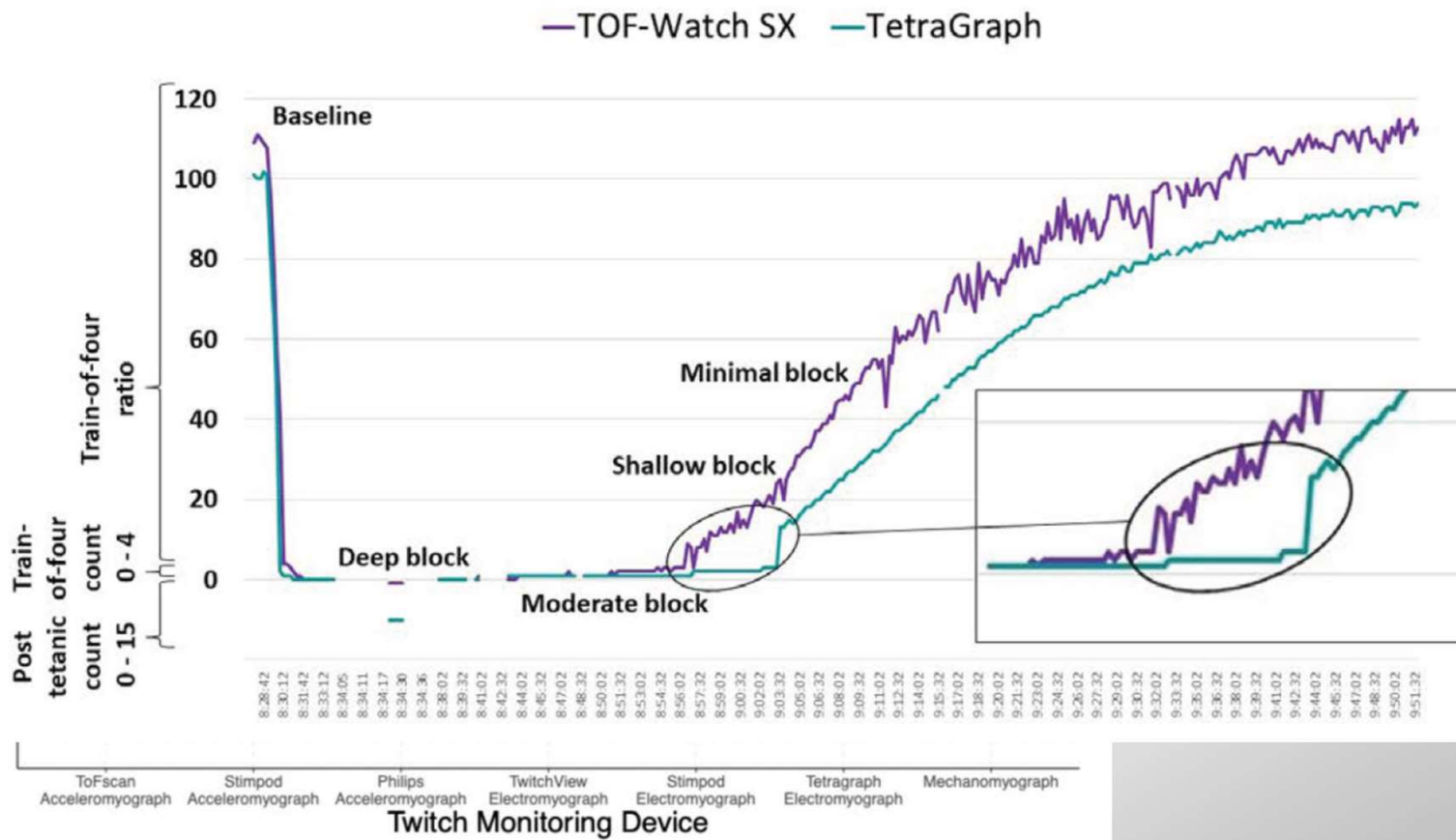
Nous recommandons, lors de l'utilisation d'un curare, un monitoring neuromusculaire quantitative afin de moduler le niveau du bloc neuromusculaire et d'exclure un bloc neuromusculaire résiduel avant l'extubation.  
(Recommandation forte fondée sur un niveau de preuve modéré)

