

## ARTYKUŁ ORYGINALNY/ORIGINAL PAPER

Otrzymano/Submitted: 18.02.2015 • Poprawiono/Corrected: 06.03.2015 • Zaakceptowano/Accepted: 13.03.2015

© Akademia Medycyny

## Monitorowanie i farmakologiczne przerywanie bloku przewodnictwa nerwowo-mięśniowego podczas znieczulenia u dzieci – wyniki ankiety przeprowadzonej wśród 99 anestezjologów

### *Monitoring and pharmacologic reversal of the neuromuscular block in paediatric patients – survey of practice among 99 anaesthesiologists*



Piotr Rzetelski<sup>1,2</sup>, Bogumiła Wołoszczuk-Gębicka<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Klinika Anestezjologii i Intensywnej Terapii Dziecięcej, Warszawski Uniwersytet Medyczny

<sup>2</sup> Oddział Anestezjologii i Intensywnej Terapii, Wojewódzki Specjalistyczny Szpital Dziecięcy im. Prof. Stanisława Popowskiego, Olsztyn

<sup>3</sup> Instytut Położnictwa i Ratownictwa Medycznego, Wydział Medyczny, Uniwersytet Rzeszowski

## Streszczenie

**Wstęp.** Zgodnie z wytycznymi Working Party on Post Anaesthesia Care (2009), „monitorowanie przewodnictwa nerwowo-mięśniowego, powinno być stosowane w czasie pojawiania się i ustępowania bloku przewodnictwa nerwowo-mięśniowego u pacjentów, którzy otrzymywali niedepolarizujące środki zwiotczające mięśnie”. Chcąc poznać aktualnie panującą sytuację, przeprowadziliśmy ankietę wśród anestezjologów znieczulających na co dzień pacjentów pediatrycznych. **Material i metody.** Uczestnicy badania ankietowego zostali poproszeni o udzielenie szczegółowych odpowiedzi dotyczących korzystania przez nich z monitorów przewodnictwa nerwowo-mięśniowego, dostępności nowoczesnych środków przerywających blok przewodnictwa nerwowo-mięśniowego oraz leków stosowanych podczas sekwencji szybkiej intubacji (RSI). **Wyniki i omówienie.** Ankietę wypełniło 99 anestezjologów. Większość z nich deklarowała, że używa monitorowania przewodnictwa nerwowo-mięśniowego rzadko lub nigdy, najwyraźniej nie doceniając możliwości występowania resztkowego bloku przewodnictwa nerwowo-mięśniowego po podaniu środków zwiotczających mięśnie o pośrednim czasie działania u dzieci. Przyczyną takiego stanu rzeczy wydaje się być ograniczona wiedza na temat aktualnie zalecanych wartości współczynnika ciągu czterech, jakie powinno się uzyskać przed ekstubacją tchawicy, pomimo że zdecydowana większość uczestniczących w badaniu anestezjologów miała dostęp do monitorów przewodnictwa nerwowo-mięśniowego. Dostępność sugammadeksu deklarowało 86% uczestniczących w ankiecie anestezjologów, ale znowu, wiedza w zakresie jego stosowania jako środka „ratunkowego” była ograniczona. Sukcynylocholina wciąż jest używana podczas sekwencji szybkiej indukcji. **Wnioski.** Wymagane jest dalsze szkolenie, aby zmienić panujące negatywne nastawienie do monitorowania przewodnictwa nerwowo-mięśniowego, a także realizacja aktualnych zaleceń dotyczących przywracania pełnej siły mięśniowej przed usunięciem rurki intubacyjnej. *Anestezjologia i Ratownictwo 2015; 9: 54-64.*

**Słowa kluczowe:** anestezja, dzieci, monitorowanie przewodnictwa nerwowo-mięśniowego, środki zwiotczające, TOF, sugammadeks, PORC

## Abstract

**Background.** According to the guidelines of the Working Party on Post Anaesthesia Care (2009), „the assessment of neuromuscular functions should be performed during emergence and recovery for patients who have

received nondepolarizing blocking agents". In an attempt to determine current practice, we carried out a survey among anaesthesiologists providing anaesthesia for paediatric patients. **Material and methods.** Survey participants were asked to give details regarding their use of the neuromuscular monitors, availability of the modern reversal agents, and drugs used for the rapid sequence induction. **Results and discussion.** 99 anaesthesiologists filled in the questionnaire. Most of them used neuromuscular monitoring seldom or never, apparently underestimating the possibility of the residual neuromuscular block after the administration of the intermediate-acting muscle relaxants in children. Knowledge regarding the current minimum recommended train of four ratio which should be observed prior to extubation seemed to be limited, even though vast majority of the participating anaesthesiologists had an access to a monitor of neuromuscular transmission. Sugammadex was available to 86% of the participating anaesthesiologists, but again, there was a limited knowledge regarding its use as a „rescue” medication. Suxamethonium was still used for rapid sequence induction/intubation. **Conclusions.** Further training is required to change the negative attitude toward the monitoring of the neuromuscular transmission, and to implement the current recommendations concerning its recovery prior to the removal of the endotracheal tube. *Anestezjologia i Ratownictwo 2015; 9: 54-64.*

*Keywords: anaesthesia, children, neuromuscular monitoring, muscle relaxants, TOF, sugammadex, PORC*

## Wstęp

Środki zwiotczające mięśnie są, obok opioidów, środków nasennych i anestetyków wziewnych, jedną z podstawowych grup leków stosowanych we współczesnej anestezjologii. Pomimo że działanie ich, jako jedynych, można stosunkowo łatwo zmierzyć, to monitorowanie przewodnictwa nerwowo-mięśniowego (n-m) wydaje się wciąż być pomijane w rutynowej praktyce anestezjologicznej.

Powrót siły mięśniowej, zdefiniowany jako powrót współczynnika ciągu czterech (train of four ratio, TOFR) > 0,9 uważa się obecnie za konieczny dla bezpieczeństwa pacjenta we wczesnym okresie pooperacyjnym [1-4]. Niepełny powrót siły mięśniowej po zakończeniu znieczulenia, zwany blokiem resztkowym (postoperative residual curarization, PORC), może sprzyjać powikłaniom płucnym [2,5] i niedotlenieniu w okresie pooperacyjnym. Oba te fakty zostały dobrze udokumentowane w populacji pacjentów dorosłych [1].

