

УДК 615.216.5.03:617-089.5]:616.832-089

https://doi.org/10.33619/2414-2948/89/26

НЕЙРОМЫШЕЧНЫЙ БЛОК, ЕГО РЕВЕРСИЯ И МОНИТОРИНГ (ОБЗОРНАЯ СТАТЬЯ)

©**Чынгышова Ж. А.**, канд. мед. наук, Национальный хирургический центр им. М.М. Мамакеева, Кыргызская государственная медицинская академия им. И.К. Ахунбаева, г. Бишкек, Кыргызстан

©**Раимбеков Ж. А.**, Национальный хирургический центр им. М.М. Мамакеева, Кыргызская государственная медицинская академия им. И.К. Ахунбаева, г. Бишкек, Кыргызстан

©**Турдушева Д. К.**, Национальный хирургический центр им. М.М. Мамакеева, Кыргызская государственная медицинская академия им. И.К. Ахунбаева, г. Бишкек, Кыргызстан

©**Турдиев У. М.**, Национальный хирургический центр им. М.М. Мамакеева, Кыргызская государственная медицинская академия им. И.К. Ахунбаева, г. Бишкек, Кыргызстан

©**Назарбеков Д. К.**, Национальный хирургический центр им. М.М. Мамакеева, Кыргызская государственная медицинская академия им. И.К. Ахунбаева, г. Бишкек, Кыргызстан

NEURO-MUSCULAR BLOCK, ITS REVERSION AND MONITORING (REVIEW ARTICLE)

©**Chyngyshova Zh.**, M.D., National Surgical Center named after MM. Mamakeev, I.K. Akhunbaev Kyrgyz state medical academy, Bishkek, Kyrgyzstan

©**Raimbekov Zh.**, National Surgical Center named after M.M. Mamakeev, I.K. Akhunbaev Kyrgyz state medical academy, Bishkek, Kyrgyzstan

©**Turdusheva D.**, National Surgical Center named after MM. Mamakeev, I.K. Akhunbaev Kyrgyz state medical academy, Bishkek, Kyrgyzstan

©**Turdiyev U.**, National Surgical Center named after MM. Mamakeev, I.K. Akhunbaev Kyrgyz state medical academy, Bishkek, Kyrgyzstan

©**Nazarbekov D.**, National Surgical Center named after MM. Mamakeev, I.K. Akhunbaev Kyrgyz state medical academy, Bishkek, Kyrgyzstan

Аннотация. Миорелаксанты часто вводят во время общей анестезии, чтобы облегчить эндотрахеальную интубацию. Однако затяжные эффекты после окончания анестезии могут привести к нарушению дыхания в отделении интенсивной терапии. Стратегии уменьшения этих нежелательных явлений включают мониторинг нервно-мышечной блокады, использование препаратов короткого действия и активную фармакологическую отмену перед экстубацией. Мы провели анализ медицинской литературы по нейромышечному блоку, его реверсии и мониторингу при нейромышечном блоке.

Abstract. Muscle relaxants are often given during general anesthesia to facilitate endotracheal intubation. However, lingering effects after the end of anesthesia can lead to respiratory failure in the intensive care unit. Strategies to reduce these adverse events include monitoring for neuromuscular blockade, the use of short-acting drugs, and active pharmacological withdrawal before extubation. We analyzed the medical literature on neuromuscular block, its reversal and monitoring in neuromuscular block.

Ключевые слова: миорелаксанты, нейромышечный блок, реверсия, мониторинг.

Keywords: muscle relaxants, neuromuscular block, reversion, monitoring.

Миорелаксанты часто вводят во время общей анестезии, чтобы облегчить эндотрахеальную интубацию. Однако затяжные эффекты после окончания анестезии могут привести к нарушению дыхания в отделении интенсивной терапии. Стратегии уменьшения этих нежелательных явлений включают мониторинг нервно-мышечной блокады, использование препаратов короткого действия и активную фармакологическую отмену перед экстубацией. Мы провели анализ медицинской литературы по нейромышечному блоку, его реверсии и мониторингу при нейромышечном блоке [1, 2].