## Accélérographe



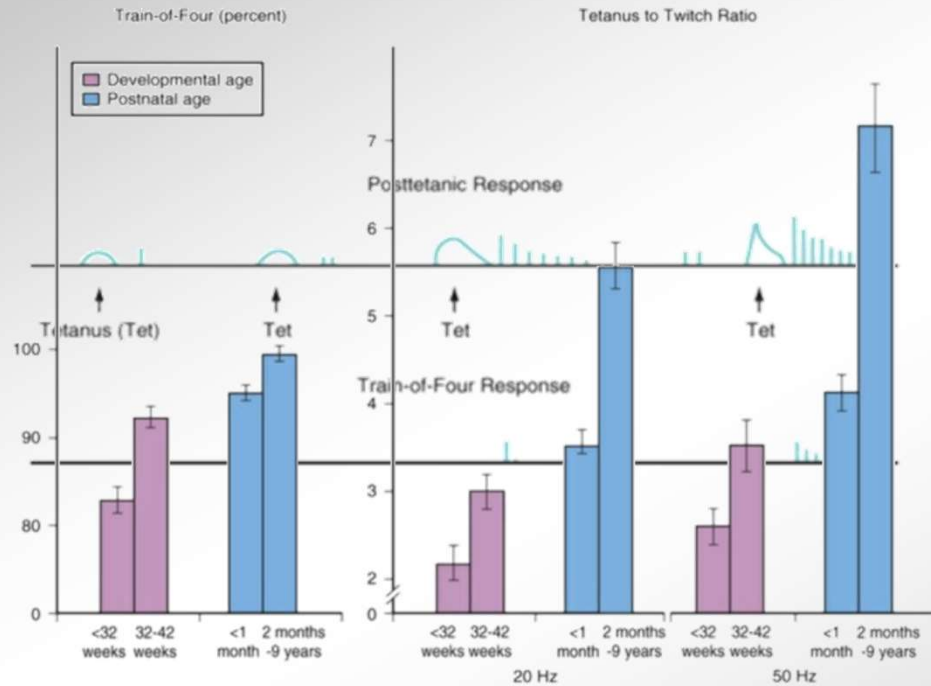
## Electromyographie



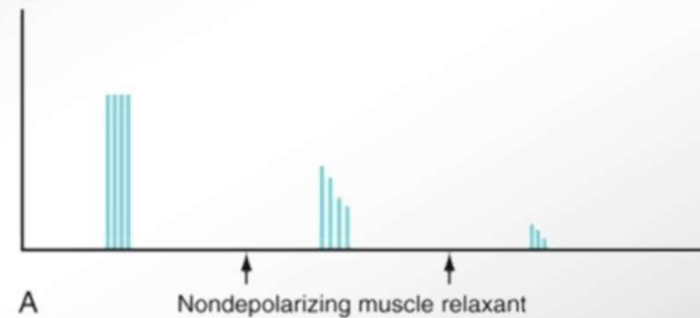


# Particularités pédiatriques

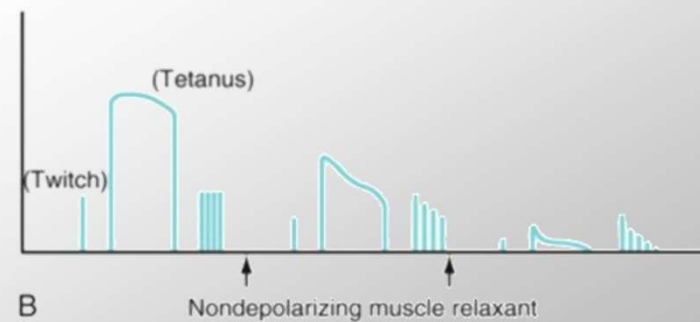
## Train de Quatre & Compte post-tétanique



