



Теренин М.А.¹✉, Грачев С.С.², Титова А.Д.², Миронович Д.А.¹, Петух Е.А.³, Гордейко В.А.², Ермоленко У.А.²

¹ 6-я городская клиническая больница, Минск, Беларусь

² Белорусский государственный медицинский университет, Минск, Беларусь

³ 11-я городская клиническая больница, Минск, Беларусь

Обзор рекомендаций Европейского общества анестезиологии и интенсивной терапии по периоперационному ведению нейромышечной блокады

Конфликт интересов: не заявлен.

Вклад авторов: Теренин М.А. – концепция и дизайн исследования, сбор и обработка материала, написание текста и редактирование; Грачев С.С. – написание текста, редактирование; Титова А.Д. – написание текста, редактирование; Миронович Д.А. – редактирование статьи; Петух Е.А. – редактирование статьи; Гордейко В.А. – сбор и обработка материала; Ермоленко У.А. – сбор и обработка материала.

Подана: 01.04.2023

Принята: 12.06.2023

Контакты: jack_66@mail.ru

Резюме

В начале 2023 г. экспертами Европейского общества анестезиологии и интенсивной терапии было опубликовано первое руководство по периоперационному ведению нейромышечной блокады, основанное на обзоре литературы до 31 декабря 2021 г. Данный документ включает в себя 8 рекомендаций, направленных на улучшение качества оказания медицинской помощи врачами-анестезиологами и обеспечение безопасности пациентов в периоперационном периоде. Чтобы облегчить их внедрение в клиническую практику, руководство было намеренно ограничено 3 клинически значимыми вопросами: значением миорелаксантов для интубации трахеи, вкладом миорелаксантов в улучшение хирургических условий ведения операций и значением нейромышечного мониторинга и фармакологической реверсии в уменьшении остаточного нейромышечного блока и послеоперационных миорелаксанта-ассоциированных осложнений дыхательной системы.

Ключевые слова: нейромышечная блокада, миорелаксанты, нейромышечный мониторинг, TOF, остаточный нейромышечный блок, реверсия нейромышечного блока



Terenin M.¹✉, Grachev S.², Titova A.², Mironovich D.¹, Petuch A.³, Gordeyko V.², Yermolenko U.²

¹ 6th City Clinical Hospital, Minsk, Belarus

² Belarusian State Medical University, Minsk, Belarus

³ 11th City Clinical Hospital, Minsk, Belarus

A Review of the European Society of Anesthesiology and Intensive Care Guidelines for Perioperative Management of Neuromuscular Blockade

Conflict of interest: nothing to declare.

Authors' contribution: Terenin M. – study concept and design, text writing, editing; Grachev S. – text writing, editing; Titova A. – text writing, editing; Mironovich D. – editing; Petuch A. – editing; Gordeyko V. – materials processing; Yermolenko U. – materials processing.

Submitted: 01.04.2023

Accepted: 12.06.2023

Contacts: jack_66@mail.ru

Abstract

In early 2023, experts of the European Society of Anesthesiology and Intensive Care published the first guidelines for the perioperative management of neuromuscular blockade, based on the literature review through December 31, 2021. This document includes 8 recommendations aimed at improving the quality of care provided by anesthesiologists and ensuring patient safety in the perioperative period. To facilitate their implementation in clinical practice, the guidelines were deliberately limited to three clinically relevant issues: the value of muscle relaxants for tracheal intubation, the contribution of muscle relaxants to the improvement of surgical conditions during a surgery, and the value of neuromuscular monitoring and pharmacological reversion to reduce residual neuromuscular block and postoperative muscle relaxant-associated respiratory complications.

Keywords: neuromuscular blockade, muscle relaxants, neuromuscular monitoring, TOF, residual neuromuscular block, reversal of neuromuscular block

■ АКТУАЛЬНОСТЬ

В недавнем научном обзоре рассматривалась практика ведения нейромышечной блокады (НМБ) в Европе. В этом исследовании 17 150 пациентов подвергались воздействию миорелаксантов, но нейромышечный мониторинг (НММ) не использовался более чем у 10 000 из них, время экстубации было основано исключительно на клинических критериях примерно у 12 000 пациентов, и более 8 300 пациентов не получали каких-либо реверсивных агентов в конце операции. Наконец, только 16,5% пациентов (2 839 / 17 150), подвергшихся воздействию миорелаксантов, были экстубированы с документально подтвержденным методом объективизации четырехразрядной стимуляции (ТОФ) – ТОФ-соотношение > 0,9 [1]. Очевидно, что такая очень высокая частота неадекватного ведения НМБ увеличивала частоту остаточного мышечного блока и миорелаксant-ассоциированных послеоперационных легочных осложнений (ПЛО) [1]. Эти данные вызывают тревогу, поскольку доступный НММ,

а также миорелаксанты и их антагонисты в основном позволяют хорошо переносить НМБ [2].

До сих пор периоперационное ведение НМБ еще не рассматривалось в руководствах Европейского общества анестезиологии и интенсивной терапии (ЕОАИТ). Таким образом, с учетом вышеупомянутого исследования для повышения безопасности пациентов и качества оказания медицинской помощи руководство ЕОАИТ поручило рабочей группе экспертов изучить литературу по данной тематике и предоставить набор практических рекомендаций по периоперационному ведению НМБ [2].