В Медицинском центре Лейденского университета, академической больнице высшего медицинского обслуживания в Нидерландах, различные миорелаксанты и реверсивные средства находятся в свободном доступе для всех врачей без ограничений. В этой ситуации мы намеревались оценить, как характеристики пациента и хирурга повлияли на использование этих препаратов для различных некардиальных операций. Это ретроспективное исследование базы данных взрослых пациентов, которые проходили плановую некардиальную хирургию и общую анестезию с эндотрахеальной интубацией в период с 2016 по 2020 год в Медицинском центре Лейденского университета в Нидерландах. Критерии исключения состояли из пациентов, которым во время одной и той же процедуры была отменена фармакологическая терапия как сугаммадексом, так и неостигмином, с диагнозом миастения гравис, получавших терапию пиридостигмином или с почечной недостаточностью [3–8].

Авторы описывают 23 373 истории болезни пациентов, из которых 9742 были исключены, поскольку были выполнены один или несколько критериев исключения. Окончательная когорта состояла из 13 631 случая. Рокуроний был наиболее часто используемым миорелаксантом (88,5%); сугаммадекс был наиболее часто используемым реверсивным средством (99,9% из тех, которые фармакологически реверсивны). Из всех случаев, которые получали рокуроний в качестве миорелаксанта, 76,9% пациентов не были отменены, в то время как 23,1% были отменены с помощью сугаммадекса. Шансы на реверсию увеличивались с возрастом (1–3 года) и сокращением продолжительности операции [9].

В условиях неограниченной клинической практики рокуроний и сугаммадекс являются предпочтительными средствами для расслабления мышц и обращения их вспять. Фармакологическое устранение нервно-мышечной блокады в целом было редкостью, но более вероятно у пожилых пациентов и пациентов с ожирением, более высокой классификацией ASA и более короткой продолжительностью процедур. Сугаммадекс в значительной степени заменил неостигмин для этой цели [10].

Изменения в применении нервно-мышечной блокады и средства для отмены нервно-мышечной блокады описаны у хирургических стационарных пациентов с момента введения сугаммадекса в США в декабре 2015 года [11].

В ретроспективном наблюдательном исследовании стационарных пациентов, получавших нервно-мышечную блокаду с помощью рокурония или векурония в базе данных, оценили ассоциации между факторами, связанными с выбором отмены активной нервно-мышечной блокады по сравнению со спонтанным восстановлением и сугаммадекса по сравнению с неостигмином в качестве средства для отмены [1, 2].

Среди 4,3 миллионов случаев госпитализации взрослых с применением рокурония или векурония наиболее широко применяемым средством для нервно-мышечной блокады был только рокуроний (86%). Со временем наблюдалось постепенное снижение как использования неостигмина, так и спонтанного обращения вспять (с 64% и 36% в 2014 году до 38% и 28% соответственно в первой половине 2019 года) [12]. Несколько факторов были

независимо связаны с использованием активного восстановления по сравнению со спонтанной нервно-мышечной блокадой, включая годы, прошедшие с 2016 года, характеристики пациента (возраст, раса, сопутствующие заболевания) и процедуры (госпитализация и тип операции). И то, и другое влияло на выбор лечения, наложение и величина эффекта сопутствующих заболеваний пациента и типа процедуры различались по их влиянию на выбор способа (фармакологический или спонтанный) и средства (неостигмин или сугаммадекс) отмены нервно-мышечной блокады независимо от других факторов и друг друга. Случаи, где описано применение сугаммадекс, с большей вероятностью выбрали сугаммадекс вместо неостигмина по сравнению с более поздними пользователями, независимо от других факторов [13].

Среди взрослых стационарных пациентов, которым проводилась нервно-мышечная блокада, мы наблюдали сложные взаимосвязи между пациентом, местом проведения, процедурными характеристиками и выбором лечения нервно-мышечной блокадой, поскольку выбор нервно-мышечной блокады и варианты активного восстановления среди стационарных пациентов менялись с течением времени. Описана оценка частоты возникновения и поздней нервно-мышечной блокады в отделении послеоперационного восстановления [14].

