

## МОНИТОРИНГ МЫШЕЧНОЙ РЕЛАКСАЦИИ В РУТИННОЙ АНЕСТЕЗИОЛОГИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ: ТРЕХЛЕТНИЙ ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ

С.В. Чуприн<sup>1</sup> , О.В. Сушкова<sup>1</sup> , Л.Н. Гиринская<sup>1</sup> , С.А. Кузнецов<sup>1</sup> , В.В. Мясникова<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>Базовая акушерско-гинекологическая клиника ФГБОУ ВО КубГМУ Минздрава РФ, Краснодар, Россия

<sup>2</sup>ФГАУ «МНТК Микрохирургия глаза им. академика С.Н. Федорова» Минздрава РФ, Краснодар, Россия

Нейромышечный блок — весьма значимый компонент анестезии во время хирургических вмешательств. При этом индивидуальная чувствительность к миорелаксантам значительно различается и зависит от большого количества факторов. Основной задачей проведения нейромышечного мониторинга является исключение остаточного блока и восстановление нейромышечной проводимости. Нами представлен анализ трехлетнего опыта применения мониторинга нейромышечной проводимости. *Цель исследования.* Оценка эффективности использования мониторинга нейромышечной проводимости в повседневной практике анестезиологической службы для обеспечения безопасности пациентов и создания комфортных условий для работы хирургов. *Материалы и методы.* В наше исследование были включены 4459 пациенток, которым проведено оперативное лечение в условиях общей анестезии. Все пациентки разделены на две группы. В первой группе (2355 пациенток) во время анестезии использовался монитор TOF-Watch SX (Organon, Ирландия). Во второй группе (2104 пациентки) мониторинг нейромышечной проводимости не осуществлялся. *Результаты.* Из полученных результатов следует, что применение мониторинга нейромышечной проводимости позволило статистически значимо уменьшить количество инцидентов, связанных с недостаточной миорелаксацией или замедленной реверсией нейромышечного блока. Отсутствие статистически значимых различий в количестве гипердинамических реакций в системе кровообращения, связанных с интубацией, вероятно, обусловлено большим количеством разнородных факторов воздействия на этот показатель. Также применение монитора нейромышечной проводимости позволило не обмануть ожидания хирурга, обеспечив миорелаксацию, адекватную / соответствующую хирургическим условиям. *Выводы.* Использование мониторов нейромышечной проводимости в рутинной анестезиологической практике необходимо и крайне важно для обеспечения безопасности пациентов и создания комфортных условий для работы хирургов.

- **Ключевые слова:** миорелаксанты, нейромышечный блок, нейромышечный мониторинг, TOF-режим, реверсия

**Для корреспонденции:** Чуприн Сергей Вячеславович — к.м.н., заведующий отделением анестезиологии-реанимации, Базовая акушерско-гинекологическая клиника ФГБОУ ВО КубГМУ Минздрава РФ, Краснодар, Россия; e-mail: sergiosoon@mail.ru

**Для цитирования:** Чуприн С.В., Сушкова О.В., Гиринская Л.Н., Кузнецов С.А., Мясникова В.В. Мониторинг мышечной релаксации в рутинной анестезиологической практике: трехлетний опыт применения. Вестник интенсивной терапии. 2017;1:24–28. DOI:10.21320/1818-474X-2017-1-24-28

Поступила: 24.12.2016

## MONITORING OF MUSCLE RELAXATION IN ROUTINE ANESTHESIA PRACTICE: THREE-YEAR EXPERIENCE

S.V. Chuprin<sup>1</sup> , O.V. Sushkova<sup>1</sup> , L.N. Girinskaia<sup>1</sup> , S.A. Kuznetsov<sup>1</sup> , V.V. Myasnikova<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>Kuban State Medical University, Krasnodar, Russia