■ ВВЕДЕНИЕ

Эксперты в руководстве определили 3 главных клинических вопроса, на основе которых и формировались текущие рекомендации [2]:

- необходимы ли миорелаксанты для облегчения интубации трахеи у взрослых?
- влияет ли глубина НМБ на результат оперативного лечения вабдоминальной хирургии?
- каковы стратегии диагностики и лечения остаточной НМБ?

Таблица 1

Шкала оценки уровней убедительности рекомендаций для методов профилактики, диагностики, лечения и реабилитации (профилактические, диагностические, лечебные, реабилитационные вмешательства) [2]

Table 1

A rating scale of convincingness for recommendations on prevention, diagnosis, treatment, and rehabilitation methods (preventive, diagnostic, therapeutic, and recovery interventions) [2]

УУР	Расшифровка
A	Сильная рекомендация (все рассматриваемые критерии эффективности (исходы) являются важными, все исследования имеют высокое или удовлетворительное методологическое качество, их выводы по интересующим исходам являются согласованными)
B	Условная рекомендация (не все рассматриваемые критерии эффективности (исходы) являются важными, не все исследования имеют высокое или удовлетворительное методологическое качество, и/или их выводы по интересующим исходам не являются согласованными)
C	Слабая рекомендация (отсутствие доказательств надлежащего качества (все рассматриваемые критерии эффективности (исходы) являются неважными, все исследования имеют низкое методологическое качество, и их выводы по интересующим исходам не являются согласованными)

Таблица 2

Шкала оценки уровней достоверности доказательств для методов профилактики, лечения и реабилитации (профилактические, лечебные, реабилитационные вмешательства) [2]

Table 2

A rating scale of evidence reliability for recommendations on prevention, diagnosis, treatment, and rehabilitation methods (preventive, diagnostic, therapeutic, and recovery interventions) [2]

УДД	Расшифровка
1	Систематический обзор рандомизированных клинических исследований с применением метаанализа
2	Отдельные рандомизированные клинические исследования и систематические обзоры исследований любого дизайна, за исключением рандомизированных клинических исследований, с применением метаанализа
3	Нерандомизированные сравнительные исследования, в том числе когортные исследования
4	Несравнительные исследования, описание клинического случая или серии случаев, исследование «случай – контроль»
5	Имеется лишь обоснование механизма действия вмешательства (доклинические исследования) или мнение экспертов



В данном руководстве все сведения ранжированы по уровню убедительности рекомендаций (УУР) и уровню достоверности доказательств (УДД) в зависимости от количества и качества исследований по данной проблеме (табл. 1 и 2).

Необходимо ли использование миорелаксантов для облегчения интубации трахеи?

Рекомендация 1. Рекомендуется использовать миорелаксанты для облегчения интубации трахеи (1A) [2].

Рекомендация 2. Рекомендуется использовать миорелаксанты для уменьшения повреждения глотки и/или гортани при эндотрахеальной интубации (1C) [2].

Рекомендация 3. Рекомендуется использовать быстродействующий миорелаксант для быстрой последовательной индукции (БПИ) – сукцинилхолин 1 мг/кг или рокуроний 0,9–1,2 мг/кг (1B) [2].

Комментарий. При оценке потребности в миорелаксантах для оротрахеальной интубации в рассмотренных исследованиях эксперты изучали применение сукцинилхолина, рокурония, атракурия, цисатракурия, рапакурония, мивакурия и векурония у взрослых пациентов. В результате были получены данные от 1405 пациентов, получавших миорелаксант при эндотрахеальной интубации, и от 1364 пациентов, не получавших миорелаксант. Плохие условия интубации наблюдались у 370 пациентов без миорелаксантов (27%) и у 45 пациентов (3%), получавших миорелаксанты. Таким образом, применение миорелаксантов привело к снижению риска плохих условий при интубации трахеи на 24% [2]. Эти выводы подтверждаются в работе Lundstrom с соавторами – индукция без миорелаксантов как независимый фактор риска трудной интубации трахеи [3].

Оротрахеальная интубация сопряжена с риском и дискомфортом для пациентов. Наиболее часто наблюдаемыми осложнениями являются боль после манипуляции, охриплость и преходящие изменения голоса, а также повреждение голосовых связок. Были описаны случаи повреждения глотки и/или гортани в 7 исследованиях [4–10]. Для решения проблемы возникновения этих осложнений эксперты объединили общее количество интубированных пациентов с применением миорелаксантов (группа 1, n=397) и общее количество пациентов, у которых методика проводилась без миорелаксантов (группа 2, n=447). Во 2-й группе у 173 пациентов (38%) были обнаружены повреждения глотки или гортани, а в 1-й группе – у 109 пациентов (27%). Таким образом, использование миорелаксантов снижает риск повреждения дыхательных путей у пациентов во время общей анестезии на 11% [2]. Эксперты подчеркивают, что во время экстубации также может произойти повреждение глотки или гортани. Таким образом, можно добиться дальнейшего снижения частоты возникновения последнего [2].

