

А. И. Левшанков

**МОНИТОРИНГ И УПРАВЛЕНИЕ
НЕРВНО-МЫШЕЧНОЙ ПРОВОДИМОСТЬЮ
ПРИ ХИРУРГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЯХ**

Учебно-методическое пособие

Санкт-Петербург

СпецЛит

2014

УДК 616-089.5-037
Л38

Автор:

Левшанков Анатолий Ильич — доктор медицинских наук, профессор кафедры анестезиологии и реаниматологии Военно-медицинской академии им. С. М. Кирова, заслуженный работник высшей школы РФ, академик Международной академии медико-технических наук

Левшанков А. И.

Л38 Мониторинг и управление нервно-мышечной проводимостью при хирургических операциях : учебно-методическое пособие. — Санкт-Петербург : СпецЛит, 2014. — 69 с. — ISBN 978-5-299-00628-5

Настоящее учебно-методическое пособие предназначено для анестезиологов-реаниматологов, хирургов и медицинских сестер-анестезистов, а также может использоваться при подготовке по специальности 14.00.37 «Анестезиология и реаниматология» в интернатуре и клинической ординатуре.

УДК 616-089.5-037

ISBN 978-5-299-00628-5

© А. И. Левшанков, 2014

© ООО «Издательство „СпецЛит“, 2014

СОДЕРЖАНИЕ

Условные сокращения	4
Актуальность проблемы	5
Глава 1. Необходимость мониторинга и управления нервно-мышечной проводимостью	7
Глава 2. Реальность использования мониторинга и управления нервно-мышечной проводимостью	17
Глава 3. Возможности использования мониторинга и управления нервно-мышечной проводимостью	18
Глава 4. Методика мониторинга нервно-мышечной проводимости	24
Глава 5. Управление нервно-мышечной проводимостью во время анестезии и операции	33
Глава 6. Применение мышечных релаксантов во время операций в условиях ингаляционной анестезии, клинического контроля и мониторинга нервно-мышечной проводимости	36
Глава 7. Некоторые важные клинические наблюдения, подтверждающие целесообразность мониторинга и управления нервно-мышечной проводимостью (заключение и обсуждение)	52
<i>Приложение</i>	59
Заключение	62
Литература	67

УСЛОВНЫЕ СОКРАЩЕНИЯ

- АМГ — акцелеромиограмма
АХЭ — ацетилхолинэстераза
БПИ — быстрая последовательная индукция
ВВЛ — вспомогательная вентиляция легких
ВДП — верхние дыхательные пути
ВП — веро-пипекуроний
ДБС (DBS) — двойная разрядная стимуляция (double-burst stimulation)
ДМТ — должная масса тела
ИВЛ — искусственная вентиляция легких
МАК — минимальная альвеолярная концентрация
МНМБ — монитор нервно-мышечного блока
МР — мышечный релаксант (миорелаксант)
НМБ — нервно-мышечный блок
НМП — нервно-мышечная проводимость
ОАР — отделение анестезиологии и реанимации
ССС — сердечно-сосудистая система
ТС — техническое средство
ФАР — Федерация анестезиологов-реаниматологов России
DBS — см. ДБС
FiO₂ — концентрация кислорода во вдыхаемом воздухе
РТС — (post tetanic count) посттетанический счет
SEVe — содержание севофлурана в выдыхаемом воздухе
ST — стимуляция с частотой 1 Гц
ТЕТ — тетаническая стимуляция 5 с с частотой 50 Гц
ТОF — (train-of-four) четырехразрядная стимуляция

АКТУАЛЬНОСТЬ ПРОБЛЕМЫ

Более 70 лет мышечные релаксанты (МР) используют в клинической практике для осуществления миоплегии при хирургических вмешательствах в условиях анестезии с искусственной вентиляцией легких (ИВЛ). Управляемая миоплегия позволила поднять на новый, более совершенный уровень анестезиологическое обеспечение хирургических вмешательств:

1) стала очевидной возможность и целесообразность ведения анестезии на поверхностном уровне;

2) появились условия для применения ИВЛ и управления газообменом во время операции;

3) заложены основы прогрессивной концепции многокомпонентности анестезии.