Train-of-Four (2 Hz, 2 seconds)

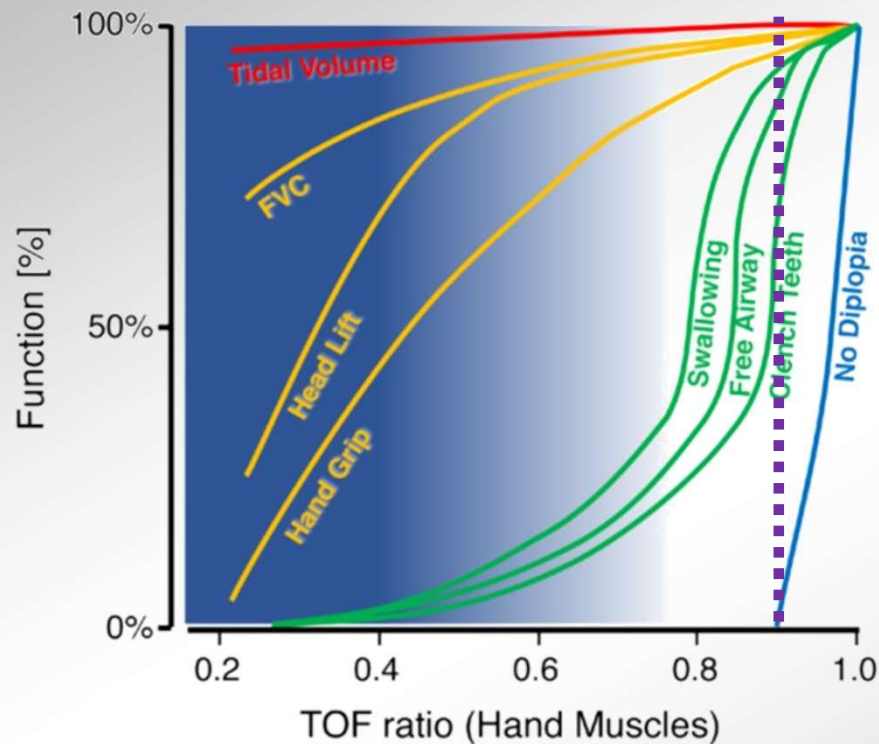


Tetanus (50 Hz, 5 seconds)



Nous suggérons le monitoring neuromusculaire quantitative par électromyographie plutôt que par accéléromyographie et l'étalonnage de l'appareil avant l'administration d'un curare. (Recommandation conditionnelle fondée sur un niveau de preuve très faible)