В экстренной хирургии пациентам может потребоваться БПИ с целью профилактики регургитации желудочного содержимого и последующей аспирации. Чтобы избежать масочной вентиляции, улучшить условия интубации и снизить риск трудной интубации трахеи в этой ситуации, миорелаксанты для БПИ должны действовать быстро. Традиционно для этой цели миорелаксантом выбора был сукцинилхолин ввиду быстрого начала и короткой продолжительности действия, но он обладает спектром серьезных побочных эффектов. Рокуроний был предложен в качестве альтернативы сукцинилхолину [2]. Согласно недавнему Кокрейновскому обзору,

рокуроний в дозе 0,6–0,7 мг/кг реже создавал оптимальные условия для интубации для БПИ, чем сукцинилхолин. Также не было выявлено статистических различий при увеличении дозы рокурония с 0,9 до 1,0 или 1,2 мг/кг [11]. Чтобы преодолеть более длительный мышечный блок рокурония при БПИ по сравнению с сукцинилхолином, в операционной должна быть соответствующая доза сугаммадекса для реверсии НМБ [12].

Влияет ли глубина НМБ на результаты лечения пациентов в абдоминальной хирургии (например, при лапаротомии или лапароскопии)?

Рекомендация 4. Рекомендуются углублять НМБ, если необходимо улучшить условия для работы хирургов (1B) [2].

Рекомендация 5. Недостаточно доказательств, чтобы рекомендовать глубокую НМБ в целом для уменьшения послеоперационной боли или снижения частоты периоперационных осложнений (2C) [2].

Комментарии. При оценке потребности в миорелаксантах для оптимальных хирургических условий экспертами были рассмотрены исследования, в которых изучалась глубокая (гНМБ) и умеренная нейромышечная блокада (уНМБ) у взрослых. В разных исследованиях гНМБ определялась как посттетанический счет от 0 до 5, а уНМБ – как минимум 1 ответ при TOF-мониторинге [2]. Даже несмотря на то, что в большинстве включенных исследований сообщалось о некоторой пользе гНМБ для лучших хирургических условий, комфорта и/или безопасности пациента, эти результаты были получены в небольших исследованиях (около 60 пациентов) и различия в них были незначительными [2].

Хирургические условия и обзор операционного поля были оценены значительно лучше при гНМБ в 16 исследованиях [13–28]. Однако клинические преимущества концепции гНМБ все еще остаются спорными. Условия хирургического пространства определяются не только глубиной нейромышечного блока, но и факторами, не связанными с релаксацией, такими как глубина или тип анестезии (ингаляционная или внутривенная). Кроме того, в этом контексте могут оказывать влияние факторы, связанные с пациентом, такие как строение брюшной стенки, спайки, размер органа, возраст или пол. Наконец, требования к НМБ могут не быть постоянными во время процедуры; на некоторых этапах может потребоваться большее расслабление, чем на других.

Только в 3 из 15 исследований, в которых оценивалась послеоперационная боль, авторы сообщили о значительных различиях между группами, при этом у пациентов отмечалась польза от гНМБ [17, 29, 30]. Точно так же 3 из 19 исследований, в которых изучали возникновение нежелательных явлений или осложнений в более широком смысле, сообщали о меньшем количестве событий в группе гНМБ [15, 24, 29]. Таким образом, необходимы более качественно спланированные исследования, изучающие, превосходит ли глубокая НМБ умеренную в отношении периоперационного исхода для пациента [2].

Каковы стратегии диагностики и лечения остаточной НМБ?

Рекомендация 6. Рекомендуются использовать стимуляцию локтевого нерва и количественный НММ мышцы, приводящей большой палец, для исключения остаточной НМБ (1B) [2].



Рекомендация 7. Рекомендуется использовать сугаммадекс для предотвращения глубокой (посттетанический счет >1 и количество ответов $\text{TOF}=0$), умеренной (количество ответов TOF от 1 до 3) и поверхностной НМБ (количество ответов $\text{TOF}=4$ и TOF -соотношение $<0,4$), вызванной аминостероидными миорелаксантами (рокуроний, векуроний) (1А) [2].

Рекомендация 8. Рекомендуется спонтанно восстанавливать мышечное сокращение (т. е. TOF -соотношение $>0,2$) до начала реверсии на основе неостигмина и продолжать количественный НММ до тех пор, пока не будет достигнуто TOF -соотношение $>0,9$ (1С) [2].

Комментарии. В процессе подготовки текущих рекомендаций при оценке стратегий диагностики остаточного мышечного блока были рассмотрены исследования, сравнивающие количественный НММ с качественным или без применения НММ (TOF -соотношение $<0,9$ считалось остаточной НМБ). Экспертами были проанализированы данные 788 пациентов. 334 пациентам проводился количественный НММ в мышце, приводящей большой палец, и у 19 пациентов (6%) регистрировался остаточный мышечный блок. Остальные 454 пациента находились под наблюдением либо с помощью качественного НММ в мышце, приводящей большой палец, либо без НММ, и у 121 из них (27%) отмечался остаточный блок: у 29 из 164 (18%) наблюдался в группе качественного НММ и у 92 из 290 (32%) в группе без НММ [2]. Эти выводы подтверждаются в рассмотренном экспертами метаанализе, включающем 12 664 пациента [31].

Изолированное применение количественного НММ в конце операции менее надежно для выявления остаточной НМБ по сравнению с непрерывным мониторингом [32]. В зависимости от соответствующего устройства может потребоваться калибровка, определение эталонного значения или идентификация супрамаксимальной стимуляции. TOF -соотношение $>0,9$ является минимальным уровнем нейромышечного восстановления, необходимым для экстубации. Однако если не было калибровки НММ в начале операции (т. е. до введения миорелаксанта), то TOF -порог должен быть равен 1,0 [33].