В последние годы доказано, что более активное использование мониторинга нервно-мышечной проводимости (НМП) и антагонистов миорелаксантов привело к сокращению частоты послеоперационной остаточной кураризации [8].

Поэтому мониторинг во время анестезии, в том числе и НМП, предусмотрен Международными стандартами безопасной анестезиологической практики [4]. Они предназначены для специалистов в области анестезиологии всего мира, их профессиональных обществ, руководителей клиник и отделений, а также правительств в целях улучшения и поддержания качества и безопасности анестезиологической помощи. В нашей стране соответствующие технические средства (ТС) для мониторинга предусмотрены нормативно-правовыми документами [5–7].

При миорелаксации очень важно выбрать наиболее оптимальный мышечный релаксант (МР) в зависимости от клинической ситуации, обеспечить объективный контроль (мониторинг) блока НМП в процессе анестезии, соблюсти четкий алгоритм действий при восстановлении НМП и выведении пациента из анестезии.

К сожалению, в нашей стране проблеме мониторинга и управляемости блоком НМП уделяется недостаточно внимания. Это обу-

словлено в основном отсутствием в России стандарта мониторинга НМП, недостаточной технической оснащенностью отделений анестезиологии и реанимации (ОАР) и отсутствием необходимого спектра МР, препаратов для проведения декураризации, четкого представления о мониторинге НМП, частоте остаточного блока НМП.

За последние годы было проведено несколько совещаний экспертов — ведущих специалистов-анестезиологов России по вопросу оптимизации периоперационной миоплегии. В частности, на Экспертном совете анестезиологи и хирурги (май 2012 г.) обсуждали значение более совершенного управления нервно-мышечным блоком для оптимизации хирургических вмешательств. В результате дискуссии эксперты пришли к ряду важных положений, отражающих современные аспекты миорелаксации при хирургических вмешательствах (см. приложение).

В течение 2004—2008 гг. кафедрой анестезиологии и реаниматологии ВМедА и ЗАО «Диамант» был разработан отечественный монитор нервно-мышечного блока («МНМБ-Диамант»). В 2009 г. успешно проведены клинические испытания, затем налажен серийный выпуск «МНМБ-Диамант» (рег. уд. № ФСР 2010/08199 от 20.07.2010, сертификат соответствия № РОСС RU.МЕ77.В06921 #0449183, изготовитель серийного выпуска — ЗАО «Диамант», СПб).

Однако опубликованных работ об опыте его использования пока мало. Это обусловило появление настоящего монографического учебно-методического пособия. Автор пособия имеет 20-летний опыт работы с зарубежными мониторами НМП и 8-летний — с отечественными. Надеемся, что использование настоящего пособия и изложенных в нем рекомендаций позволит практикующим анестезиологам-реаниматологам и медицинским сестрам-анестезистам добиться объективного мониторинга и максимальной управляемости НМП, тем самым улучшить оказание больным и пострадавшим анестезиологической и реаниматологической помощи.

Глава 1

НЕОБХОДИМОСТЬ МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ НЕРВНО-МЫШЕЧНОЙ ПРОВОДИМОСТЬЮ

Мышечные релаксанты начали исследовать более 260 лет тому назад.

Образцы кураре и технологию его изготовления, «заимствованную» у индейцев, привез во Французскую академию наук в 1745 г. французский ученый и путешественник Шарль Мари де ла Кондамин (Шарль Лакондамин; французское имя — Charles-Marie de la Condamine), который возглавлял научную экспедицию в Перу [3].

Более 70 лет тому назад (23 января 1942 г. в Монреале (Канада) Г. Гриффит и Э. Джонсон (Harold R. Griffith и Enid Johnson MacLeod) впервые использовали миорелаксант интокострин (очищенный тубокурарин) при аппендэктомии под циклопропановым наркозом (рис. 1) [20, 27]. Наступила новая эра в анестезиологии.

Сенсационная статья Н. К. Beecher и D. P. Todd в 1954 г. об увеличении в 6 раз летальности больных после применения производных кураре вызвала длительную дискуссию и побудила к более глубоким исследованиям побочных эффектов МР [9]. Основной причиной летальности оказалась дыхательная недостаточность, связанная с остаточным блоком НМП (63 %), при отсутствии мониторинга НМП и недостаточной респираторной поддержке в ближайшем послеоперационном периоде. Поэтому остро встал вопрос о необходимости объективного контроля и управления НМП во время анестезии.