Wprowadzenie w latach 80 XX wieku środków zwiotczających o średnio długim czasie działania, takich jak wekuronium, atrakurium, cisatrakurium, a następnie rokuronium spowodowało zaprzestanie rutynowego podawania inhibitorów esterazy cholinowej pod koniec znieczulenia. Nieuzasadnione przekonanie, że blok przewodnictwa nerwowo-mięśniowego ustępuje w przewidywalnym czasie doprowadziło do przekazywania pacjentów z PORC do sali nadzoru poznieczuleniowego i do powikłań [1,5].

Badania, w których monitorowano przewodnictwo nerwowo-mięśniowe w sali nadzoru poznieczuleniowego wykazały, że znaczny odsetek pacjentów miewia w chwili przyjęcia TOFR < 0,9, natomiast monitorowanie bloku przewodnictwa nerwowo-mięśniowego podczas znieczulenia może skłaniać do częstszego używania neostygminy. Baillard i wsp., którzy na przestrzeni dziesięciu lat okresowo badali przewodnictwo nerwowo-mięśniowe u pacjentów w sali nadzoru poznieczuleniowego, odnotowali wzrost częstości monitorowania przewodnictwa nerwowo-mięśniowego w czasie wybudzania ze znieczulenia z 2% do 60% pacjentów, wzrost częstości używania neostygminy z 6% do 42%, i zmniejszenie częstości występowania PORC u pacjentów w sali nadzoru poznieczuleniowego z 62% do 3% [6].

Zgodnie z zaleceniami Working Party on Post Anaesthesia Care (2009), ocena powrotu przewodnictwa nerwowo-mięśniowego powinna zostać dokonana w czasie wybudzania ze znieczulenia u wszystkich pacjentów, u których stosowano niedepolaryzujące środki zwiotczające [7].

### ▪ Powrót przewodnictwa nerwowo-mięśniowego u dzieci

Blok przewodnictwa nerwowo-mięśniowego u dzieci ustępuje szybciej niż u dorosłych. Czas działania rokuronium w dawce 1 mg kg<sup>-1</sup> trwa średnio 45 min (27-62 min) u dzieci i 68 min (37-94 min) u dorosłych [8]. Samoistne ustępowanie bloku przewodnictwa od pojawienia się pierwszej odpowiedzi na stymulację do

całkowitego powrotu przewodnictwa trwa również krócej u dzieci niż u dorosłych [8], ale i tutaj obserwuje się dużą zmienność. Niewłaściwe (zbyt wczesne lub niepotrzebne) podanie środków przywracających przewodnictwo nerwowo-mięśniowe i zbyt wczesna ekstubacja tchawicy u pacjentów pediatrycznych zdają się dość często [9].

Noworodki i niemowlęta stanowią tą grupę pacjentów, w której niepełny powrót przewodnictwa nerwowo-mięśniowego po znieczuleniu jest szczególnie prawdopodobny. W tej grupie wiekowej zarówno wekuronium jak i rokuronium są środkami długo działającymi. Czas działania wekuronium w dawce  $0,1 \text{ mg kg}^{-1}$  wynosi 37 min u dzieci, i 56 min u niemowląt [10]. W przypadku rokuronium średni czas pozostawania leku w organizmie (mean residence time, MRT) wynosi  $26 \pm 9$  min u dzieci, i niemal dwukrotnie dłużej u noworodków i niemowląt ( $56 \pm 10$  min) [11]. W przypadku atrakurium, które ma inny mechanizm eliminacji, różnice te są mniejsze: czas działania dawki  $0,4 \text{ mg kg}^{-1}$  wynosi 25 min u niemowląt i 19 min u dzieci [12].

Niedepolaryzujące środki zwiotczające działają silniej i dłużej w obecności wziewnych środków znieczulania ogólnego.

Mając na uwadze powyższe fakty, konieczność monitorowania przewodnictwa nerwowo-mięśniowego u dzieci postulowano już od dawna [13].

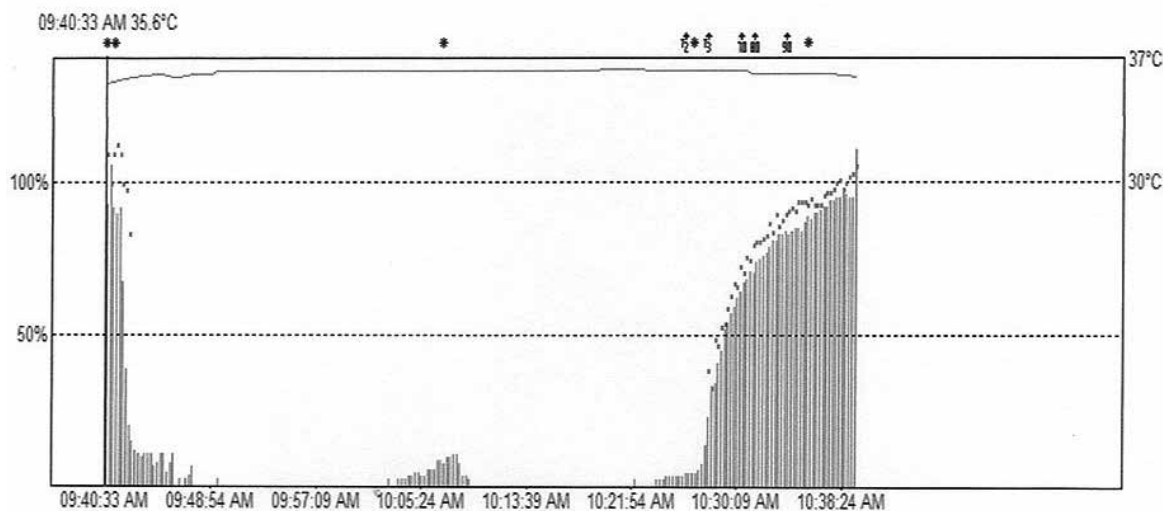
#### ■ Monitorowanie przewodnictwa nerwowo-mięśniowego

Monitorowanie przewodnictwa nerwowo-mięśniowego to proces oceny wpływu środków zwiotczających na czynność mięśni, których spontaniczne napięcie oraz kurczliwość zostały farmakologicznie obniżone bądź zniesione. Polega ono na stymulacji nerwu ruchowego i ocenie odpowiedzi mięśni przezeń unerwianych. Najczęściej wykorzystywany do tego celu jest nerw łokciowy i mięsień przywodziciel kciuka.