В исследование были включены 85 пациентов, 43 из которых получали цисатракуриум и 42 из которых — рокуроний. Глубину нервно-мышечной блокады (НМБ) оценивали по методу четырех (RNMB). Реверсирование НМБ было выполнено с помощью введения неостигмина и атропина. RNMB определяли, когда у пациента уровень был ниже 90%. Был диагностирован у 39,5% и 40,5% пациентов, получавших цисатракурий и рокуроний, соответственно ($p = 1,0$). А также был обнаружен у 32,6% и 16,7% пациентов, получавших цисатракурий и рокуроний, соответственно ($p = 0,131$). В работе проведено одноцентровое рандомизированное открытое проспективное клиническое исследование с участием взрослых пациентов, перенесших амбулаторные операции под общим наркозом. Подходящие пациенты были рандомизированы (соотношение 1:1) на две группы для получения либо сугаммадекса (группы S), либо неостигмина / гликопирролата (группа N) во время отмены нервно-мышечной блокады. Первичным результатом было время для отмены умеренной нервно-мышечной блокады, вызванной рокуронием (отношение TOF $\geq 0,9$) в обеих группах. Кроме того, в качестве вторичных результатов сравнивались показатели отделения послеоперационной помощи (PACU) / продолжительности пребывания в больнице (LOS) и периоперационных затрат между группами [15].

Применение Сугаммадекса было связано со значительно более быстрым устранением умеренной нервно-мышечной блокады [6]. Комплексный поиск с использованием PubMed, Google Scholar и Medline search был выполнен с использованием ключевых слов gantacurium, L-цистеин, калабадион и новые нервно-мышечные блокаторы для рецензируемых англоязычных рукописей, опубликованных до декабря 2019 года. Из 97 отобранных статей 16 были признаны подходящими (оригинальные статьи). Количественный, объективный нейромышечный мониторинг должен быть включен в минимальные стандарты мониторинга. Гантакуриум — это новый многообещающий недеполяризующий НМБА с желательным сукцинилхолиноподобным началом и длительностью действия без побочных эффектов. Средство широкого спектра действия калабадион-2 заметно выделяется, поскольку оно не только устраняет любую глубину НМБ, вызванную любым НМБА, но также может обратить вспять действие средств для индукции общей анестезии и токсичность местных анестетиков. Клинические испытания на людях должны проводиться в приоритетном порядке, чтобы исследовать эти области [16].

Остаточный послеоперационный паралич, вызванный недеполяризующими нервно-мышечными блокаторами, является известной проблемой. Этот паралич был связан с нарушением дыхательной функции, но клиническое значение остается неясным. Цели этого анализа были двоякими: (1) исследовать, связано ли использование нейромышечных блокирующих агентов промежуточного действия во время операции с послеоперационной пневмонией, и (2) исследовать, связано ли с послеоперационной пневмонией отсутствие нейромышечных блокирующих агентов [17].

Были включены хирургические случаи ($n = 13\,100$) из базы данных национальной программы повышения качества хирургической помощи Медицинского центра Университета Вандербильта, которые получали общую анестезию. Авторы сравнили 1455 случаев хирургического вмешательства, которые получали недеполяризующие нервно-мышечные блокирующие агенты промежуточного действия, с 1455 случаями, сопоставимыми по шкале склонности, которые этого не делали, и 1320 случаев хирургического вмешательства, которые получали нервно-мышечные блокирующие агенты и отмену неостигмина, с 1320 случаями, сопоставимыми по шкале склонности, которые не получали отмены. Были рассчитаны коэффициенты заболеваемости послеоперационной пневмонией и начальный 95% Cis [18].