Необходимость мониторинга и управляемости НМП в процессе операции в настоящее время обусловлена, кроме летальности, многими другими факторами:

1. Вариабельность реакции пациента на МР — большие пределы колебаний времени наступления миоплегии: панкуроний —

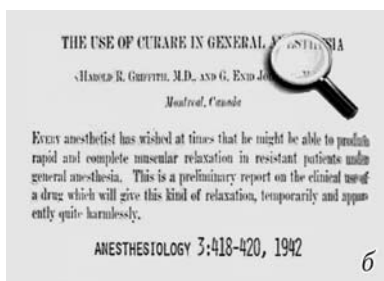


Рис. 1. Harold R. Griffith и Enid Johnson MacLeod (а) и их статья (б)

0,1 мг/кг ($n = 19$) – 48–172 мин; векуроний – 0,08 мг/кг ($n = 20$) – 22–55 мин [35].

2. Побочные эффекты и взаимодействие МР с другими препаратами. Бензилизохинолины высвобождают гистамин, деполаризующие МР могут вызвать злокачественную гипертермию и пр. Более 250 препаратов влияют на НМП. Противосудорожные препараты вызывают резистентность к релаксантам [28, 43]. Метод анестезии влияет на действие миорелаксанта: ингаляционная анестезия потенцирует [41].

Наши наблюдения свидетельствуют о значительном удлинении действия пипекурония после однократного введения на фоне анестезии севофлураном при нейрохирургических операциях (рис. 2, 3). На рис. 2 (пациент Б., м., 37 лет, 100 кг, 178 см) видно, что на фоне ингаляционной анестезии севофлуран + фентанил действие однократного введения пипекурония в дозе 0,07 мг/кг должной массы тела (ДМТ) при нейрохирургической операции продолжалось 5 ч 49 мин, НМП восстановилась спустя 2 ч 19 мин после операции. Поэтому в конце операции даже опытному анестезиологу без мониторинга НМП невозможно определить степень восстановления НМП или дозу прозерина для декураризации.

На рис. 3 видно, что в конце операции в условиях ингаляционной анестезии севофлураном наличие мониторинга НМП («МНМБ-Диамант») позволило через 5 ч 41 мин после однократного введения 4 мг пипекурония (0,06 мг/кг ДМТ) определить дозу прозерина (1 мг) для декураризации, после появления сознания через 2 мин после операции на фоне полного восстановления НМП произвести экстубацию и на спонтанном адекватном дыхании воздухом перевести пациента в палату интенсивной терапии.

3. Оптимизация выбора МР и миоплегии при интубации трахеи с учетом клинической ситуации. К настоящему времени в практике анестезиолога-реаниматолога используются различные миорелаксанты в зависимости, прежде всего, от продолжительности и характера операции, а также от состояния пациента.

Более 30 лет назад John Savarese предложил классификацию миорелаксантов на основе механизма и продолжительности действия, которая с точки зрения практики остается наиболее популярной (табл. 1).

По происхождению и химической структуре недеполяризующие миорелаксанты, используемые в России, можно разделить на две группы:

- аминостероидные (пипекуроний, векуроний, рокуроний);
- бензилизохинолиновые (атракурий и цисатракурий).