Nerw ruchowy stymuluje się bodźcem supra-maksymalnym, to jest o 25% silniejszym niż ten, który powoduje skurcz wszystkich włókien unerwianego mięśnia. Natężenie tego bodźca sięga 70 mA, a stymulacja może powodować dotkliwy ból. Z tego powodu, w przypadku używania stymulatora nerwów obwodowych do oceny resztkowego zwiotczenia w sali nadzoru poznieczuleniowego, natężenie prądu należy ograniczyć do 40 mA.

W codziennej praktyce klinicznej przewodnictwo nerwowo-mięśniowe ocenia się najczęściej przy użyciu stymulacji TOF (train of four/ciąg czterech pobudeń), która jest najbardziej uniwersalna. Może być ona stosowana na każdym etapie zwiotczenia. Dostarcza wskazówek kiedy konieczne jest podanie dawki podtrzymującej środka zwiotczającego, w którym momencie można rozpocząć farmakologiczne prze-

### desfluran/prostygmina



Rycina 1. Zapis z monitorowania akcelerometrem TOF-Watch SX

Figure 1. A print out accelerometer TOF-Watch SX

rywanie bloku przewodnictwa nerwowo-mięśniowego neostygminą, a także ułatwia określenie optymalnego momentu do przeprowadzenia intubacji i ekstubacji tchawicy.

Istnieją również inne tryby stymulacji, przy czym każdy z nich posiada specyficzne, dużo węższe zastosowanie niż TOF. Należą do nich: stymulacja pojedynczymi pobudzeniami (STS), liczba potężcowa (PTC) oraz stymulacja podwójną salwą (DBS). Tryb STS polega na stymulacji obwodowego nerwu ruchowego pojedynczymi impulsami, a stosuje się go najczęściej w pracach badawczych oraz w celu dokładnej lokalizacji nerwów przed wykonaniem znieczulenia przewodowego. Tryb PTC, w którym wykorzystuje się zjawisko torowania potężcowego, pozwala na monitorowanie głębokiego bloku przewodnictwa nerwowo-mięśniowego, w czasie kiedy nie obserwuje się jeszcze odpowiedzi na stymulację TOF. W momencie pojawienia się pierwszej reakcji na TOF, PTC staje się bezużyteczna. Z kolei tryb DBS pozwala na wzrokową i dotykową ocenę współczynnika TOF, bez konieczności wykorzystywania urządzeń rejestrujących. Służy on głównie do oceny bloku resztkowego.

#### ▪ Ocena bloku resztkowego

Wzrokowa i dotykowa ocena wskaźnika TOFR ma ograniczoną przydatność powyżej wartości 0,4-0,5. Nawet doświadczeni anestezjolodzy popełniają błędy podczas oceny zanikania odpowiedzi na stymulację TOF, jeśli TOFR przekracza 0,4 [14]. Konieczne staje się wtedy stosowanie obiektywnych metod oceny

stopnia zwiotczenia mięśni. Podczas stymulacji DBS ocena stopnia bloku przewodnictwa metodą wzrokową lub dotykową jest łatwiejsza. Stymulacja DBS bywa nieprzyjemna dla pacjentów, nie powoduje jednak bólu, w związku z czym można ją stosować u osób przytomnych [15].

#### ▪ Przyrządowe metody oceny bloku przewodnictwa nerwowo-mięśniowego

Znanych i dostępnych jest kilka różnych technik służących monitorowaniu przewodnictwa nerwowo-mięśniowego. Należą do nich: mechanomiografia, elektromiografia, fonomiografia oraz akceleromiografia. Każda z wymienionych metod nadaje się teoretycznie do użytku w praktyce klinicznej, jednak w związku z „kłopotliwą” instalacją i obsługą aparatury pomiarowej trzy pierwsze metody wykorzystywane są raczej w specjalistycznych badaniach naukowych. Technika, która znalazła szerokie zastosowanie zarówno w praktyce klinicznej, jak i badawczej jest akceleromiografia.

Istotą akceleromiografii jest pomiar przyspieszenia za pomocą przetwornika piezoelektrycznego. Zasada jego działania polega na tym, że ruch palca, poruszającego się w wyniku stymulacji nerwu, generuje powstawanie prądu elektrycznego, którego natężenie zależy od przyspieszenia poruszającego się palca. Zgodnie z drugim prawem Newtona: siła równa się masa razy przyspieszenie ( $F = m \cdot a$ ), tak więc przyspieszenie osiągnięte przez poruszający się palec wykazuje liniową korelację z siłą skurczu mięśnia.



Rycina 2. Akcelerometr TOF-Watch SX (Organon, Ireland) umożliwia stymulację za pomocą pojedynczych pobudeń (STS), ciągu czterech (TOF) i podwójnej salwy (DBS), a także określenie liczby potężcowej (PTC). Ocena odpowiedzi na stymulację odbywa się w oparciu o metodę akcelerometryczną.

Figure 2. Accelerometer TOF-Watch SX (Organon, Ireland) enables stimulation with single twitch stimulation (STS), train of four stimulation (TOF), double burst stimulation (DBS) and also posttetanic count (PTC). Response to stimulation is based on the acceleromyography.

Wyniki uzyskane za pomocą mechanomiografii, uważanej za „złoty standard”, i akceleromiografii nie są identyczne. Metody te nie mogą być stosowane zamiennie w tym samym badaniu, ale istnieje między nimi dobra korelacja.

#### ▪ Farmakologiczne przywracanie przewodnictwa nerwowo-mięśniowego

Zbyt wczesne użycie neostygminy (przed pojawieniem się odpowiedzi T2) może wydłużyć czas trwania bloku przewodnictwa nerwowo-mięśniowego.

Nawet w przypadku środków zwiotczających o średnio długim czasie działania, czas od ostatniej dawki podtrzymującej do pojawienia się odpowiedzi (drugie pobudzenie ciągu czterech - T2) zmienia się w dość szerokich granicach, w zależności od wielkości dawki, czynności wątroby i nerek oraz budowy ciała (stosunku masy mięśniowej do tkanki tłuszczowej). Stosowanie anestetyków wziewnych także znacząco wydłuża czas działania środków zwiotczających.