Пациенты, получавшие нервно-мышечные блокаторы, имели более высокий абсолютный показатель заболеваемости послеоперационной пневмонией (9,00 против 5,22 на 10 000 человеко-дней в группе риска), и соотношение показателей заболеваемости было статистически значимым. Среди хирургических пациентов, получавших нервно-мышечные блокаторы, у пациентов, у которых не было отмены, вероятность развития пневмонии после операции была в 2,26 раза выше по сравнению со случаями, у которых лечение неостигмином было отменено [19].

Интраоперационное применение промежуточных недеполяризующих нервно-мышечных блокаторов связано с развитием пневмонии после операции. Среди пациентов, получающих эти препараты, безрецидивное лечение связано с повышенным риском послеоперационной пневмонии [20].

Систематическая статья и ее цели состояли в том, чтобы определить, подвержены ли: 1) пациенты с обструктивным апноэ сна более высокому риску послеоперационных осложнений от применения нейромышечных блокирующих препаратов, чем пациенты с необструктивным апноэ сна, и 2) выбор средства для отмены нейромышечных блокирующих препаратов влияет на риск послеоперационных осложнений при обструктивном апноэ сна. Поиск литературы по нескольким базам данных проводился до апреля 2017 года. Критериями включения были:

1. взрослые хирургические пациенты (≥ 18 лет) с синдромом обструктивного апноэ во сне, диагностированным с помощью полисомнографии или анамнеза, или с подозрением на него с помощью скрининговой анкеты;
2. пациенты, которым вводили нейромышечные блокирующие препараты и/или средства для отмены нейромышечных блокирующих препаратов интраоперационно;
3. в отчетах о послеоперационном периоде были доступны нежелательные явления, особенно респираторные;
4. опубликованные исследования были на английском языке; и
5. РКИ или наблюдательные когортные исследования.

Качество доказательств определялось Оксфордским центром доказательной медицины levels of evidence. Из 4123 исследований пять исследований (2 РКИ и 3 обсервационных исследования), включавших 1126 пациентов, были признаны приемлемыми. Эти исследования были разнородными, что исключало проведение мета-анализа результатов. В

двух из трех исследований (1 РКИ, 2 обсервационных исследования) сообщалось, что пациенты с обструктивным апноэ во сне, получавшие препараты, блокирующие нервно-мышечную систему, могут подвергаться более высокому риску развития послеоперационных легочных осложнений (ППК), таких как гипоксемия, остаточная нервно-мышечная блокада или дыхательная недостаточность, по сравнению с пациентами с необструктивным апноэ во сне. В двух исследованиях (1 РКИ, 1 обсервационное исследование) сообщалось, что у пациентов с обструктивным апноэ во сне, у которых была отменена терапия сугаммадексом по сравнению с неостигмином, было меньше ППК и рентгенографических изменений грудной клетки, но качество включенных исследований соответствовало оксфордскому уровню доказательности: от низкого до умеренного [21].

Пациенты с обструктивным апноэ во сне, получающие интраоперационные препараты, блокирующие нервно-мышечную систему, могут подвергаться более высокому риску послеоперационной гипоксемии, дыхательной недостаточности и остаточной нервно-мышечной блокады по сравнению с пациентами с необструктивным апноэ во сне. Существуют некоторые, хотя и очень ограниченные доказательства того, что отмена нервно-мышечных блокирующих препаратов сугаммадексом может быть связана с меньшим количеством РРС, чем неостигмин, у пациентов с обструктивным апноэ во сне [22].

Послеоперационный остаточный нервно-мышечный блок был признан потенциальной проблемой на протяжении десятилетий, и он остается таковым и сегодня. Традиционные фармакологические антагонисты (антихолинэстеразы) неэффективны в устранении глубоких уровней нервно-мышечной блокады; на противоположном конце кривой восстановления, близком к полному выздоровлению, антихолинэстеразы могут вызывать парадоксальную мышечную слабость. Новый селективный релаксант-связывающий агент сугаммадекс может устранить любую глубину блокады, вызванной аминостероидными (но не бензилизохинолиниевыми) релаксантами; однако эффективная доза для введения должна быть выбрана на основе объективного мониторинга глубины нервно-мышечного блока [23].