# Décurarisation



**T1/T4 TOF > 0,9**

Deux options

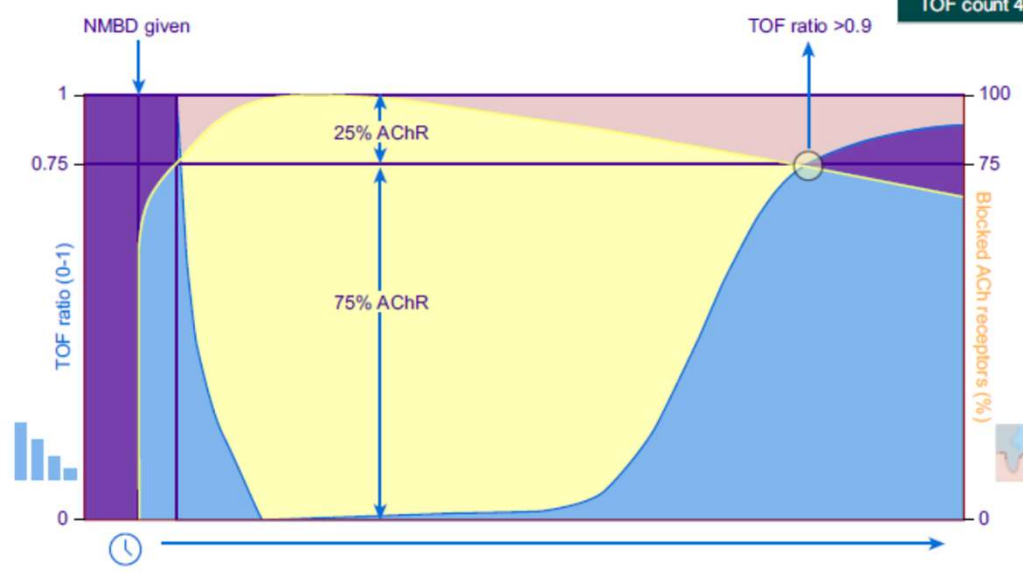
- Neostigmine (+ atropine)
- Sugammadex

Sugammadex reversal guidance



Immediate reversal  $\odot$   $16 \text{ mg kg}^{-1}$   
 Post-tetanic count (PTC) 1-2  $\odot$   $4 \text{ mg kg}^{-1}$   
 TOF count  $\geq 2$   $\odot$   $2 \text{ mg kg}^{-1}$

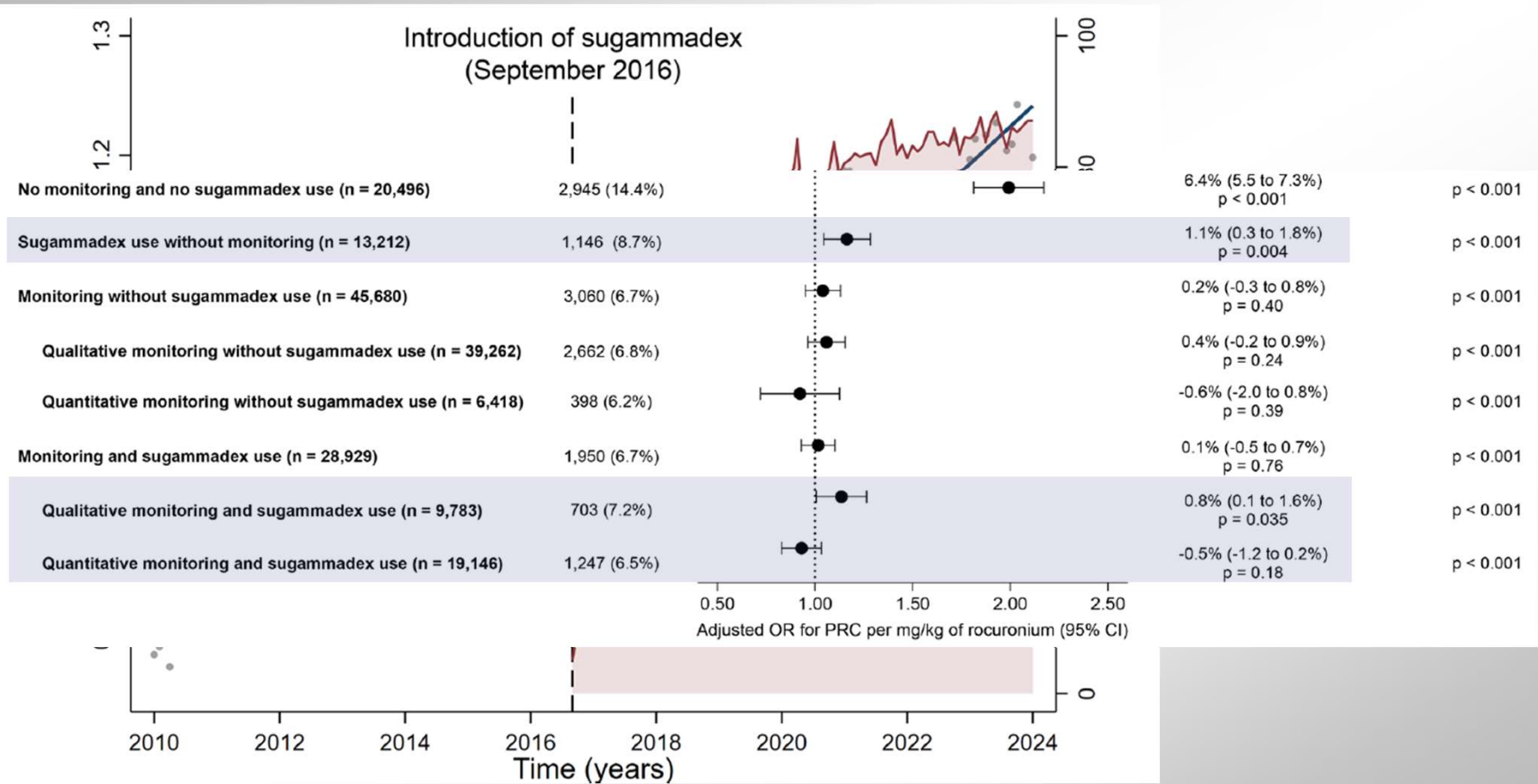
Qualitative PNS	Quantitative monitor	Neostigmine
PTC	PTC	Wait
TOF count 1-3	TOF count 1-3	Wait
TOF count 4 (Fade +)	TOF ratio $<0.4$ *	$50 \text{ mcg kg}^{-1}$ *
TOF count 4 (no fade)	TOF ratio $0.4-0.9$ †	$30 \text{ mcg kg}^{-1}$ †
TOF count 4 (no fade)	$> \text{TOF ratio } 0.9$	No reversal