<sup>2</sup>S.N. Fyodorov IRTC «Eye Microsurgery», Krasnodar, Russia

Neuromuscular block is a really significant component of anesthesia during surgery operations. At this time, individual sensitivity to neuromuscular blocking differs considerably and depends on great number of factors. *The main task* of conduct of neuromuscular monitoring is exclusion of residual block and recovery of neuromuscular conductivity. We present analysis of three years' experience of application of monitoring of neuromuscular conductivity. The aim of the research is the estimation of effectiveness of usage of monitoring of neuromuscular conductivity in daily practice of anesthesia service for provision of patients' security and formation of comfortable conditions for surgeons' work. *Materials and methods.* In our research, we included 4459 patients who had operating treatment under general anesthesia. All the patients were divided in two groups. In the first group (2355 patients) during anesthesia there used monitor TOF-Watch SX (Organon, Ireland). In the second group (2104 patients) monitoring of neuromuscular conductivity was not performed. *Results.* The received results lead to the conclusion that application of monitoring of neuromuscular conductivity allowed to decrease statistically number of incidents connected with insufficient neuromuscular blocking or impaired reversion of neuromuscular block. Absence of statistically considerable differences in quantity of hyperdynamic reactions in the circulatory system connected with intubation, probably, is caused by great quantity of heterogeneous factors of influence on this index. Also, application of monitor of

neuromuscular conductivity made it possible to conform to a surgeon's expectations, ensuring muscular relaxation suitable for surgery conditions. *Conclusion.* Usage of monitors of neuromuscular conductivity in routine anesthesia practice is necessary and essential for ensuring patients' security and creation of comfortable conditions for surgeons work.

- **Keywords:** muscle relaxants, neuromuscular block, neuromuscular monitoring, TOF-mode, reversion

**For correspondence:** Sergey V. Chuprin — Candidate of Science, Head of the Department of anesthesiology and intensive care, Base Obstetrics and Gynecology Clinic of Kuban State Medical University, Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Krasnodar, Russia; e-mail: sergiosoon@mail.ru

**For citation:** Chuprin S.V., Sushkova O.V., Girinskaia L.N., Kuznetsov S.A., Myasnikova V.V. Monitoring of Muscle Relaxation in Routine Anesthesia Practice: Three-year Experience. Intensive Care Herald. 2017;1:24–28. DOI: 10.21320/1818-474X-2017-1-24-28

**Received:** 24.12.2016



Ежегодно более 400 млн человек получают миорелаксанты для оптимизации условий проведения хирургических вмешательств и облегчения искусственной вентиляции [10].

Нейромышечный блок — крайне важный компонент анестезии, который используется для облегчения интубации трахеи и обеспечения/поддержания расслабления скелетной мускулатуры во время хирургических вмешательств. Управление нейромышечным блоком также позволяет: снизить риски, связанные с движениями пациента; улучшить обзор операционного поля и доступ к нему; создавать условия для проведения пневмоперитонеума с низким давлением [6, 12, 16, 17].

«Поскольку чувствительность к миорелаксантам значительно различается, следует проводить мониторинг нервно-мышечной передачи у всех пациентов, получающих миорелаксанты среднего или длительного действия. Кроме того, стимуляция периферического нерва позволяет оценить миорелаксацию при быстрой последовательной индукции, а также при продолжительной инфузии миорелаксантов короткого действия» [2]. Индивидуальные особенности пациентов (возраст, вес, аномалии никотиновых рецепторов, патология натриевых или кальциевых каналов, одновременное применение других препаратов, заболевания печени и/или желчевыводящих путей, почечная недостаточность, состояния, связанные с пролонгированным временем циркуляции, включая заболевания сердечно-сосудистой системы, нейромышечные нарушения или полиомиелит, гипотермия, ожоги, серьезные нарушения электролитного баланса, изменение pH крови и дегидратация) могут приводить к непредсказуемым началу и продолжительности действия мышечных релаксантов, а также времени реверсии нейромышечного блока [4, 7, 9, 14, 18].