Для надлежащего периоперационного ведения обязательна оценка нервно-мышечной функции с помощью стимулятора периферических нервов. Хотя во многих случаях используется субъективная (визуальная и тактильная) оценка мышечных реакций, такая оценка имела ограниченный успех в предотвращении возникновения остаточного паралича. Клинические оценки восстановления мышечной силы (подъем головы и сила захвата) или дыхательных параметров (дыхательный объем и жизненная емкость) одинаково нечувствительны к выявлению нервно-мышечной слабости. Объективное измерение (коэффициент последовательности из четырех, превышающий 0,90) является единственным методом определения подходящего времени экстубации трахеи и обеспечения нормальной функции мышц и безопасности пациента [24].

Чтобы сделать вывод о наличии неожиданной длительной нервно-мышечной блокады, следует использовать коэффициент последовательности четырехразрядной стимуляции, чтобы определить ее глубину и назначить разумную дозу реверсивных средств. Антихолинэстераза обладает ограничивающим эффектом; как только активность ацетилхолинэстеразы полностью подавляется, введение дополнительной антихолинэстеразы не может привести к дальнейшему восстановлению. Кроме того, избыток ацетилхолина может вызвать мышечную слабость. Напротив, сугаммадекс является селективным средством для устранения стероидных нервно-мышечных блокаторов, которое действует путем инкапсуляции через плотные водорастворимые комплексы с аминостероидами (например, рокурониум), а не путем увеличения ацетилхолина в нервно-мышечном соединении. В этом случае восстановление после умеренной нервно-мышечной блокады сугаммадексом было

более эффективным и быстрым, чем при применении неостигмина. Когда после повторных доз антихолинэстеразы возникает рефрактерная и длительная остаточная нервно-мышечная блокада, сугаммадекс следует рассматривать как эффективное средство для устранения симптомов. Особенно в случаях миастении, сугаммадекс превосходит неостигмин в отношении устранения нервно-мышечной блокады, вызванной рокуронием, у пациентов, перенесших операцию [25, 26].

Список литературы:

1. Brull S. J., Kopman A. F. Current status of neuromuscular reversal and monitoring: challenges and opportunities // *Anesthesiology*. 2017. V. 126. №1. P. 173-190. <https://doi.org/10.1097/ALN.0000000000001409>
2. Ramachandran S. K., Pandit J., Devine S., Thompson A., Shanks A. Postoperative respiratory complications in patients at risk for obstructive sleep apnea: a single-institution cohort study // *Anesthesia & Analgesia*. 2017. V. 125. №1. P. 272-279. <https://doi.org/10.1213/ANE.0000000000002132>
3. McLean D. J., Diaz-Gil D., Farhan H. N., Ladha K. S., Kurth T., Eikermann M. Dose-dependent association between intermediate-acting neuromuscular-blocking agents and postoperative respiratory complications // *Anesthesiology*. 2015. V. 122. №6. P. 1201-1213. <https://doi.org/10.1097/ALN.0000000000000674>
4. Kirmeier E., Eriksson L. I., Lewald H. Correction to Lancet Respir Med 2019 // *Lancet*. 2018. V. 6. P. 747-58. [https://doi.org/10.1016/S2213-2600\(18\)30475-2](https://doi.org/10.1016/S2213-2600(18)30475-2)
5. Bronsert M. R., Henderson W. G., Monk T. G., Richman J. S., Nguyen J. D., Sum-Ping J. T., Hammermeister K. E. Intermediate-acting nondepolarizing neuromuscular blocking agents and risk of postoperative 30-day morbidity and mortality, and long-term survival // *Anesthesia & Analgesia*. 2017. V. 124. №5. P. 1476-1483. <https://doi.org/10.1213/ANE.0000000000001848>
6. Sabo D., Jones R. K., Berry J., Sloan T., Chen J. Y., Morte J. B., Groudine S. Residual neuromuscular blockade at extubation: a randomized comparison of sugammadex and neostigmine reversal of rocuronium-induced blockade in patients undergoing abdominal surgery // *Journal of Anesthesia and Clinical Research*. 2011. V. 2. №6. <https://doi.org/10.4172/2155-6148.1000140>
7. Fortier L. P., McKeen D., Turner K., de Médicis É., Warriner B., Jones P. M., Galarneau A. The RECITE study: a Canadian prospective, multicenter study of the incidence and severity of residual neuromuscular blockade // *Anesthesia & Analgesia*. 2015. V. 121. №2. P. 366-372. <https://doi.org/10.1213/ANE.0000000000000757>
8. Hemmings H. C., Egan T. D. *Pharmacology and Physiology for Anesthesia E-Book: Foundations and Clinical Application*. Elsevier Health Sciences, 2012.
9. Blobner M., Frick C. G., Stäuble R. B., Feussner H., Schaller S. J., Unterbuchner C., Fink H. Neuromuscular blockade improves surgical conditions (NISCO) // *Surgical endoscopy*. 2015. V. 29. P. 627-636. <https://doi.org/10.1007/s00464-014-3711-7>
10. Sokół-Kobielska E. Sugammadex—indications and clinical use // *Anaesthesiology intensive therapy*. 2013. V. 45. №2. P. 106-110. <https://doi.org/10.5603/AIT.2013.0023>
11. Ali H. H., Utting J. E., Gray C. Stimulus frequency in the detection of neuromuscular block in humans // *BJA: British Journal of Anaesthesia*. 1970. V. 42. №11. P. 967-978. <https://doi.org/10.1093/bja/42.11.967>
12. Brull S. J., Murphy G. S. Residual neuromuscular block: lessons unlearned. Part II: methods to reduce the risk of residual weakness // *Anesthesia & Analgesia*. 2010. V. 111. №1. P. 129-140. <https://doi.org/10.1213/ANE.0b013e3181da8312>