Neostigmine Reversal Guidance Table

- \* May require up to 20 min after giving neostigmine
- † May require up to 10 min after giving neostigmine
- Ensure TOF ratio  $>0.9$  before extubation

Fig 3 Acetylcholine receptor occupancy and train-of-four ratio. Reversal guidance for neostigmine and sugammadex. Blue, TOF ratio. Yellow, acetylcholine receptor occupancy. The graph demonstrates that up to 75% of acetylcholine receptors may remain occupied when the TOF ratio is 0.9, indicating a large margin of safety with respect to neuromuscular transmission. Adapted from Fink and colleagues. Anaesthetic Pharmacology: Basic Principles and Clinical Practice. Cambridge University Press 2011; 608–32. AChR, acetylcholine receptor; NMBD, neuromuscular blocking drug; PTC, post-tetanic count; TOF, train-of-four.



## AP vs Court fléchisseur du gros orteil

**Table 1. Demographic Data of the Study Cohort**

Variable	Value
Number enrolled	50
Age, y, mean (SD)	3.0 (2.9)
Weight, kg, mean (SD)	13.7 (8.8)
BMI, kg/m <sup>2</sup> , mean (SD)	16.6 (2.7)

Nous suggérons un monitoring neuromusculaire au niveau de l'adducteur du pouce en première intention et au niveau du court fléchisseur de l'orteil en alternative si l'adducteur du pouce n'est pas accessible. (Recommandation conditionnelle fondée sur un niveau de preuve très faible).

Attente de 191 s supplémentaires améliore la sécurité ?