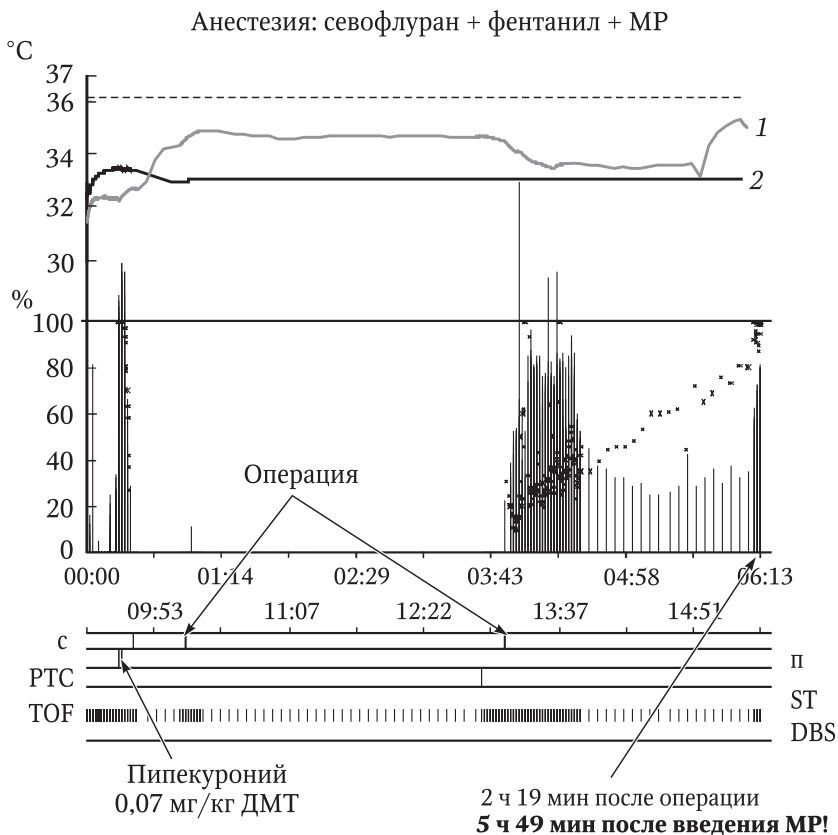


Рис. 2. Акцелеромиограмма (АМГ) во время операции в условиях ингаляционной анестезии севофлураном. На этой и последующих АМГ:

1, 2 — кривые температуры двух точек тела: на кисти и в подмышечной впадине; с — событие: во время анестезии при нажатии кнопки «СОБ» в строке «с» АМГ отмечается на графике и в таблице момент и точное время соответствующего события (интубация, начало и конец операции, экстубация); п — препарат: при нажатии кнопки «ПРП» в строке «п» отмечается на графике и в таблице момент и точное время введения препарата (миорелаксанта).

(АМГ позволяет точно определить начало и окончание события и действия препарата, время наступления и окончания миоплегии)

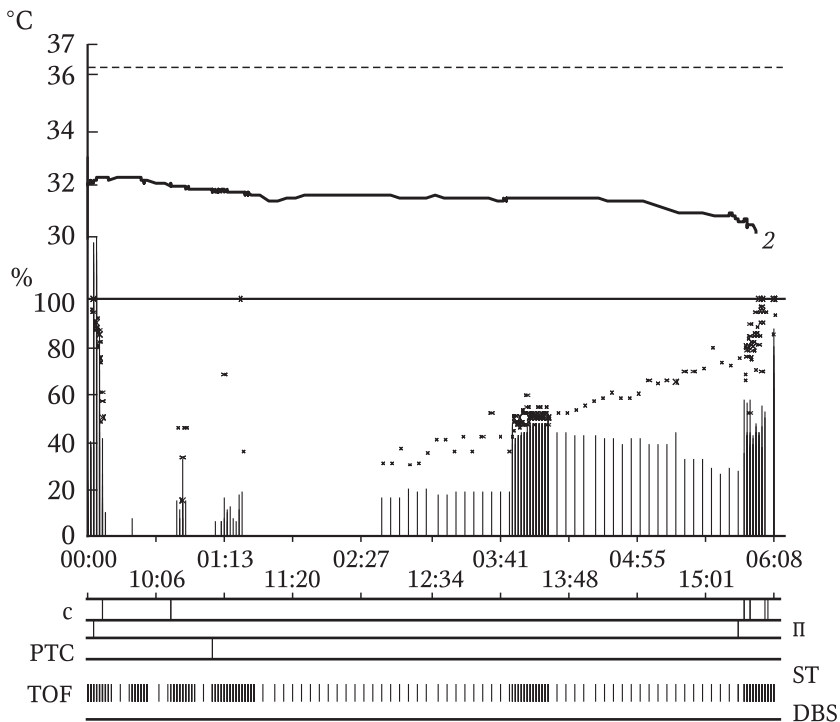


Рис. 3. АМГ во время операции в условиях ингаляционной анестезии севофлураном и однократного введения пипекурония

Большинство препаратов бензилизохинолинового ряда имеют ряд положительных качеств, в частности отсутствие ваголитического эффекта, возможность метаболизма и элиминации без участия печени и почек. Поэтому они показаны пациентам с нарушенной функцией печени и почек.