Przerwanie bloku przewodnictwa nerwowo-mięśniowego za pomocą sugammadeksu możliwe jest w dowolnym momencie, niezależnie od natężenia bloku przewodnictwa nerwowo-mięśniowego [16]. Mechanizm działania sugammadeksu różni się od mechanizmu działania neostygminy. Sugammadeks tworzy ze steroidowymi środkami zwiotczającymi: rokuronium i wekuronium, nieaktywny farmakologicznie kompleks, który ulega wydaleniowi przez nerki. Dawkowanie sugammadeksu zależy od nasilenia bloku przewodnictwa nerwowo-mięśniowego. O ile do przywrócenia przewodnictwa u pacjenta, u którego rozpoczął się już samoistny powrót siły mięśniowej wystarczy podanie  $2 \text{ mg kg}^{-1} \text{ mc.}$ , to do przywrócenia przewodnictwa bezpośrednio po zastosowaniu dawki „intubacyjnej” rokuronium lub wekuronium konieczne jest podanie sugammadeksu w dawce  $16 \text{ mg kg}^{-1} \text{ mc.}$

Bardzo szybki powrót siły mięśniowej u pacjentów, u których stosowano sugammadeks, ma korzystny wpływ na ich bezpieczeństwo w bezpośrednim okresie pooperacyjnym i na czas, jaki trzeba przeznaczyć w sali operacyjnej na wybudzenie pacjenta.

#### Cel pracy

Celem przeprowadzonego przez nas badania ankietowego było poznanie:

1. opinii środowiska anestezjologów na temat przydatności monitorowania przewodnictwa ner-

wowo-mięśniowego w populacji pacjentów pediatrycznych;

2. ich wiedzy oraz codziennej praktyki w tym zakresie, ze szczególnym uwzględnieniem bloku resztkowego;
3. dostępności nowoczesnego leku przywracającego przewodnictwo nerwowo-mięśniowe (sugammadeksu);
4. sposobu postępowania w przypadku pacjentów pediatrycznych wymagających szybkiej intubacji (rapid sequence intubation, RSI).

#### Materiał i metody

Badanie zostało przeprowadzone wśród 99 anestezjologów zajmujących się na co dzień znieczulaniem tylko pacjentów pediatrycznych, bądź pacjentów pediatrycznych i dorosłych. W badaniu nie brali udziału anestezjologowie nie znieczulający w ogóle dzieci. Udział w ankiecie był dobrowolny i anonimowy.

Problem badawczy zawarto w opracowanej przez autora (P.Rz.) ankiecie, składającej się łącznie z 27 pytań (Załącznik 1).

#### Wyniki

W badaniu uczestniczyło 96 anestezjologów z 14 województw Polski i 3 z Ukrainy. Większość ankietowanych pracuje w szpitalach klinicznych (66%) lub wojewódzkich (31%). W przeważającej mierze są to szpitale pediatryczne (80%). Znakomitą większość respondentów stanowili specjaliści anestezjologii i intensywnej terapii (82%), ze stażem pracy w zawodzie > 10 lat (76%).

W opinii ankietowanych, najczęściej wykorzystywaną w praktyce metodą przyrządowego monitorowania przewodnictwa nerwowo-mięśniowego jest akceleromiografia (50%), w drugiej kolejności elektromiografia (39%). Mechanomiografia używana jest sporadycznie, a fonomiografia jest nieznaną. Najbardziej przydatnym i najczęściej wykorzystywanym trybem stymulacji jest TOF (100%).

W praktyce, większość respondentów (61%) korzysta z możliwości przyrządowego monitorowania przewodnictwa nerwowo-mięśniowego rzadko, lub nie korzysta z niego nigdy (32%), polegając przy ocenie zwiotczenia jedynie na własnym doświadczeniu zawodowym oraz wiedzy o czasie działania stosowanego środka zwiotczającego (75%). Rzadkie korzystanie

z monitorów przewodnictwa nerwowo-mięśniowego nie jest spowodowane brakiem sprzętu. Większość uczestników badania (87%) zadeklarowała, że w ich miejscu pracy 1 monitor przypada na każde 2 lub 4 stanowiska znieczulenia i tylko 6% stwierdziło, że nie posiada sprzętu monitorującego w ogóle.

Większość lekarzy jest zdania, że monitorowanie przewodnictwa nerwowo-mięśniowego nie jest wprawdzie konieczne, ale bywa przydatne (84%) i używają go wówczas, gdy uznają, że wiek pacjenta, choroby współistniejące lub rozległość i czas trwania zabiegu operacyjnego to uzasadniają (76%). Anestezjolodzy uznają monitorowanie przewodnictwa nerwowo-mięśniowego za proste i nieabsorbujące (27%) lub proste, ale wymagające dodatkowego zaangażowania (55%), natomiast według ich opinii (61%) pielęgniarki anestezjologiczne odnoszą się do niego niechętnie.

Prawie połowa ankietowanych (45%) nie monitoruje nasilenia bloku przewodnictwa nerwowo-mięśniowego podczas podawania środków zwiotczających w postaci ciągłego wlewu i aż 82% deklaruje, że nigdy nie monitorują „reszkowego bloku” przewodnictwa nerwowo-mięśniowego w bezpośrednim okresie pooperacyjnym. Nieco ponad połowa ankietowanych (52%) uważa, że bezpieczna ekstubacja tchawicy jest możliwa wówczas, gdy współczynnik TOF wynosi 0,9; 29% podaje współczynnik 0,8, ale aż 10% wymienia współczynnik 0,4.

Jeśli chodzi o ocenę obecności „bloku reszkowego”, to zdaniem respondentów najważniejszy w tym celu jest tryb stymulacji TOF (30%) lub DBS (36%), ale, aż 34% deklaruowało, że użyłoby opcji STS lub PTC.