# Cas particulier Célocurine

- Dépression du sigle twitch (ST)

Afin d'exclure une durée d'action prolongée de la succinylcholine, nous suggérons d'utiliser une évaluation clinique (par exemple, le retour de la respiration et des mouvements spontanés) et une surveillance du bloc neuromusculaire pour évaluer la récupération après son administration. (Recommandation conditionnelle fondée sur un niveau de preuve très faible)

# Déficit en pseudocholinestérase

➤ **Activité des cholinestérase** : enzymes codées par 5 allèles

➤ **Fu** : Usual

Afin d'exclure une durée d'action prolongée de la succinylcholine, nous suggérons d'utiliser une évaluation clinique (par exemple, le retour de la respiration et des mouvements spontanés) et une surveillance du bloc neuromusculaire pour évaluer la récupération après son administration. (Recommandation conditionnelle fondée sur un niveau de preuve très faible)

➤ **Brulures étendues**

	Overall	Sugammadex redose?	
		No sugammadex redose no	Sugammadex redose
N (%)	2923	2800 (95.8)	123 (4.2)
Redose sugammadex= Yes (%)	123 (4.2)	0 (0.0)	123 (100.0)
Minutes from initial sugammadex to redose (median [IQR])	7 [4, 17]	-	7 [4, 17]
Number of sugammadex administrations (%)			
1	2799 (95.8)	2800 (100.0)	0 (0.0)
2	111 (3.8)	0 (0.0)	111 (89.4)
3	12 (0.4)	0 (0.0)	12 (9.8)
4	1 (0.0)	0 (0.0)	1 (0.8)
Sugammadex redose, mg/kg (median [IQR])	2.74 [1.96, 3.99]	-	2.74 [1.96, 3.99]
Initial sugammadex dose, mg/kg (median [IQR])	3.23 [2.18, 4.17]	3.21 [2.19, 4.17]	3.45 [2.17, 4.17]

- Dose de Rocuronium : 0,5 mg.Kg<sup>-1</sup>
- Monitoring quantitatif T1/T4
- Sugammadex adapté au niveau de bloc
- Vérification de l'absence de re-curarisation

Variable	Hazard Ratio (95% CI)	anova p value
Increasing initial sugammadex dose (from 2 to 4 mg/kg)	0.70 (0.46, 1.06)	.21
Increasing last rocuronium dose (from 0.5 to 1 mg/kg)	1.02 (0.80, 1.30)	.18
Sex (Female)	1.02 (0.70, 1.47)	.93
Intraoperative TOF monitoring= True	1.27 (0.87, 1.85)	.22
Urologic Abnormality= True	1.77 (0.43, 7.26)	.43
Neuromuscular Disorder= True	1.97 (0.72, 5.42)	.19
Increasing age (from 3 to 13 months)		
Weight= 7 kg	0.47 (0.24, 0.91)	<.01
Increasing weight (from 4.7 to 9.2 kg)		
Age= 6 months	0.59 (0.32, 1.07)	<.01

Afin de prévenir un bloc neuromusculaire résiduel ou une récurarisation, nous suggérons d'éviter les doses excessives de rocuronium et d'utiliser une surveillance neuromusculaire quantitative systématique pour assurer une récupération adéquate avant l'extubation. (Recommandation conditionnelle fondée sur un très faible niveau de preuve).

Chez les enfants de moins de 2 ans ou lorsqu'une dose totale importante de rocuronium ou de vécuronium a été administrée, nous suggérons une période d'observation prolongée en salle de surveillance post-interventionnelle (SSPI) si le sugammadex a été utilisé pour l'antagonisation. (Recommandation conditionnelle fondée sur un niveau de preuve très faible)

# Yakafokon...

---

- Il faut monitorer la curarisation
- Il faut décurariser et vérifier la décurarisation



**Comment changer les comportements ?**



**Implémentation**

# Implémentation: COM-B

amazon.fr

, 7:37  
/content/7/1/37

IMPLEMENTATION SCIENCE

Open Access

the theo



framework

for u  
resear  
James Can



<b>Capacités</b>	<b>Psychologiques</b>	Connaissances : <b>rational scientifique</b>
		Compétences et savoir-faire : <b>connaissances des éléments nécessaires</b>
		Mémoire-attention-décisions : <b>rétenion de l'information et choix des options</b>
		Régulation des comportements : capacité à <b>contrôler un comportement</b> et à le modifier
	<b>Physiques</b>	Compétences et savoir-faire : <b>connaissances des éléments nécessaires</b>