Нейромышечный мониторинг следует проводить во время анестезии и операции и, что наиболее важно, во время окончания анестезии и восстановления нейромышечной передачи. Главная задача нейромышечного мониторинга — исключение остаточного (резидуального) блока и восстановление нейромышечной проводимости. О полном восстановлении нейромышечной функции и отсутствии остаточного нейромышечного блока можно судить только с помощью объективного (аппаратного) мониторинга. Клинические признаки, используемые для субъективной оценки нейромышечной проводимости, по отдельности

или в сочетании друг с другом, не могут гарантировано отражать полноту восстановления мышечного тонуса и отсутствия остаточного действия миорелаксантов. Степень расхождения данных субъективной оценки резидуального блока может существенно различаться с данными объективного контроля [3]. Прямо указывает на целесообразность наличия монитора нейромышечной передачи 1 на пациента-место в операционной, манипуляционной, диагностическом кабинете приказ от 15 ноября 2012 г. № 919н «Об утверждении порядка оказания медицинской помощи взрослому населению по профилю анестезиология и реаниматология» (приложение № 6 п/п 8).

**Цель исследования.** Оценить эффективность применения мониторинга мышечной релаксации в рутинной анестезиологической практике для обеспечения безопасности пациентов и создания комфортных условий для работы хирургической службы.

**Материалы и методы.** В связи с рядом организационно-финансовых причин оснащение операционных отделений мониторами нейромышечной проводимости проходило в 2014–2016 г. постепенно, в несколько этапов. В 2014 г. мониторовалось 25 % анестезий, в 2015 г. — 70 %, в 2016 г. — свыше 90 %. Таким образом, врачи анестезиологи-реаниматологи, работающие на ротационной основе, получили возможность максимально объективно оценить возможности нейромышечного мониторинга, его преимущества и недостатки. Всего за этот период в условиях общей анестезии проведено оперативное лечение 4459 пациенток (19–62 лет, физический статус ASA I–II). Индукция и миоплегия были одинаковы у всех обследованных: тиопентал натрия 350–500 мг, рокурония бромид 0,4–0,6 мг/кг массы тела, фентанил 100–200 мкг. Нами использовалась стандартная методика достижения оптимальной концентрации анестетиков в 0,9–1,2 МАК (BIS 35–50 баллов) после внутривенной индукции: поток свежего газа с концентрацией кислорода 50 % 4 л/мин, севофлуран — 5 об% или десфлуран — 10 об%. Время достижения оптимальной концентрации 4 мин 50 с ± 20 с для севофлурана, 4 мин 30 с ± 12 с для десфлурана. Далее искусственную вентиляцию легких осуществляли в режиме нормокапнии с дыхательным объемом 10 мл/кг идеальной

массы тела в потоке свежего газа 0,3–0,6 л/мин с концентрацией кислорода 70 %. Мониторимые параметры: гемодинамика (ЧСС, АД с использованием функции транзитного времени пульсовой волны, анализ аритмий, сегмент ST на ЭКГ); анализ дыхательной смеси (сатурация, капнометрия и капнография, концентрация анестетика вдох-выдох); определение глубины анестезии (BIS); мониторное измерение МАК применяемого анестетика. Дозировку анестетика корректировали по степени угнетения сознания (35–50 баллов по шкале монитора), величине МАК (0,7–1,0), общепринятым гемодинамическим параметрам. Дополнительно вводился фентанил 100 мкг каждые 15–20 мин, при длительности операции более 40 мин — инфузия рокурония бромидом 0,2–0,4 мг/(кг·ч).

У 2355 пациентов (первая группа) во время анестезии использовался монитор TOF-Watch SX (Organon, Ирландия), в основе работы которого лежит регистрация мышечного ответа на стимуляцию нерва методом акселеромиографии. Стимуляции подвергался локтевой нерв, измерялось ускорение приводящей мышцы большого пальца кисти.

Он использовался как внешнее устройство, соединенное специальным кабелем через интерфейсную плату с монитором Nihon Kohden MU-651 RK, что позволяло сохранять тренд измерений и последний результат на экране.

У 2104 пациенток (вторая группа) мониторинг нейромышечной проводимости не осуществлялся.

Обработка данных проводилась с помощью программы Microsoft Excel 2016. Для определения достоверности различий между группами использовался непараметрический критерий  $\chi^2$ , вычислялось значение вероятности совпадения.