Większość ankietowanych (67%) zadeklarowała, że rzadko przerywa farmakologicznie blok przewodnictwa nerwowo-mięśniowego, a 4% że nie robi tego nigdy. Decyzja o farmakologicznym przywróceniu przewodnictwa nerwowo-mięśniowego opiera się zazwyczaj tylko na klinicznej ocenie stanu pacjenta (87%) i znacznie rzadziej (13%), na ocenie parametrów uzyskanych dzięki monitorowaniu przewodnictwa nerwowo-mięśniowego. Wszyscy ankietowani (100%) wymieniają neostygminę jako lek dostępny do przywrócenia przewodnictwa nerwowo-mięśniowego w ich miejscu pracy, a 86% dysponuje również sugammadeksem. Tylko 13% anestezjologów biorących udział w ankiecie nie ma dostępu do sugammadeksu w miejscu gdzie pracują. Chociaż niemal wszyscy ankietowani (94%) uznają, że powinien on być powszechnie dostępny, tylko 6% jest zdania, że dotychczas stosowane

środki są wystarczające. Większość lekarzy (83%) deklaruje, że widzieli, jak działa sugammadeks, a 65% ankietowanych używało go osobiście, i tylko 17% nie miało okazji zapoznać się z działaniem tego leku. 74% ankietowanych podaje, że sugammadeks przerywa blok przewodnictwa nerwowo-mięśniowego wywołany środkami zwiotczającymi o budowie steroidowej, ale aż 16% jest zdania, że można za jego pomocą przerwać działanie każdego środka zwiotczającego mięśnie, w tym środków o budowie benzoizocholinowej (8%), i sukcyntylocholiny (2%).

Niewielu, bo tylko 14% ankietowanych anestezjologów używa sukcyntylocholiny zawsze lub często; 12% deklaruje, że nigdy nie podają jej u dzieci. 71% respondentów nadal używa sukcyntylocholiny w sytuacjach wymagających szybkiej intubacji tchawicy, ale 29% stosuje w tym celu rokuronium. Większość (69%) skłania się ku pogładowi, że dotychczasowy model RSI z użyciem sukcyntylocholiny może zostać zastąpiony użyciem rokuronium i w razie konieczności natychmiastowego przywrócenia siły mięśniowej - sugammadeksu, ale tylko 54% wymieniło prawidłową dawkę sugammadeksu ( $16 \text{ mg kg}^{-1} \text{ mc.}$ ), którą należy podać w celu przywrócenia przewodnictwa nerwowo-mięśniowego bezpośrednio po podaniu środka zwiotczającego. Aż 38% anestezjologów zadeklarowało, że podaliby w takiej sytuacji sugammadeks w dawce  $2 \text{ mg kg}^{-1} \text{ mc.}$  lub  $4 \text{ mg kg}^{-1} \text{ mc.}$

## Omówienie wyników

Przeprowadzona ankieta wykazała, że większość respondentów dysponuje zarówno możliwością monitorowania przewodnictwa nerwowo-mięśniowego, jak i nowoczesnymi lekami, jednakże rekomendacje Working Party on Post Anaesthesia Care najczęściej nie są przestrzegane, a wiedza dotycząca sposobu postępowania się monitorami przewodnictwa nerwowo-mięśniowego i sugammadeksem bywa niekompletna.

Uzyskane w prezentowanym badaniu wyniki są podobne do wyników badania przeprowadzonego w 2007 roku w Wielkiej Brytanii, wg którego zaledwie około 10% anestezjologów używało rutynowo obiektywnych metod monitorowania przewodnictwa nerwowo-mięśniowego, a 60% nie używało ich nigdy [17]. Natomiast w Danii stosowanie przyrządowych metod do oceny przewodnictwa nerwowo-mięśniowego było częstsze: 43% ankietowanych anestezjologów używało monitora przewodnictwa nerwowo-mięśniowego

rutynowo, a tylko 13%, że nie używało go nigdy [18].

Rzadkie stosowanie monitorów przewodnictwa nerwowo-mięśniowego podczas znieczulania dzieci w naszym kraju nie jest z pewnością spowodowane brakiem sprzętu, ponieważ większość uczestników badania zadeklarowała, że w ich miejscu pracy „monitor zwiotczenia” jest dostępny bez istotnych ograniczeń, brakuje natomiast niekiedy wiedzy, jak go używać.

Prezentowane przez ankietowanych poglądy na temat przydatności różnych trybów stymulacji do monitorowania bloku przewodnictwa nerwowo-mięśniowego były błędne. Jeśli chodzi o ocenę istnienia bloku resztkowego, aż jedna trzecia ankietowanych deklarowała, że użyłoby w tym celu PTC lub STS.

Przydatność obiektywnego monitorowania przewodnictwa nerwowo-mięśniowego wydaje się niedoceniana. Prawie wszyscy ankietowani deklaruwali, że nigdy nie monitorują „resztkowego bloku” przewodnictwa nerwowo-mięśniowego w okresie pooperacyjnym. Wart szczególnej uwagi jest fakt, że tylko nieco ponad połowa ankietowanych podaje, że bezpieczna ekstubacja tchawicy jest możliwa wówczas, gdy współczynnik TOF wynosi 0,9; a pozostali respondenci podawali wartości TOFR w przedziale od 0,8 do 0,4 jako prawidłowe.

Biorący udział w badaniu anestezjodzy rzadko przerywają farmakologicznie blok przewodnictwa nerwowo-mięśniowego, a są wśród nich również tacy, którzy deklarują, że nie robią tego nigdy. Decyzja o podaniu leków przerywających blok przewodnictwa nerwowo-mięśniowego opiera się w przeważającej mierze na klinicznej ocenie stanu pacjenta, a tylko w niewielkim procencie na ocenie parametrów uzyskanych dzięki obiektywnemu monitorowaniu.

Przekonanie, że teoretyczna wiedza o czasie działania środków zwiotczających wystarcza do ich bezpiecznego stosowania u dzieci jest o tyle nieuzasadnione, że czas utrzymywania się bloku przewodnictwa nerwowo-mięśniowego i czas potrzebny na jego samoistny powrót jest bardzo zmienny. Ponieważ każdy człowiek jest „inny”, to istnieje duża zmienność osobnicza w zakresie farmakodynamiki i farmakokinezyki. Odnosi się ona między innymi do powinowactwa leku do receptorów, czasu odłączenia się od receptora, wydolności krążenia oraz wątroby i nerek. Kolejnymi czynnikami odgrywającymi tu istotną rolę są wiek pacjenta, a co za tym idzie objętość dystrybucji oraz stopień wrażliwości płytki motorycznej na środki zwiotczające [15].