<b>Capacités</b>	<b>Psychologiques</b>	Connaissances : <b>rationnel scientifique</b>
		Compétences et savoir-faire : <b>connaissances des éléments nécessaires</b>
		Mémoire-attention-décisions : <b>rétenion de l'information et choix des options</b>
		Régulation des comportements : capacité à <b>contrôler un comportement</b> et à le modifier
	<b>Physiques</b>	<b>Compétences et savoir-faire</b>
<b>Opportunités</b>	<b>Psychologiques</b>	Influence sociale : <b>changement de comportement dans un groupe d'individus.</b>
	<b>Physiques</b>	Contexte environnemental et ressources : <b>facteurs de l'environnement favorisant ou défavorisant un comportement donné</b>

<b>Capacités</b>	<b>Psychologiques</b>	Connaissances : <b>rationnel scientifique</b>
		Compétences et savoir-faire : <b>connaissances des éléments nécessaires</b>
		Mémoire-attention-décisions : <b>rétenion de l'information et choix des options</b>
		Régulation des comportements : capacité à <b>contrôler un comportement</b> et à le modifier
	<b>Physiques</b>	<b>Compétences et savoir-faire</b>
<b>Opportunités</b>	<b>Psychologiques</b>	Influence sociale : <b>changement de comportement dans un groupe d'individus.</b>
	<b>Physiques</b>	Contexte environnemental et ressources : <b>facteurs de l'environnement favorisant ou défavorisant un comportement donné</b>
<b>Motivation</b>	<b>Psychologique</b>	Rôle et identité sociale et professionnelle
		Croyance dans les capacités
		Optimisme
		Croyance dans les <b>conséquences</b>
		<b>Objectifs</b> : représentation mentale d'un objectif à atteindre.
	<b>Physique</b>	<b>Renforcement</b> : augmenter la probabilité d'un évènement par la mise en relation entre un stimulus et un objectif
		<b>Emotions</b> : ensemble de comportements ou de réactions physiologiques en réponse à une situation donnée (anxiété, dépression...etc.)

Connaissances : <b>rationnel scientifique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comprendre les conséquences de l'absence de monitoring</li> <li>• Maitriser les techniques de monitoring</li> </ul>
Compétences et savoir-faire : <b>connaissances des éléments nécessaires</b>	
Mémoire-attention-décisions : <b>rétenion de l'information et choix des options</b>	
Régulation des comportements : capacité à <b>contrôler un comportement</b> et à le modifier	
Influence sociale : <b>changement de comportement dans un groupe d'individus.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Protocole de service</li> <li>• Disposer du monitoring en salle et de ressources</li> </ul>
Contexte environnemental et ressources : <b>facteurs de l'environnement favorisant ou défavorisant un comportement donné</b>	
Rôle et identité sociale et professionnelle	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mettre en perspective par rapport à la sécurité des soins et les conséquences sur les patients et les soignants</li> <li>• RMM et retex</li> </ul>
Croyance dans les capacités	
Optimisme	
Croyance dans les <b>conséquences</b>	
<b>Objectifs</b> : représentation mentale d'un objectif à atteindre.	
<b>Renforcement</b> : augmenter la probabilité d'un évènement par la mise en relation entre un stimulus et un objectif	
<b>Emotions</b> : ensemble de comportements ou de réactions physiologiques en réponse à une situation donnée (anxiété, dépression...etc.)	

# Conclusion

---

- Variabilité pharmacologique et particularité pédiatriques = Monitoring
- Monitoring quantitatif
- Préférer les nouvelles modalités : EMG
- Si utilisation de l'accélérométrie : étalonnage pré-curarisation
- Connaissances-conséquences-protocoles-disponibilité ressources-qualité des soins