**Результаты исследования и их обсуждение.** На первоначальном этапе большое внимание уделялось изучению возможностей монитора нейромышечной проводимости и выработке определенных правил работы с ним.

Кроме четырехразрядной стимуляции (TOF-режим) прибор позволяет измерить PTC (посттетанический счет), ST (одиночная стимуляция), DBS (стимуляция двойной вспышкой), TET (тетаническая стимуляция) и локализовать периферические нервы при проводниковой анестезии. ST-, DBS- и TET-режимы не использовались из-

за ряда инкриминируемых им недостатков, PTC режим применялся крайне редко, т. к. серьезного практического смысла в условиях нашей клиники его использование не имеет [1]. TOF-стимуляция проводилась кратковременным нажатием соответствующей кнопки монитора в режиме «по требованию».

Постепенно появилось ясное понимание того, что правильное расположение электродов и датчика ускорения, индивидуальная калибровка монитора после седации пациента, положение руки, сопротивление кожных покровов, температура тела и др. — очень важные факторы, влияющие на точность измерений, их интерпретацию и последующее принятие решений.

После выработки определенной культуры работы с монитором мы постарались максимально воспользоваться появившимися возможностями.

1. Интубация стала проводиться только при достижении показателей TOF = 0 (степень нейромышечной блокады 100 %), что позволило избежать двигательной активности пациентов, смыкания голосовой щели и обеспечить комфортный уровень визуализации. N.B. Необходимое время экспозиции может значительно варьировать.
2. TOF-мониторирование (целевое значение TOF не более двух ответов) во время анестезии позволило создать максимально комфортные условия для работы хирургов, в том числе при лапароскопических операциях, свело на нет все интраоперационные дискуссии о достаточной или недостаточной мышечной релаксации, целесообразности поддержания высокого давления пневмоперитонеума, являющегося дополнительным фактором риска для пациента [11].
3. Благодаря TOF-монитору удалось максимально оптимизировать дополнительные дозы вводимого релаксанта для каждого пациента (целевое значение TOF 2–3 ответа), причем при заявленной длительности рокурония бромидом (который считается одним из самых управляемых препаратов) в дозе 0,6 мг/кг массы тела 40–50 мин фактически необходимость повторного введения была очень индивидуальна и возникала в интервале 25–90 мин.

Таблица 1

**Сравнительная оценка результатов применения монитора нейромышечной проводимости при проведении анестезии**

Оцениваемый показатель	Частота инцидентов		$\chi^2$
	Первая группа (n = 2355), % (число случаев)	Вторая группа (n = 2104), % (число случаев)	
Двигательная активность пациентов во время интубации	0,16 (4)*	4,4 (93)	<b>0,04</b>
Смыкание-размыкание голосовых связок при интубации	1,0 (24)*	7,4 (157)	<b>0,02</b>
Гипердинамические реакции в системе кровообращения, связанные с интубацией	4,3 (102)	11,4 (240)	0,07
Двигательная активность пациентов, элементы спонтанного дыхания во время поддержания анестезии	0,16 (4)*	4,5 (96)	<b>0,04</b>
Осложнения, связанные с остаточным нейромышечным блоком	1,8 (44)*	8,8 (186)	<b>0,03</b>

\* Значимая достоверность различий  $\chi^2 < 0,05$ .

Таблица 2  
Сравнительная оценка экспозиции операционного поля при проведении ТОФ-мониторирования и без такового

Экспозиция операционного поля (баллы)	Группы пациентов		$\chi^2$
	Первая группа (n = 2355), % (число случаев)	Вторая группа (n = 2104), % (число случаев)	
1 (отлично)	44,7 (1055)	35,5 (748)	0,30
2 (хорошо)	49,0 (1156)	47,3 (996)	0,85
3 (плохо)	6,1 (144)*	15,8 (334)	<b>0,03</b>
4 (недопустимо)	0,1 (3)	1,2 (26)	0,34

\* Значимая достоверность различий  $\chi^2 < 0,05$ .