С другой стороны, они с большей вероятностью, чем аминостероиды, вызывают выброс гистамина.

Наиболее целесообразными (с позиций функциональности) являются МР, способные обеспечить быструю, глубокую миоплегию при относительно непродолжительном НМБ (табл. 2). Такое сочетание представляется оптимальным у суксаметония (сукцинилхолина).

Однако он неудобен для поддержания блока при длительных вмешательствах (его приходится вводить очень часто). Кроме того, как МР деполяризующего механизма действия он вызывает нежелательные эффекты: миофасцикуляции, постанестетические миалгии,

**Классификация миорелаксантов по механизму
и продолжительности действия**

Деполяризирующие	Недеполяризирующие		
Ультракороткие	Короткие	Средней продолжительности	Длительные
Суксаметония хлорид (дитилин, листенон)	Мивакурия хлорид (мивакрон)	Атракурия безилат (тракриум) Цисатракурия безилат (нимбекс) Векурония бромид (норкурон) Рокурония бромид (эсмерон)	Панкурония бромид (павулон) Пипекурония бромид (ардуан, аперомид, веропипекуроний)

Таблица 2

Требования, предъявляемые к идеальному миорелаксанту

По: Booij L., Crul J. (1983) [13]	По: Blobner J. [et al.] (2003) [12]
Недеполяризирующий механизм действия	Быстрое начало действия
Быстрое начало действия	Быстрое восстановление НМП
Короткая продолжительность действия	Отсутствие выброса гистамина
Быстрое восстановление НМП	Легкость подбора дозы (управляемость эффекта)
Отсутствие кумулятивного эффекта	Отсутствие влияния на гемодинамику
Отсутствие побочных эффектов на ССС	Отсутствие влияния на бронхи
Отсутствие выброса гистамина	Низкая стоимость
Обратимость с помощью ингибиторов холинэстеразы	Отсутствие кумуляции
Высокая сила (мощность) действия	Отсутствие фасцикуляций (мышечного подергивания) при введении препарата
Фармакологически неактивные метаболиты	

повышение внутриглазного давления, гиперкалиемию (нарушения ритма сердца, опасность использования на фоне существующих гиперкалиемических состояний), триггерное влияние в развитии злокачественной гипертермии.

Напротив, недеполяризующие МР длительного действия (чаще всего используемый в нашей стране пипекуроний) требуют слишком много времени для достижения приемлемых для интубации условий. Поэтому при так называемых трудных дыхательных путях, невозможности интубации и ИВЛ возникает опасность развития гипоксемии и гипоксии. Кроме того, длительное восстановление НМП и самостоятельного дыхания становится рискованным в равной мере, как и попытки медикаментозной реверсии НМП. При этих условиях целесообразно использовать недеполяризующий МР рокурония бромид, который по времени наступления максимального блока НМП является альтернативой деполяризующего МР (суксаметония хлорид) и приближается к идеальному миорелаксанту (табл. 3).

Недеполяризующие МР средней продолжительности действия (цисатракурий, векуроний и рокуроний) позволяют достичь хороших и отличных условий для интубации за 2,5–3 мин, обеспечивая НМБ от 35–40 до 50 мин. Особенно в отечественной практике они представляются наиболее безопасными и наиболее универсальными для достижения и поддержания НМБ при любых клинических задачах.