Чтобы оценить стратегии лечения остаточной НМБ, были рассмотрены исследования, изучающие нейромышечное восстановление и ПЛО (ОРДС, подозрение на пневмонию, аспирационный пневмонит, ателектаз, бронхоспазм, отек легких и др.) после реверсии на основе сугаммадекса и неостигмина (TOF -соотношение $<0,9$ считалось остаточной НМБ) [2].

В Кокрейновском систематическом обзоре сообщалось о более коротком времени достижения TOF -соотношения $>0,9$ при применении сугаммадекса, в сравнении с неостигмином, у пациентов с уНМБ и гНМБ (уНМБ: 2 против 12,9 мин; гНМБ: 2,9 против 48,8 мин) [34].

В 4 рандомизированных клинических исследованиях (РКИ) сообщалось о более коротком времени достижения TOF -соотношения $>0,9$, когда применялась реверсия поверхностной НМБ (TOF -соотношение от 0,4 до 0,9) сугаммадексом или неостигмином. При применении сугаммадекса TOF -соотношения $>0,9$ достигали в течение 5 мин [35–38]. Этот порог не был достигнут всеми пациентами в течение 10, 15 или 30 мин после введения неостигмина в дозах от 40 до 50 мг/кг при TOF -соотношении 0,2 и 0,1 [36]. При TOF -соотношении, равном 0,5, у всех пациентов, получивших неостигмин, восстановили нейромышечную проводимость до TOF -соотношения $>0,9$ в течение 5 мин [38].

Эксперты изучили частоту остаточной НМБ после применения сугаммадекса по сравнению с использованием неостигмина. Она встречалась в 2% случаев (14/637 пациентов) при введении сугаммадекса (от 2 до 4 мг/кг) и увеличивалась до 24% (141/584 пациента) при введении неостигмина (от 30 до 50 мг/кг) [2].

Были рассмотрены 1 проспективное обсервационное исследование и 1 РКИ, в которых изучалась частота ПЛО после применения неостигмина или сугаммадекса [39, 40]. В первом исследовании сообщалось о значительном снижении ПЛО при применении сугаммадекса по сравнению с неостигмином; РКИ, хотя и недостаточно мощное, не смогло подтвердить эти данные. Однако с учетом многофакторности причин ПЛО для ответа на этот вопрос необходимы крупные обсервационные исследования [41].

Многоцентровой когортный анализ с участием 45 712 пациентов выявил более низкую частоту легочных осложнений (3,5 против 4,8%), пневмонии (1,3 против 2,2%) и дыхательной недостаточности (0,8 против 1,7%) после сугаммадекса по сравнению с неостигмином [42]. Аналогичные результаты были получены в когорте из 7 316 пациентов, у которых замена неостигмина в качестве стандартного фармакологического реверсивного агента на сугаммадекс была связана со снижением ПЛО с 6,1 до 4,2% [43]. Однако применение сугаммадекса ограничивается НМБ на основе векурония или рокурония [1].

Для повышения вероятности эффективной реверсии НМБ следует оптимизировать условия, определяющие наилучшую эффективность неостигмина (табл. 3) [2].

Таблица 3
Изменение нейромышечной проводимости после применения неостигмина [2]
Table 3
Changes in neuromuscular conduction after the use of neostigmine [2]

Восстановление нейромышечной проводимости до реверсии	Доза неостигмина	Нейромышечный исход
TOF-соотношение=0,6	30 мг/кг	TOF-соотношение>0,9 у всех пациентов менее чем за 10 мин [44]
TOF-соотношение=0,5	34 мг/кг	TOF-соотношение>0,9 у всех пациентов менее чем за 5 мин [38]
TOF-соотношение=0,4	30 мг/кг	TOF-соотношение>0,9 у всех пациентов менее чем за 10 мин [44]
TOF-соотношение=0,2	10–70 мг/кг	Невозможно достичь TOF-соотношения>0,9 у всех пациентов менее чем за 10 мин (независимо от дозы неостигмина) [35]
TOF=4 и TOF-соотношение=0,1	50 мг/кг	Через 15 мин после введения неостигмина у 25% пациентов TOF-соотношение<0,9 [36]
TOF=4 и TOF-соотношение=0,1	50 мг/кг	Через 30 мин после введения неостигмина у 3/13 пациентов TOF-соотношение<0,9 [37]
TOF=4	40 мг/кг	Через 10 мин после введения неостигмина у 35% пациентов TOF-соотношение<0,9 [45]
TOF=4	70 мг/кг	Через 20 мин после введения неостигмина у 25% пациентов TOF-соотношение<0,9 [46]
TOF=4	70 мг/кг	Через 10 мин после введения неостигмина у 75% пациентов TOF-соотношение<0,9 [46]



Как видно из результатов исследований, представленных в табл. 3, через 10 мин после введения 40 мг/кг неостигмина при появлении 4-го ответа TOF (т. е. $\text{TOF}=4$) у 35% пациентов TOF-соотношение все еще было меньше 0,9; данный факт подтверждает, что невозможно обеспечить эффективную реверсию НМБ при уровне $\text{TOF}=4$, если амплитуда четвертого ответа очень слабая или не достигнута [45]. Более того, увеличение дозы не улучшает этот результат, так как более высокие дозы не являются более эффективными. Время реверсии и восстановление мышечного сокращения до реверсии – единственные оставшиеся переменные, улучшающие действие неостигмина; чем меньше восстановление до реверсии, тем больше времени требуется для достижения TOF-соотношения $>0,9$ [44, 46, 47].