- ТОФ-мониторирование позволило объективно оценить реверсию нейромышечного блока после окончания операции. Экстубация проводилась при ТОФ = 90 % и более для того, чтобы исключить клинически значимую остаточную миорелаксацию, являющуюся одним из основных факторов риска развития послеоперационных осложнений [15].
- При возникновении необходимости быстрой реверсии нейромышечного блока неостигмина метилсульфат использовался только при ТОФ = 2–3 ответа и более. При более глубокой остаточной релаксации применялся сугаммадекс натрия, обеспечивающий предсказуемую, полную и быструю реверсию нейромышечного блока любой глубины [5].

Сводная оценка полученных данных представлена в табл. 1.

Как следует из полученных результатов, применение монитора нейромышечной проводимости позволило статистически значимо уменьшить количество инцидентов, связанных с недостаточной миорелаксацией или замедленной реверсией нейромышечного блока. Отсутствие статистически значимых различий в количестве гипердинамических реакций в системе кровообращения, связанных с интубацией, вероятно, обусловлено большим количеством разнородных факторов воздействия на этот показатель.

Практически полностью повторив резюмирующую часть весьма известного исследования условий экспозиции операционного поля при глубоком и неглубоком нейромышечном блоке [8], мы предложили нашим хирургам сделать то же самое при проведении ТОФ-мониторирования и без такового. Экспозиции операционного поля оценивались по 4-балльной шкале (1 — отлично; 2 — хорошо, но не оптимально; 3 — плохо, но допустимо; 4 — недопустимо и невозможно продолжать операцию). Полученные результаты представлены в табл. 2.

Как следует из полученных результатов, применение монитора нейромышечной проводимости позволило не обмануть ожидания хирурга [13], обеспечив миорелаксацию, адекватную / соответствующую хирургическим условиям.

**Выводы.** Суммируя все вышеизложенное, мы считаем необходимым использование мониторов нейромышечной проводимости в рутинной анестезиологической практике для обеспечения безопасности пациентов и создания комфортных условий для работы хирургов.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Вклад авторов.** Чуприн С.В. — разработка концепции и дизайна исследования, сбор и первичная обработка данных, обзор литературы; Сушкова О.В. — сбор и первичная обработка данных, обзор литературы; Гиринская Л.Н. — сбор и первичная обработка данных, обзор литературы; Кузнецов С.А. — сбор и первичная обработка данных, перевод на английский язык; Мясникова В.В. — сбор и первичная обработка данных, статистическая обработка полученных результатов.

#### ORCID авторов

Чуприн С.В. — 0000-0003-0516-6395  
Сушкова О.В. — 0000-0002-5709-0153  
Гиринская Л.Н. — 0000-0002-5250-9904  
Кузнецов С.А. — 0000-0002-5434-527X  
Мясникова В.В. — 0000-0003-1748-7962