Многочисленными исследованиями последнего десятилетия убедительно показано, что рокуроний — самый быстродействующий из недеполяризующих МР. Суксаметоний (1–2 мг/кг) обеспечивает хо-

Таблица 3

Сравнительная характеристика ED₉₅ миорелаксантов, рекомендуемых доз для интубации трахеи и времени наступления максимальной блокады НМП

Миорелаксант	ED ₉₅ , мг/кг	Дозы, рекомендуемые для интубации трахеи, мг/кг	Время наступления максимального блока НМП, мин
Суксаметония хлорид	0,29	1–1,5	0,5–1,1
Атракурия безилат	0,23	0,5–0,6	2,5
Цисатракурия безилат	0,05	0,1–0,15	2–5
Векурония бромид	0,057	0,08–0,1	1,5–2,4
Рокурония бромид	0,03	0,6–1	1–1,5
Панкурония бромид	0,067	0,1–0,15	2,9
Пипекурония бромид	0,041	0,07–0,1	2,5

рошие и отличные условия для интубации через 45–60 с после введения в 80–90 % случаев, рокуроний (0,6–0,9 мг/кг) обеспечивает через 45–60 с приемлемые условия в значительной части случаев, а дополнительные 30 с еще больше повышают долю хороших и отличных оценок.

Быстрая последовательная индукция анестезии (БПИ) – это методика для облегчения быстрой интубации трахеи у пациентов с высоким риском аспирации [24]: неотложные хирургические вмешательства; отсутствие воздержания от употребления пищи и жидкости в течение рекомендуемого периода времени перед операцией; наличие избыточной массы тела; гастроэзофагеальная рефлюксная болезнь; беременность.

Частота аспирации составляет от 0,7 до 4,7 случая на 10 000 пациентов [38, 39]. У пациентов, находящихся в критическом состоянии, частота аспирации возрастает до 34 % (3400 случаев на 10 000 пациентов) [33].

Избыточная масса тела приводит к трудностям при интубации и связана с повышенным риском аспирации [29].

Неудачная интубация с невозможностью осуществления вентиляции (Cannot Intubate Cannot Ventilate, CICV) – критическая ситуация после введения МР (0,01–0,35 % от попыток интубации), при которой может развиваться гипоксия с повреждением мозга и наступлением смерти. В таких случаях требуется проведение адекватной ручной вентиляции, а при неадекватности респираторной поддержки – быстрое устранение миорелаксации с помощью сугаммадекса для восстановления самостоятельного дыхания [10, 17, 19, 21].

Миорелаксантом выбора для интубации трахеи при БПИ до сих пор остается сукцинилхолин (суксаметоний, дитилин, листенон). При наличии рокурония бромида и сугаммадекса в большинстве ситуаций можно отказаться от использования сукцинилхолина при проведении быстрой интубации трахеи.

Таким образом, современный подход к обеспечению проходимости ВДП в процессе анестезии включает в себя:

- 1) прогнозирование перед операцией вероятной трудной интубации трахеи;

- 2) реализацию практических рекомендаций, разработанных и принятых в 2008 г. ФАР с участием экспертов Европейского общества обеспечения проходимости дыхательных путей (European Airway Management Society);

- 3) обеспечение полного контроля в данной клинической ситуации путем использования рокурония бромида и сугаммадекса, а также мониторинга НМП;

4) улучшение хирургических условий с помощью периоперационной миоплегии. Миоплегию во время операции, как правило, поддерживают:

— болюсной дозировкой МР средней продолжительности действия (не более 25 % от интубационной, при длительной блокаде — не более 10 %) (табл. 4);

— инфузией индивидуально подобранной дозой миорелаксанта (предпочтительно средней продолжительности действия). Темп введения подбирают с учетом фактической массы тела, вида анестезии, а также возраста, пола и исходной патологии пациента. Это позволяет уменьшить или исключить риск остаточной миоплегии.

Миоплегией целесообразно обеспечить неподвижность пациента при проведении многих операций: микрохирургических, нейрохирургических, офтальмологических, сосудистых, на брюшной полости (открытые и лапароскопические) и в полости грудной клетки. При этом на разных этапах операции требуется разная глубина нервно-мышечного блока (НМБ). Осуществить это невозможно без объективного мониторинга НМП.