Baurain с соавторами наблюдали наилучшее восстановление TOF-соотношения через 15 мин после введения 40 мг/кг неостигмина при амплитуде восстановления проводимости от 25 до 50% до реверсии [47]. Тем не менее у некоторых пациентов в случае назначения неостигмина при более низкой степени спонтанного восстановления следует ожидать более продолжительного времени восстановления, чем 30 мин. Таким образом, если реверсия НМБ неостигмином (40 мг/кг) желательна в течение 10–15 мин после введения, эксперты рекомендуют спонтанное восстановление (т. е. TOF-соотношение $>0,2$) в момент применения неостигмина. Тем не менее если взять более длительный интервал (например, от 15 до 30 мин) между введением неостигмина и адекватным нейромышечным восстановлением, неостигмин (40 мг/кг) можно назначать при повторном появлении $\text{TOF}=4$ [2].

В обоих сценариях количественный НММ должен быть продолжен до тех пор, пока не будет достигнуто TOF-соотношение $>0,9$ (коэффициент $\text{TOF}=1,0$ при использовании мониторинга АМГ). Качественный НММ с периферической стимуляцией нерва может завышать оценку восстановления мышечного сокращения, вызванного неостигмином [35–37, 45].

■ ЗАЯВЛЕНИЯ ЭКСПЕРТОВ ДЛЯ КЛИНИЧЕСКОЙ ПРАКТИКИ

1. Текущие данные не позволяют рекомендовать один препарат вместо другого при реверсии НМБ при TOF-соотношении между 0,4 и 0,9. При выборе между сугаммадексом и неостигмином необходимо учитывать факторы, связанные с пациентом, а также доступность данных лекарственных средств [2].
2. Восстановление после НМБ, вызванной сукцинилхолином, также следует контролировать с помощью количественного НММ [2].

Недавно Schaefer с соавторами исследовали связь между сукцинилхолином и ПЛО: из 244 850 взрослых пациентов у 5,4% регистрировались ПЛО; чем выше доза сукцинилхолина, тем выше риск ПЛО. Данные результаты указывают на остаточную НМБ как на основной механизм развития легочных осложнений после операции [48]. На первый взгляд, это может показаться удивительным, так как поколения анестезиологов использовали сукцинилхолин из-за его уникальных свойств быстрого начала действия и короткой продолжительности. Тем не менее его фармакодинамический профиль характеризуется высокой индивидуальной вариабельностью, и данные сотрудников Датского исследовательского центра холинэстеразы свидетельствуют о дефиците активности бутирилхолинэстеразы в плазме как основном факторе риска неожиданного остаточного мышечного блока, респираторных осложнений и нарушения сознания во время пробуждения после применения сукцинилхолина [49, 50].

Более того, отсутствие НММ значительно увеличивает риск этих нежелательных явлений [51]. Следовательно, нейромышечную передачу следует контролировать количественно независимо от типа используемого миорелаксанта, даже если вводился только сукцинилхолин [52].

■ ОГРАНИЧЕНИЯ И ДАЛЬНЕЙШИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

У детей также может быть риск остаточной НМБ, но текущие рекомендации не касаются мониторинга этой группы пациентов. В данном руководстве не рассматривается ведение НМБ и НММ у пациентов в отделениях интенсивной терапии и реанимации [2].

Также экспертами не рассматривались другие локализации НММ, кроме комплекса локтевой нерв / мышца, приводящая большой палец. Действительно, данный нервно-мышечный комплекс чаще всего используется для НММ, что объясняется легкодоступностью во время операции и минимальным риском прямой стимуляции мышцы, а не нерва. Тем не менее стратегии мониторинга для клинических ситуаций, когда локтевой нерв / мышца, приводящая большой палец, недоступны, нуждаются в валидации [2].

Отсутствуют исследования по экстренной повторной интубации вскоре после отмены сугаммадекса [2].

Необходимы дополнительные исследования для определения клинически значимых исходов для пациентов с пороговыми значениями TOF-соотношения $>0,9$, а также инструменты для оценки стабильности и надежности TOF-соотношений $>0,9$ [2].

Необходимы исследования, сравнивающие сугаммадекс и неостигмин, для устранения поверхностной НМБ, в том числе для выбора дозировок сугаммадекса с этой целью [2].

Необходимы дальнейшие исследования для определения ситуаций, при которых может быть необходима глубокая НМБ [2].

■ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основной вывод экспертов Европейского общества анестезиологии и интенсивной терапии по периоперационному ведению НМБ заключается в том, что принятие решения о любой стратегии реверсии мышечного блока должно основываться на надежном количественном НММ. Однако последний также не является «волшебной палочкой», автоматически обеспечивающей надежные результаты. Большинству устройств требуется калибровка или определение базового значения перед миорелаксацией у конкретного пациента, в противном случае их производительность значительно снижается. В современной клинической практике нет ничего необычного в том, что количественный НММ применяется только в конце хирургической процедуры, особенно если одно и то же устройство используется в нескольких операционных. Однако в этих условиях даже количественного (некалиброванного, ненормализованного) НММ недостаточно для надежного исключения остаточного паралича. Как следствие, наличие количественного НММ в каждой отдельной операционной является необходимым условием для его надлежащего использования.