13. Green M. S., Venkatesh A. G., Venkataramani R. Management of residual neuromuscular blockade recovery: age-old problem with a new solution // *Case reports in anesthesiology*. 2017. V. 2017. <https://doi.org/10.1155/2017/8197035>
14. Naguib M., Magboul M. M. A. Adverse effects of neuromuscular blockers and their antagonists // *Drug safety*. 1998. V. 18. P. 99-116. <https://doi.org/10.2165/00002018-199818020-00002>
15. Boon M., Martini C., Dahan A. Recent advances in neuromuscular block during anesthesia // *F1000Research*. 2018. V. 7. <https://doi.org/10.12688/f1000research.13169.1>
16. Madsen M. V., Staehr-Rye A. K., Claudius C., Gätke M. R. Is deep neuromuscular blockade beneficial in laparoscopic surgery? Yes, probably // *Acta Anaesthesiologica Scandinavica*. 2016. V. 60. №6. P. 710-716. <https://doi.org/10.1111/aas.12698>
17. Staehr-Rye A. K., Rasmussen L. S., Rosenberg J., Juul P., Lindekaer A. L., Riber C., Gätke M. R. Surgical space conditions during low-pressure laparoscopic cholecystectomy with deep versus moderate neuromuscular blockade: a randomized clinical study // *Anesthesia & Analgesia*. 2014. V. 119. №5. P. 1084-1092. <https://doi.org/10.1213/ANE.0000000000000316>
18. Lindekaer A. L., Springborg H. H., Istre O. Deep neuromuscular blockade leads to a larger intraabdominal volume during laparoscopy // *Journal of Visualized Experiments: Jove*. 2013. №76. <https://doi.org/10.3791/50045>
19. Naguib M., Brull S. J., Kopman A. F., Hunter J. M., Fülesdi B., Arkes H. R., Johnson K. B. Consensus statement on perioperative use of neuromuscular monitoring // *Anesthesia & Analgesia*. 2018. V. 127. №1. P. 71-80. <https://doi.org/10.1213/ANE.0000000000002670>
20. Nag K., Singh D. R., Shetti A. N., Kumar H., Sivashanmugam T., Parthasarathy S. Sugammadex: A revolutionary drug in neuromuscular pharmacology // *Anesthesia, essays and research*. 2013. V. 7. №3. P. 302. <https://doi.org/10.4103/2F0259-1162.123211>
21. Keating G. M. Sugammadex: a review of neuromuscular blockade reversal // *Drugs*. 2016. V. 76. P. 1041-1052. <https://doi.org/10.1007/s40265-016-0604-1>
22. Kovac A. L. Sugammadex: the first selective binding reversal agent for neuromuscular block // *Journal of clinical Anesthesia*. 2009. V. 21. №6. P. 444-453.
23. Campus G., Lions Y. U. Background Material. 2015.
24. Carron M., Zarantonello F., Tellaroli P., Ori C. Efficacy and safety of sugammadex compared to neostigmine for reversal of neuromuscular blockade: a meta-analysis of randomized controlled trials // *Journal of clinical anesthesia*. 2016. V. 35. P. 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.jclinane.2016.06.018>
25. Paton F., Paulden M., Chambers D., Heirs M., Duffy S., Hunter J. M., Woolacott N. Sugammadex compared with neostigmine/glycopyrrolate for routine reversal of neuromuscular block: a systematic review and economic evaluation // *British journal of anaesthesia*. 2010. V. 105. №5. P. 558-567. <https://doi.org/10.1093/bja/aeq269>
26. Deyhim N., Beck A., Balk J., Liebl M. G. Impact of sugammadex versus neostigmine/glycopyrrolate on perioperative efficiency // *ClinicoEconomics and Outcomes Research*. 2020. P. 69-79. <http://doi.org/10.2147/CEOR.S221308>