Поддержание НМБ во время анестезии имеет следующие преимущества:

— предупреждение возникновения кашля, движений и/или попыток пациента подняться во время анестезии [44];

Таблица 4

Дозы миорелаксантов и их действие во время анестезии

Миорелаксант	Дозы для интубации, мг/кг	Максимальный блок, мин	Продолжительность действия, мин	Поддерживающая доза, мг/кг	Средняя скорость инфузии
Суксаметония хлорид	1–1,5	0,5–1,1	4–6	0,04–0,07	2,5–4,3 мг/мин
Атракурия безилат	0,5–0,6	2,5	20–35	0,08–0,1	5–9 мкг/кг · мин ⁻¹
Цисатракурия безилат	0,1–0,15	2–5	55–61	0,03	1–2 мкг/кг · мин ⁻¹
Векурония бромид	0,08–0,1	1,5–2,4	25–30	0,01–0,01	1 мкг/кг · мин ⁻¹
Рокурония бромид	0,6 (0,45–1,2)	1–1,5	22–67	0,1–0,2	10–12 мкг/кг · мин ⁻¹
Пипекурония бромид	0,07–0,1	2,5	50–70	0,01–0,015	—

– облегчение введения инструментов в полости тела, создание более широкого операционного поля для оптимальной визуализации, лучшей мобилизации, облегченного доступа [37, 44];

– возможность создания пневмоперитонеума без повышения давления инсуффляции CO_2 [16];

– обеспечение точности манипуляций при нейрохирургических операциях и операциях на лор-органах [32];

– возможность снижения венозного давления [30].

Таким образом, адекватный уровень НМБ способствует созданию оптимальных хирургических условий во время операции [37, 44].

Малая информативность клинических признаков и стандартное восстановление НМП не предотвращают остаточный блок, что может привести к тяжелым последствиям. Безопасность пациента гарантирована только при $\text{TOF} > 0,9$.

Остаточный блок наблюдается до сих пор и достаточно часто: 22 % больных имели $\text{TOF} < 0,6$, а 42 % — $< 0,7$; 83 % получали неостигмин — 2,5 мг, у 20 % из них TOF оставался $< 0,6$, у 12 % — $< 0,4$ [42]. В работе 2009 г. частота остаточного блока отмечена от 15 до 88 % [18].

В исследованиях 2006 г. [15] изучалось прогностическое значение клинических исследований при НМБ, в которых коэффициент TOF (четырёхразрядной стимуляции) был $< 0,9$. В исследовании 640 хирургических больных обнаружили, что частота остаточного НМБ составляла 38 % у амбулаторных больных и 47 % у стационарных больных. По данным G. S. Murphy (2008) [36], при анализе 7459 больных, перенесших анестезию, респираторные осложнения были у 18 % (ортопедия) и у 24,6 % (общая хирургия), в их структуре 52,4 % составляла тяжелая гипоксемия, 35,7 % — обструкция верхних дыхательных путей.

Из 526 хирургических больных [21] у 45 % во время перевода в послеоперационную палату обнаружен $\text{TOF} < 0,9$. На 5-секундное поднятие головы имели чувствительность 11 %, а на тест с зажатием шпателя — 13 %, то есть только в небольшом проценте пациентов (11 и 13 %) эти клинические признаки свидетельствуют о достаточном восстановлении НМП. Таким образом, чувствительность клинических критериев очень низкая, чтобы рекомендовать их для оценки степени восстановления НМП после использования МР (рис. 4).

Безопасность пациента гарантирована только при $\text{TOF} \geq 0,9$!

$\text{TOF} \geq 0,9$ — современный стандарт приемлемого восстановления НМП и безопасной экстубации пациента при использовании МР.

Учебное издание

Анатолий Ильич ЛЕВШАНКОВ

**МОНИТОРИНГ И УПРАВЛЕНИЕ
НЕРВНО-МЫШЕЧНОЙ ПРОВОДИМОСТЬЮ
ПРИ ХИРУРГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЯХ**

Учебно-методическое пособие

Редактор *Гриб А. А.*
Корректор *Диг Т. А.*
Компьютерная верстка *Тархановой А. П.*

Подписано в печать 28.03.2014. Формат 60 × 88¹/₁₆.
Печ. л. 4,5. Тираж 2000 экз. Заказ № 47

ООО «Издательство „СпецЛит“».
190103, Санкт-Петербург, 10-я Красноармейская ул., 15,
тел./факс: (812)495-36-09; 495-36-12
<http://www.speclit.spb.ru>

Отпечатано в типографии «Реноме».
192007, Санкт-Петербург, наб. Обводного канала, д. 40

ISBN 978-5-299-00628-5



9 785299 1006285