Более того, надежный количественный НММ является основным условием любой подходящей стратегии периоперационной реверсии НМБ, будь то спонтанное восстановление или восстановление после применения сугаммадекса или неостигмина.



■ ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Kirmeier E., Eriksson L.I., Lewald H., et al. Post-anaesthesia pulmonary complications after use of muscle relaxants (POPULAR): a multicentre, prospective observational study. *Lancet Respir Med.* 2019;7:129–140. DOI: 10.1016/S2213-2600(18)30294-7
2. Fuchs-Buder T., Romero C.S., Heidrun Lewald H., et al. Perioperative management of neuromuscular blockade: a guideline from the European Society of Anaesthesiology and Intensive Care. *European Journal of Anaesthesiology.* 2023;40:82–94. DOI: 10.1097/EJA.0000000000001769
3. Lundström L.H., Möller A.M., Rosenstock C., et al. Avoidance of neuromuscular blocking agents may increase the risk of difficult tracheal intubation: a cohort study of 103,812 consecutive adult patients recorded in the Danish Anaesthesia Database. *Br J Anaesth.* 2009;103:283–290. DOI: 10.1093/bja/aep124
4. Bouvet L., Stoian A., Jacquot-Laperrière S., et al. Laryngeal injuries and intubating conditions with or without muscular relaxation: an equivalence study. *Can J Anaesth.* 2008;55:674–684. DOI: 10.1007/BF03017743
5. Combes X., Andriamifidy L., Dufresne E., et al. Comparison of two induction regimens using or not using muscle relaxant: impact on postoperative upper airway discomfort. *Br J Anaesth.* 2007;99:276–281. DOI: 10.1093/bja/aem147
6. Gonzalez Obregon M.P., Rivera Diaz R.C., Ordonez Molina J.E., et al. Tracheal intubation quality under Remifentanyl-Propofol with Sevoflurane compared with Remifentanyl-Propofol with Rocuronium: a randomized double-blind clinical trial. *Rev Esp Anestesiol Reanim.* 2010;57:351–356. DOI: 10.1016/s0034-9356(10)70247-4
7. Gulhas N., Topal S., Erdogan Kayhan G., et al. Remifentanyl without muscle relaxants for intubation in microlaryngoscopy: a double blind randomized clinical trial. *Eur Rev Med Pharmacol Sci.* 2013;17:1967–1973.
8. Mencke T., Jacobs R.M., Machmueller S., et al. Intubating conditions and side effects of Propofol, Remifentanyl and Sevoflurane compared with Propofol, Remifentanyl and Rocuronium: a randomised, prospective, clinical trial. *BMC Anaesthesiol.* 2014;14:39. DOI: 10.1186/1471-2253-14-39
9. Mencke T., Echternach M., Kleinschmidt S., et al. Laryngeal morbidity and quality of tracheal intubation: a randomized controlled trial. *Anesthesiology.* 2003;98:1049–1056. DOI: 10.1097/00005542-200305000-00005
10. Schleich N., Mertzlufft F., Soltesz S., et al. Remifentanyl and Propofol without muscle relaxants or with different doses of rocuronium for tracheal intubation in outpatient anaesthesia. *Acta Anaesthesiol Scand.* 2000;44:720–726. DOI: 10.1034/j.1399-6576.2000.440610.x
11. Tran D.T.T., Newton E.K., Mount V.A.H., et al. Rocuronium vs. Succinylcholine for rapid sequence intubation: a Cochrane systematic review. *Anaesthesia.* 2017;72:765–777. DOI: 10.1111/anae.13903
12. Sorensen M.K., Bretlau C., Gatke M.R., et al. Rapid sequence induction and intubation with rocuronium-sugammadex compared with succinylcholine: a randomized trial. *Br J Anaesth.* 2012;108:682–689. DOI: 10.1093/bja/aer503
13. Barrio J., Errando C.L., Garcia-Ramon J., et al. Influence of depth of neuromuscular blockade on surgical conditions during low-pressure pneumoperitoneum laparoscopic cholecystectomy: a randomized blinded study. *J Clin Anesth.* 2017;42:26–30. DOI: 10.1016/j.jclinane.2017.08.005
14. Barrio J., Errando C.L., San Miguel G., et al. Effect of depth of neuromuscular blockade on the abdominal space during pneumoperitoneum establishment in laparoscopic surgery. *J Clin Anesth.* 2016;34:197–203. DOI: 10.1016/j.jclinane.2016.04.017
15. Blobner M., Frick C.G., Stauble R.B., et al. Neuromuscular blockade improves surgical conditions (NISCO). *Surg Endosc.* 2015;29:627–636. DOI: 10.1007/s00464-014-3711-7