W odróżnieniu od populacji pacjentów dorosłych, śmiertelne powikłania związane z resztkowym blokiem przewodnictwa nerwowo-mięśniowego u dzieci są rzadkością, ale nie oznacza to, że resztkowy blok nie ma negatywnego wpływu na komfort dziecka w okresie pooperacyjnym i na potencjalne powikłania płucne.

Spośród środków przywracających przewodnictwo nerwowo-mięśniowe, neostygmina jest dostępna w każdym szpitalu, ale jednocześnie w przeważającej większości dostępny jest również sugammadeks. Niemal wszyscy ankietowani podzielają pogląd, że dostępność sugammadeksu powinna być powszechna.

Zasadnicza przewaga sugammadeksu nad neostygminą polega na tym, że podając go we właściwej dawce można przerwać blok przewodnictwa nerwowo-mięśniowego wywołany przez steroidowe środki zwiotczające nawet wówczas, gdy przewodnictwo jest zupełnie zniesione. Całkowity powrót przewodnictwa nerwowo-mięśniowego po podaniu 2 mg·kg<sup>-1</sup> mc. sugammadeksu w chwili samoistnego powrotu odpowiedzi na drugi impuls z ciągu czterech (T2) jest znacznie szybszy niż po podaniu neostygminy [19].

Ponadto sugammadeks nie wywołuje objawów niepożądanych związanych z aktywacją układu przywspółczulnego, jakie obserwuje się po podaniu neostygminy.

Mimo że przeważająca większość respondentów deklaruwała, że widzieli, jak działa sugammadeks i że używali go w swojej praktyce klinicznej osobiście, to jednak prawie jedna trzecia wydaje się nie znać mechanizmu jego działania oraz zalecanego dawkowania.

Pomimo powszechnej dostępności rokuronium oraz sugammadeksu w miejscach pracy respondentów, nadal prawie dwie trzecie anestezjologów używa sukcyńlocholiny w sytuacjach wymagających szybkiej intubacji tchawicy (RSI) u dzieci. Wg Rawicza i wsp. [20], sukcyńlocholina jest nadal popularna wśród anestezjologów, którzy „okazjonalnie” znieczulają dzieci, natomiast w dużych szpitalach pediatrycznych w Europie Zachodniej została ona już praktycznie zarzucona [21]. Zdecydowana większość ankietowanych skłania się ku pogładowi, że dotychczasowy model RSI z użyciem sukcyńlocholiny może zostać zastąpiony użyciem rokuronium. Sugammadeks pełni tu rolę leku „ratunkowego”, umożliwiającego przywrócenie przewodnictwa nerwowo-mięśniowego w razie niepowodzenia intubacji.

Środki zwiotczające mięśnie zajmują ściśle określony pozycję w szerokim spektrum leków stosowanych

do uzyskania zbilansowanego znieczulenia ogólnego. Znając dokładnie mechanizm ich działania, ograniczenia stosowania oraz środki znoszące wywołane przez nie efekty, możemy w pełni wykorzystać ich potencjał w codziennej praktyce klinicznej. Stały pomiar głębokości zwiótczenia dostarcza obiektywnych danych, umożliwiając bardziej racjonalne dawkowanie leków oraz podejmowanie decyzji o farmakologicznym przerwaniu bloku przewodnictwa. Mając możliwość wykonania dokładnych pomiarów parametrów przewodnictwa nerwowo-mięśniowego, należy z niej korzystać. Z pewnością zmniejszy to ilość błędów, które mogą wynikać z kierowania się przypuszczeniami zamiast potwierdzonymi faktami.

Pewnym ograniczeniem prezentowanej pracy może być fakt, że anonimowe badanie ankietowe, nieobejmujące swym zasięgiem całej populacji anestezjologów pracujących z dziećmi, może nie być reprezentatywne w skali kraju. Niemniej jednak przyjmując, że w badaniu wzięło udział prawie 30% tj. 96 z 320 anestezjologów deklarujących znieczulanie pacjentów pediatrycznych w Polsce, zdaje się ono przedstawiać ogólnie panujące tendencje.

W świetle dotychczas przeprowadzonych w świecie badań dotyczących poruszanej w tym opracowaniu problematyki oraz wspomnianych zaleceń Working Party on Post Anaesthesia Care uzyskane przez nas wyniki nie są zadowalające.

Wydaje się, że wobec ogólnej dostępności zarówno sprzętu monitorującego, jak również środków służących do przywracania przewodnictwa nerwowo-mięśniowego, należy poprzez działania edukacyjne (szkolenia/warsztaty) starać się zwiększyć świadomość możliwości, a niekiedy konieczności korzystania z nich w codziennej praktyce.

Kontynuacją prezentowanego badania mogłaby być analiza analogicznego problemu, jednak w skrajnie odmiennej grupie pacjentów, chorych w wieku pode-

szłym. Opinia anestezjologów na co dzień pracujących ze starszymi pacjentami w zestawieniu z poglądami anestezjologów znieczulających dzieci mogłaby dać ciekawy wynik, który z pewnością byłby dobrym punktem wyjściowym do dalszej dyskusji na temat poruszanego przez nas problemu.

## Wnioski

- I. Monitorowanie przewodnictwa nerwowo-mięśniowego u pacjentów pediatrycznych w opinii anestezjologów jest uważane za mało przydatne i należy w Polsce do rzadkości, pomimo, że monitory (najczęściej akcelerometry) są dostępne. Wydaje się, że brakuje niekiedy wiedzy, jak się nimi posługiwać. Ryzyko pozostawienia resztkowego bloku przewodnictwa nerwowo-mięśniowego po zakończeniu znieczulenia u dzieci wydaje się niedoceniane.
- II. Sugammadeks jest dostępny w większości szpitali, ale wiedza na temat mechanizmu jego działania i dawkowania bywa niewystarczająca.
- III. Sukcynylocholina jest nadal stosowana do szybkiej intubacji u dzieci.

## Konflikt interesów / Conflict of interest

Brak/None

## Źródła finansowania

Brak.