#### Литература/References

- Миллер Р. Анестезия Рональда Миллера: Пер. с англ. Под общ. ред. К.М. Лебединского: В 4 т. СПб.: Человек, 2015. Т. 2. [Miller R. Miller's anaesthesia. Ed.: K.M. Lebedinskiy. Saint Petersburg: Chelovek, 2015. Vol. 2. (In Russ)]
- Морган Дж.Э. мл., Михаил М.С., Марри М.Дж. Клиническая анестезиология. Кн. 1. М.: Бином, 2013. [Morgan G.E., Mikhail M.S., Murray M.J. Clinical anesthesiology. Vol. 1. Moscow: Binom, 2013. (In Russ)]
- Управление нейромышечным блоком в анестезиологии. Клинические рекомендации ФАР. Под. ред. Е.С. Горобца, В.М. Мизикова, Э.М. Николаенко. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2014. [Upravlenie neiromyshechnym blokom v anesteziologii. Klinicheskie rekomendatsii FAR. Eds.: E.S. Gorobets, V.M. Mizikov, E.M. Nikolaenko. Moscow: GEOTAR-Media, 2014. (In Russ)]
- Arain S.R., Kern S., Ficke D.J. et al. Variability of duration of action of neuromuscular-blocking drugs in elderly patients. *Acta Anaesthesiol. Scand.* 2005; 49: 312–315. doi: 10.1111/j.1399-6576.2005.00634.x.
- Blobner M., Eriksson L.I., Scholz J. et al. Reversal rocuronium-induced neuromuscular blockade with sugammadex compared with neostigmine during sevoflurane anaesthesia: results of a randomized, controlled trial. *Eur. J. Anaesthesiol.* 2010; 27(10): 874–881. doi: 10.1097/EJA.0b013e32833d56b7.
- Chui P.T., Gin T., Oh T.E. Anaesthesia for laparoscopic general. *Anaesth. Intensive Care.* 1993; 21: 163–171.
- Claudius C., Garvey L.H., Viby-Mogensen J. The undesirable effects of neuromuscular blocking drugs. *Anaesthesia.* 2009; 64(Suppl 1): 10–21. doi: 10.1111/j.1365-2044.2008.05866.x.
- Dubois P.E., Putz L., Jamart J. et al. Deep neuromuscular block improves surgical conditions during laparoscopic hysterectomy: A randomised controlled trial. *Eur. J. Anaesthesiol.* 2014; 31: 430–436. doi: 10.1097/EJA.0000000000000094.
- Fujimoto M., Tanahira C., Yamamoto M. In non-obese patients, duration of action of rocuronium is directly correlated with body mass index. *Canadian Journal of Anesthesia.* 2013; 60(6): 552–556. doi: 10.1007/s12630-013-9914-x.
- Grosse-Sundrup M., Henneman J.P., Sandberg W.S. et al. Intermediate acting non-depolarizing neuromuscular blocking agents and risk of postoperative respiratory complications: prospective propensity score matched cohort study. *British Medical Journal.* 2012; 345: e6329. doi: 10.1136/bmj.e6329.

11. *Gurusamy K.S., Samraj J.K., Davidson B.R.* Low pressure versus standard pressure pneumoperitoneum in laparoscopic cholecystectomy. Cochrane Database of Systematic Reviews. 2009; 2. Art. No: CD006930. doi: 10.1002/14651858.CD006930.pub2.
12. *King M., Sujirattanawimol N., Danielson D.R.* Requirements for muscle relaxants during radical retropubic prostatectomy. *Anesthesiology*. 2000; 93: 1392–1397.
13. *Martini C.H., Boon M., Bevers R.F. et al.* Evaluation of surgical conditions during laparoscopic surgery in patients with moderate vs deep neuromuscular block. *Br. J. Anaesth.* 2014; 112: 498–505. doi: 10.1093/bja/aet377.
14. *Martyn J.A., Fagerlund M.J., Eriksson L.I.* Basic principles of neuromuscular transmission. *Anaesthesia*. 2009; 64(Suppl 1): 1–9. doi: 10.1111/j.1365-2044.2008.05865.x.
15. *Murphy G.S., Brull S.J.* Residual neuromuscular block: lessons unlearned. Part I: definitions, incidence, and adverse physiologic effects of residual neuromuscular block. *Anesth. Analg.* 2010; 111(1): 120–128.
16. *Nguyen J.H., Tanaka P.P.* Anesthesia for Laparoscopic Surgery. In: *Wetter P.A., ed. Prevention and Management of Laparoscopic Surgical Complications*. 2<sup>nd</sup> ed. Society of Laparoscopic Surgeons. 2011.
17. *Welliver M., McDonough J., Kalynych N. et al.* Discovery, development, and clinical application of sugammadex sodium, a selective relaxant binding agent. *Drug Des. Devel. Ther.* 2009; 2: 49–59.
18. *Xiaobo F., Jianjuan K., Yanlin W.* Comparison of the variability of the onset and recovery from neuromuscular blockade with cisatracurium versus rocuronium in elderly patients under total intravenous anesthesia. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*. 2012; 45: 676–680. doi: 10.1590/S00100-879X2012007500076.