16. Honing G.H.M., Martini C.H., Olofson E., et al. Deep neuromuscular block does not improve surgical conditions in patients receiving sevoflurane anaesthesia for laparoscopic renal surgery. *Br J Anaesth.* 2021;126:377–385. DOI: 10.1016/j.bja.2020.09.024
17. Kim M.H., Lee K.Y., Lee K.Y., et al. Maintaining optimal surgical conditions with low insufflation pressures is possible with deep neuromuscular blockade during laparoscopic colorectal surgery: a prospective, randomized, double-blind parallel-group clinical trial. *Medicine (Baltimore).* 2016;95:e2920. DOI: 10.1097/MD.0000000000002920
18. King M., Sujirattanawimol N., Danielson D.R., et al. Requirements for muscle relaxants during radical retropubic prostatectomy. *Anesthesiology.* 2000;93:1392–1397. DOI: 10.1097/00005542-200012000-00008
19. Koo B.W., Oh A.Y., Na H.S., et al. Effects of depth of neuromuscular block on surgical conditions during laparoscopic colorectal surgery: a randomized controlled trial. *Anaesthesia* 2018;73:1090–1096. DOI: 10.1111/anae.14304
20. Koo B.W., Oh A.Y., Seo K.S., et al. Randomized clinical trial of moderate versus deep neuromuscular block for low-pressure pneumoperitoneum during laparoscopic cholecystectomy. *World J Surg.* 2016;40:2898–2903. DOI: 10.1007/s00268-016-3633-8
21. Koo C.H., Chung S.H., Kim B.G., et al. Comparison between the effects of deep and moderate neuromuscular blockade during transurethral resection of bladder tumor on endoscopic surgical condition and recovery profile: a prospective, randomized, and controlled trial. *World J Urol.* 2019;37:359–365. DOI: 10.1007/s00345-018-2398-0
22. Leeman M., Biter L.U., Apers J.A., et al. Low-pressure pneumoperitoneum with deep neuromuscular blockade in metabolic surgery to reduce postoperative pain: a randomized pilot trial. *Surg Endosc.* 2021;35:2838–2845. DOI: 10.1007/s00464-020-07719-w
23. Madsen M.V., Gatke M.R., Springborg H.H., et al. Optimising abdominal space with deep neuromuscular blockade in gynaecologic laparoscopy: a randomised, blinded crossover study. *Acta Anaesthesiol Scand.* 2015;59:441–447. DOI: 10.1111/aas.12493
24. Madsen M.V., Scheppan S., Mork E., et al. Influence of deep neuromuscular block on the surgeons' assessment of surgical conditions during laparotomy: a randomized controlled double blinded trial with rocuronium and sugammadex. *Br J Anaesth.* 2017;119:435–442. DOI: 10.1093/bja/aex241
25. 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
26. Ozdemir-van Brunschot D.M.D., Braat A.E., van der Jagt M.F.P., et al. Deep neuromuscular blockade improves surgical conditions during low pressure pneumoperitoneum laparoscopic donor nephrectomy. *Surg Endosc.* 2018;32:245–251. DOI: 10.1007/s00464-017-5670-2
27. Rosenberg J., Herring W.J., Blobner M., et al. Deep neuromuscular blockade improves laparoscopic surgical conditions: a randomized controlled study. *Adv Ther.* 2017;34:925–936. DOI: 10.1007/s12325-017-0495-x
28. Torensma B., Martini C.H., Boon M., et al. Deep neuromuscular block improves surgical conditions during bariatric surgery and reduces postoperative pain: a randomized double blind controlled trial. *PLoS One.* 2016;11:e0167907. DOI: 10.1371/journal.pone.0167907
29. Bruntjes M.H.D., Krijtenburg P., Martini C.H., et al. Efficacy of profound versus moderate neuromuscular blockade in enhancing postoperative recovery after laparoscopic donor nephrectomy: a randomised controlled trial. *Eur J Anaesthesiol.* 2019;36:494–501. DOI: 10.1097/EJA.0000000000000992
30. Madsen M.V., Istre O., Staehr-Rye A.K., et al. Postoperative shoulder pain after laparoscopic hysterectomy with deep neuromuscular blockade and low-pressure pneumoperitoneum: a randomised controlled trial. *Eur J Anaesthesiol.* 2016;33:341–347. DOI: 10.1097/EJA.0000000000000360
31. Carvalho H., Verdonck M., Cools W., et al. Forty years of neuromuscular monitoring and postoperative residual curarisation: a meta-analysis and evaluation of confidence in network meta-analysis. *Br J Anaesth.* 2020;125:466–482. DOI: 10.1016/j.bja.2020.05.063