Adres do korespondencji:

✉ Bogumiła Wołoszczuk-Gębicka

Instytut Położnictwa i Ratownictwa Medycznego  
Wydział Medyczny Uniwersytetu Rzeszowskiego  
ul. Prof. Pigonia 6; 35-310 Rzeszów

☎ (+48 17) 872 11 95

✉ gebicka@hotmail.com



**Załącznik 1. Formularz ankiety****Annex 1. Survey form**

1. Jakimi metodami posługujesz się najczęściej w celu oceny przewodnictwa nerwowo- mięśniowego podczas znieczulenia?
  - a. znajomość czasu i mechanizmu działania stosowanego środka zwiotczającego mięśnie oraz własne „doświadczenie zawodowe”
  - b. informacja od operatora o „napięciu mięśni”
  - c. obiektywne techniki przyrządowe (monitory przewodnictwa nerwowo-mięśniowego)
2. Jaka metoda monitorowania przewodnictwa nerwowo-mięśniowego jest Twoim zdaniem najczęściej wykorzystywana w praktyce klinicznej?
  - a. mechanomiografia
  - b. akceleromiografia
  - c. elektromiografia
  - d. fonomiografia
3. Jaki jest Twoim zdaniem najczęściej wykorzystywany i przydatny w praktyce klinicznej tryb stymulacji nerwowo-mięśniowej?
  - a. PTC
  - b. TOF
  - c. DBS
  - d. STS
4. Jaka jest dostępność sprzętu służącego do monitorowania przewodnictwa nerwowo- mięśniowego w Twoim ośrodku?
  - a. 1 monitor przewodnictwa nerwowo-mięśniowego przypada na każde stanowisko znieczulenia
  - b. 1 monitor przewodnictwa nerwowo-mięśniowego przypada na każde 2 stanowiska znieczulenia
  - c. 1 monitor przewodnictwa nerwowo-mięśniowego przypada na każde 4 stanowiska znieczulenia
  - d. nie mam w ogóle dostępu do monitora przewodnictwa nerwowo mięśniowego w moim miejscu pracy
5. Czy w codziennej praktyce używasz przyrządowego monitorowania przewodnictwa nerwowo-mięśniowego?
  - a. tak, zawsze
  - b. tak, często
  - c. tak, rzadko
  - d. nie, nigdy
6. Przyrządowe monitorowanie przewodnictwa nerwowo-mięśniowego uważasz za:
  - a. konieczne i przydatne
  - b. niekonieczne, ale przydatne
  - c. nie przydatne i bezużyteczne
7. Jaki jest stosunek pielęgniarek anestezjologicznych z którymi współpracujesz do stosowania monitorowania przewodnictwa nerwowo-mięśniowego?
  - a. użycie monitora przewodnictwa nerwowo-mięśniowego traktują, jako rutynę, tak jak podłączenie innego sprzętu monitorującego (EKG, SpO<sub>2</sub>, NIBP)
  - b. chętnie podłączają monitorowanie przewodnictwa nerwowo-mięśniowego, ale na Twoją wyraźną prośbę
  - c. niechętnie podłączają monitorowanie przewodnictwa nerwowo-mięśniowego, pomimo Twojej wyraźnej prośby
  - d. oponują, z powodu bliżej nie określonych przyczyn
8. Jeśli chodzi o techniczną stronę monitorowania przewodnictwa nerwowo-mięśniowego to uważasz ją za:
  - a. prostą i nie absorbującą
  - b. prostą, ale wymagającą dodatkowego zaangażowania
  - c. raczej skomplikowaną i absorbującą
  - d. zdecydowanie skomplikowaną, uciążliwą i kłopotliwą
9. Czy na częstsze stosowanie przez Ciebie monitorowania przewodnictwa nerwowo- mięśniowego mają wpływ takie czynniki jak: wiek pacjenta, choroby współistniejące, rozległość i przewidywany czas trwania zabiegu operacyjnego?
  - a. zdecydowanie tak
  - b. raczej tak
  - c. raczej nie
  - d. zdecydowanie nie
10. Czy stosując środki zwiotczające mięśnie we wlewie ciągłym monitorujesz przyrządowo przewodnictwo nerwowo-mięśniowe?
  - a. tak, zawsze
  - b. tak, czasami
  - c. nie, nigdy