References:

1. Brull, S. J., & Kopman, A. F. (2017). Current status of neuromuscular reversal and monitoring: challenges and opportunities. *Anesthesiology*, 126(1), 173-190. <https://doi.org/10.1097/ALN.0000000000001409>
2. Ramachandran, S. K., Pandit, J., Devine, S., Thompson, A., & Shanks, A. (2017). Postoperative respiratory complications in patients at risk for obstructive sleep apnea: a single-

institution cohort study. *Anesthesia & Analgesia*, 125(1), 272-279.
<https://doi.org/10.1213/ANE.0000000000002132>

3. McLean, D. J., Diaz-Gil, D., Farhan, H. N., Ladha, K. S., Kurth, T., & Eikermann, M. (2015). Dose-dependent association between intermediate-acting neuromuscular-blocking agents and postoperative respiratory complications. *Anesthesiology*, 122(6), 1201-1213.
<https://doi.org/10.1097/ALN.0000000000000674>

4. Kirmeier, E., Eriksson, L. I., & Lewald, H. (2018). Correction to Lancet Respir Med 2019. *Lancet*, 6, 747-58. [https://doi.org/10.1016/S2213-2600\(18\)30475-2](https://doi.org/10.1016/S2213-2600(18)30475-2)

5. Bronsert, M. R., Henderson, W. G., Monk, T. G., Richman, J. S., Nguyen, J. D., Sum-Ping, J. T., ... & Hammermeister, K. E. (2017). Intermediate-acting nondepolarizing neuromuscular blocking agents and risk of postoperative 30-day morbidity and mortality, and long-term survival. *Anesthesia & Analgesia*, 124(5), 1476-1483. <https://doi.org/10.1213/ANE.0000000000001848>

6. Sabo, D., Jones, R. K., Berry, J., Sloan, T., Chen, J. Y., Morte, J. B., & Groudine, S. (2011). Residual neuromuscular blockade at extubation: a randomized comparison of sugammadex and neostigmine reversal of rocuronium-induced blockade in patients undergoing abdominal surgery. *Journal of Anesthesia and Clinical Research*, 2(6). <https://doi.org/10.4172/2155-6148.1000140>

7. Fortier, L. P., McKeen, D., Turner, K., de Médicis, É., Warriner, B., Jones, P. M., ... & Galarneau, A. (2015). The RECITE study: a Canadian prospective, multicenter study of the incidence and severity of residual neuromuscular blockade. *Anesthesia & Analgesia*, 121(2), 366-372. <https://doi.org/10.1213/ANE.0000000000000757>

8. Hemmings, H. C., & Egan, T. D. (2012). *Pharmacology and Physiology for Anesthesia E-Book: Foundations and Clinical Application*. Elsevier Health Sciences.