32. Samet A., Capron F., Alla F., et al. Single acceleromyographic train-of-four, 100-Hertz tetanus or double-burst stimulation: which test performs better to detect residual paralysis? *Anesthesiology*. 2005;102:51–56. DOI: 10.1097/00000542-200501000-00011
33. Capron F., Alla F., Hottier C., et al. Can acceleromyography detect low levels of residual paralysis? A probability approach to detect a mechanomyographic train-of-four ratio of 0.9. *Anesthesiology*. 2004;100:1119–1124. DOI: 10.1097/00000542-200405000-00013
34. Hristovska A.M., Duch P., Allingstrup M., et al. The comparative efficacy and safety of sugammadex and neostigmine in reversing neuromuscular blockade in adults. A Cochrane systematic review with meta-analysis and trial sequential analysis. *Anaesthesia*. 2018;73:631–641. DOI: 10.1111/anae.14160
35. Kaufhold N., Schaller S.J., Stauble C.G., et al. Sugammadex and neostigmine dose-finding study for reversal of residual neuromuscular block at a train-of-four ratio of 0.2 (SUNDRO20). *Br J Anaesth*. 2016;116:233–240. DOI: 10.1093/bja/aev437
36. Pongracz A., Szatmari S., Nemes R., et al. Reversal of neuromuscular blockade with sugammadex at the reappearance of four twitches to train-of-four stimulation. *Anesthesiology*. 2013;119:36–42. DOI: 10.1097/ALN.0b013e318297ce95
37. Asztalos L., Szabo-Maak Z., Gajdos A., et al. Reversal of vecuronium induced neuromuscular blockade with low-dose sugammadex at train-of-four count of four: a randomized controlled trial. *Anesthesiology*. 2017;127:441–449. DOI: 10.1097/ALN.0000000000001744
38. Schaller S.J., Fink H., Ulm K., Blobner M. Sugammadex and neostigmine dose-finding study for reversal of shallow residual neuromuscular block. *Anesthesiology*. 2010;113:1054–1060. DOI: 10.1097/ALN.0b013e3181f4182a
39. Martinez-Ubieto J., Ortega-Lucea S., Pascual-Bellosta A., et al. Prospective study of residual neuromuscular block and postoperative respiratory complications in patients reversed with neostigmine versus sugammadex. *Minerva Anestesiol*. 2016;82:735–742. DOI: 10.1016/j.bja.2021.04.026
40. Togioka B.M., Yanez D., Aziz M.F., et al. Randomised controlled trial of sugammadex or neostigmine for reversal of neuromuscular block on the incidence of pulmonary complications in older adults undergoing prolonged surgery. *Br J Anaesth*. 2020;124:553–561. DOI: 10.1016/j.bja.2020.01.016
41. Bartels K., Hunter J.M. Neostigmine versus sugammadex: the tide may be turning, but we still need to navigate the winds. *Br J Anaesth*. 2020;124:504–507. DOI: 10.1016/j.bja.2020.02.021
42. Kheterpal S., Vaughn M.T., Dubovoy T.Z., et al. Sugammadex versus neostigmine for reversal of neuromuscular blockade and postoperative pulmonary complications (STRONGER): a multicenter matched cohort analysis. *Anesthesiology*. 2020;132:1371–1381. DOI: 10.1097/ALN.0000000000003256
43. Krause M., McWilliams S.K., Bullard K.J., et al. Neostigmine versus sugammadex for reversal of neuromuscular blockade and effects on reintubation for respiratory failure or newly initiated noninvasive ventilation: an interrupted time series design. *Anesth Analg*. 2020;131:141–151. DOI: 10.1213/ANE.0000000000004505
44. Fuchs-Buder T., Meistelman C., Alla F., et al. Antagonism of low degrees of atracurium-induced neuromuscular blockade: dose-effect relationship for neostigmine. *Anesthesiology*. 2010;112:34–40. DOI: 10.1097/ALN.0b013e3181c53863
45. Thilen S.R., Ng L.C., Cain K.C., et al. Management of rocuronium neuromuscular block using a protocol for qualitative monitoring and reversal with neostigmine. *Br J Anaesth*. 2018;121:367–377. DOI: 10.1016/j.bja.2018.03.029
46. Kirkegaard H., Heier T., Caldwell J.E. Efficacy of tactile-guided reversal from cisatracurium-induced neuromuscular block. *Anesthesiology*. 2002;96:45–50. DOI: 10.1097/00000542-200201000-00013
47. Baurain M.J., Dernovoi B.S., D'Hollander A.A., et al. Conditions to optimise the reversal action of neostigmine upon a vecuronium-induced neuromuscular block. *Acta Anaesthesiol Scand*. 1996;40:574–578. DOI: 10.1111/j.1399-6576.1996.tb04490.x
48. Schaefer M.S., Hammer M., Santer P., et al. Succinylcholine and postoperative pulmonary complications: a retrospective cohort study using registry data from two hospital networks. *Br J Anaesth*. 2020;125:629–636. DOI: 10.1016/j.bja.2020.05.059
49. Dell-Kuster S., Levano S., Burkhardt C.S., et al. Predictors of the variability in neuromuscular block duration following succinylcholine: a prospective, observational study. *Eur J Anaesthesiol*. 2015;32:687–696. DOI: 10.1097/EJA.0000000000000308
50. Thomsen J.L., Nielsen C.V., Eskildsen K.Z., et al. Awareness during emergence from anaesthesia: significance of neuromuscular monitoring in patients with butyrylcholinesterase deficiency. *Br J Anaesth*. 2015;115(Suppl 1):i78–i88. DOI: 10.1093/bja/aev096
51. Thomsen J.L., Nielsen C.V., Palmqvist D.F., et al. Premature awakening and underuse of neuromuscular monitoring in a registry of patients with butyrylcholinesterase deficiency. *Br J Anaesth*. 2015;115(Suppl 1):i89–i94. DOI: 10.1093/bja/aev103
52. Schmartz D., Chenard L., Baumann C., et al. A modified train-of-four ratio to assess recovery from depolarizing neuromuscular blockade after succinylcholine, a prospective observational study. *J Clin Monit Comput*. 2021;35:1133–1138. DOI: 10.1007/s10877-020-00560-5