11. Czy przerywasz blok przewodnictwa nerwowo mięśniowego przy użyciu środków farmakologicznych?
  - a. tak, zawsze
  - b. tak, często
  - c. tak, czasami
  - d. nie, nigdy
12. Zastosowanie środków farmakologicznych powodujących przyspieszenie powrotu pełnej siły mięśniowej warunkuje:
  - a. tylko oceną kliniczną pacjenta, doświadczeniem oraz prawdopodobnym „resztkowym” działaniem środka zwiotczającego mięśnie
  - b. oceną kliniczną popartą parametrami uzyskanymi dzięki monitorowaniu przewodnictwa nerwowo-mięśniowego
13. Jakimi środkami przyspieszającymi powrót pełnej siły mięśniowej dysponujesz w swoim miejscu pracy? (dostępność środków proszę zaznaczyć jako + lub -)
  - a. neostygmina.....
  - b. sugammadeks.....
  - c. galantamina.....
14. Czy w Twoim ośrodku jest dostępny sugammadeks? Jeśli tak, to czy na każdym stanowisku znieczulenia, czy np. jako „pakiet ratunkowy” w jednym określonym miejscu na Bloku Operacyjnym?
  - a. tak, na każdym stanowisku znieczulenia
  - b. tak, jako „pakiet ratunkowy” w jednym określonym miejscu
  - c. nie, nie mam dostępu do tego środka
15. Czy miałeś kiedykolwiek okazję widzieć jak działa sugammadeks, bądź stosować go osobiście?
  - a. tak, widziałem jak działa, ale nigdy go nie używałem
  - b. tak, widziałem jak działa i używałem go osobiście
  - c. nie, nie widziałem jak działa i nigdy go nie używałem osobiście
16. Czy mechanizm działania sugammadeksu pozwala na przerwanie bloku przewodnictwa nerwowo mięśniowego wywołanego każdym środkiem zwiotczającym?
  - a. tak, każdym
  - b. nie, tylko środkami z grupy benzoizochinolonów
  - c. nie, tylko środkami z grupy steroidów
  - d. nie, tylko środkami z grupy steroidów oraz sukcyntylocholiny
17. Dawka sugammadeksu w sytuacji kiedy natychmiast po podaniu środka zwiotczającego mięśnie musimy „odwrócić” jego działanie to:
  - a. 2 mg/kg
  - b. 4 mg/kg
  - c. 8 mg/kg
  - d. 16 mg/kg
18. Uważam, że sugammadeks:
  - a. zdecydowanie powinien być powszechnie dostępny, na każdym stanowisku znieczulenia
  - b. raczej powinien być powszechnie dostępny, na każdym stanowisku znieczulenia
  - c. niekoniecznie musi być na każdym stanowisku znieczulenia, ale powinien być dostępny
  - d. nie widzę potrzeby powszechnej dostępności sugammadeksu, dotychczas używane środki są w zupełności wystarczające
19. Przy jakiej wartości współczynnika TOF można bezpiecznie ekstubować pacjenta?
  - a. TOFR = 0,4
  - b. TOFR = 0,6
  - c. TOFR = 0,8
  - d. TOFR = 0,9
20. Czy używasz sukcyntylocholiny?
  - a. nie, nigdy
  - b. tak, czasami
  - c. tak, często
  - d. tak, zawsze
21. Czy sądzisz, że dotychczasowy model RSI z użyciem sukcyntylocholiny może zostać zastąpiony użyciem rocuronium i sugammadeksu?
  - a. zdecydowanie tak
  - b. raczej tak
  - c. nie mam zdania
  - d. zdecydowanie nie
22. W swojej codziennej praktyce w sytuacji wymagającej zastosowania techniki RSI używam:
  - a. Sukcyntylocholiny
  - b. Rocuronium
23. Czy monitorujesz blok resztkowy w bezpośrednim okresie pooperacyjnym, jeśli nie to dlaczego?
  - a. nie, nigdy
  - b. tak, czasami
  - c. tak, często
  - d. tak, zawsze
24. Jaki Twoim zdaniem tryb stymulacji jest najlepszy w celu oceny istnienia bloku resztkowego?
  - a. STS
  - b. DBS
  - c. TOF
  - d. PTC

## Piśmiennictwo

1. Arbous MS, Meursing AE, van Kleef JW, de Lange JJ, Spoormans HH, Touw P, et al. Impact of anesthesia management characteristics on severe morbidity and mortality. *Anesthesiology* 2005;102:257-68.
2. 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.
3. Naguib M, Kopman AF, Ensor JE. Neuromuscular monitoring and postoperative residual curarisation: a meta-analysis. *Br J Anaesth* 2007;98:302-16.
4. Sundman E, Witt H, Olsson R, Ekberg O, Kuylensstierna R, Eriksson LI. 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.
5. Berg H, Roed J, Viby-Mogensen J, Mortensen CR, Engbaek J, Skovgaard LT, et al. Residual neuromuscular block is a risk factor for postoperative pulmonary complications. A prospective, randomized, and blinded study of postoperative pulmonary complications after atracurium, vecuronium, and pancuronium. *Acta Anaesthesiol Scand* 1997;41:1095-103.
6. Baillard C, Cler'h C, Catineau J, Salhi F, Gehan G, Cupa M, et al. Postoperative residual neuromuscular block: a survey of management. *Br J Anaesth* 2005;95:622-6.
7. Vimlati L, Gilsanz F, Goldik Z. Quality and safety guidelines of postanesthesia care: Working Party on Post Anaesthesia Care (approved by the European Board and Section of Anaesthesiology, Union Européenne des Médecins Spécialistes). *Eur J Anaesthesiol* 2009;26:715-21.
8. Baykara N, Woelfel S, Fine GF, Solak M, Tokar K, Brandom BW. Predicting recovery from deep neuromuscular block by rocuronium in children in adults. *J Clin Anest* 2002;14:214-7.
9. Meretoja OA. Is vecuronium a long-acting neuromuscular blocking agent in neonates and infants? *Br J Anaesth* 1989;62:184-7.
10. Wierda JMKH, Meretoja OA, Taivanen T, Proost JH. Pharmacokinetics and pharmacokinetic-pharmacodynamic modelling of rocuronium in infants and children. *Br J Anaesth* 1997;78:690-5.
11. Meretoja OA, Kalli I. Spontaneous recovery of neuromuscular function after atracurium in pediatric patients. *Anesth Analg* 1986;65:1042-6.
12. Hunter MJ. Is it necessary to antagonize residual neuromuscular block? Do children differ from adults? *Br J Anaesth* 1996;77:707-9.
13. Viby-Mogensen J, Jensen NH, Engbaek J, Ording H, Skovgaard LT, Chraemmer-Jorgensen B. Tactile and visual evaluation of the response to train-of-four nerve stimulation. *Anesthesiology* 1985;63:440-3.
14. Crul JF. Środki zwiotczające i monitorowanie przewodnictwa nerwowo-mięśniowego – pytania i odpowiedzi. Część II, Monitorowanie przewodnictwa nerwowo-mięśniowego. Bielsko-Biała: alfa-medica press; 1999.
15. Booij LHD, Drobnik L. Sugammadex: nowa koncepcja odwracania blokady nerwowo-mięśniowej. *Anest Rat* 2011;5:56-73.
16. Grayling M, Sweeney BP. Recovery from neuromuscular blockade: a survey of practice. *Anaesthesia* 2007;62:806-9.
17. Sorgenfrei IF, Viby-Mogensen J, Swiatek FA. Does evidence lead to a change in clinical practice? Danish anaesthetists' and nurse anaesthetists' clinical practice and knowledge of postoperative residual curarization. *Ugeskrift Laeger* 2005;167:3878-82.
18. Plaud B, Meretoja O, Hofmockel R, Raft J, Stoddart PA, van Kuijk JH, et al. Reversal of rocuronium-induced neuromuscular blockade with sugammadex in pediatric and adult surgical patients. *Anesthesiology* 2009;110:284-94.
19. Rawicz M, Brandom BW, Wolf A. The place of sugammadex in pediatric anesthesia. *Pediatr Anesth* 2009;19:561-70.
20. Sparr HJ, Jöhr MS. Succinylcholine update. *Anaesthetist* 2002;51:565-75.