9. Blobner, M., Frick, C. G., Stäuble, R. B., Feussner, H., Schaller, S. J., Unterbuchner, C., ... & Fink, H. (2015). Neuromuscular blockade improves surgical conditions (NISCO). *Surgical endoscopy*, 29, 627-636. <https://doi.org/10.1007/s00464-014-3711-7>

10. Sokół-Kobielska, E. (2013). Sugammadex—indications and clinical use. *Anaesthesiology intensive therapy*, 45(2), 106-110. <https://doi.org/10.5603/AIT.2013.0023>

11. Ali, H. H., Utting, J. E., & Gray, C. (1970). Stimulus frequency in the detection of neuromuscular block in humans. *BJA: British Journal of Anaesthesia*, 42(11), 967-978. <https://doi.org/10.1093/bja/42.11.967>

12. Brull, S. J., & Murphy, G. S. (2010). Residual neuromuscular block: lessons unlearned. Part II: methods to reduce the risk of residual weakness. *Anesthesia & Analgesia*, 111(1), 129-140. <https://doi.org/10.1213/ANE.0b013e3181da8312>

13. Green, M. S., Venkatesh, A. G., & Venkataramani, R. (2017). Management of residual neuromuscular blockade recovery: age-old problem with a new solution. *Case reports in anesthesiology*, 2017. <https://doi.org/10.1155/2017/8197035>

14. Naguib, M., & Magboul, M. M. (1998). Adverse effects of neuromuscular blockers and their antagonists. *Drug safety*, 18, 99-116. <https://doi.org/10.2165/00002018-199818020-00002>

15. Boon, M., Martini, C., & Dahan, A. (2018). Recent advances in neuromuscular block during anesthesia. *F1000Research*, 7. <https://doi.org/10.12688/f1000research.13169.1>

16. Madsen, M. V., Staehr-Rye, A. K., Claudius, C., & Gätke, M. R. (2016). Is deep neuromuscular blockade beneficial in laparoscopic surgery? Yes, probably. *Acta Anaesthesiologica Scandinavica*, 60(6), 710-716. <https://doi.org/10.1111/aas.12698>

17. Staehr-Rye, A. K., Rasmussen, L. S., Rosenberg, J., Juul, P., Lindekaer, A. L., Riber, C., & Gätke, M. R. (2014). Surgical space conditions during low-pressure laparoscopic cholecystectomy with deep versus moderate neuromuscular blockade: a randomized clinical study. *Anesthesia & Analgesia*, 119(5), 1084-1092. <https://doi.org/10.1213/ANE.0000000000000316>

18. Lindekaer, A. L., Springborg, H. H., & Istre, O. (2013). Deep neuromuscular blockade leads to a larger intraabdominal volume during laparoscopy. *Journal of Visualized Experiments: Jove*, (76). <https://doi.org/10.3791%2F50045>
19. Naguib, M., Brull, S. J., Kopman, A. F., Hunter, J. M., Fülesdi, B., Arkes, H. R., ... & Johnson, K. B. (2018). Consensus statement on perioperative use of neuromuscular monitoring. *Anesthesia & Analgesia*, 127(1), 71-80. <https://doi.org/10.1213/ANE.0000000000002670>
20. Nag, K., Singh, D. R., Shetti, A. N., Kumar, H., Sivashanmugam, T., & Parthasarathy, S. (2013). Sugammadex: A revolutionary drug in neuromuscular pharmacology. *Anesthesia, essays and researches*, 7(3), 302. <https://doi.org/10.4103%2F0259-1162.123211>
21. Keating, G. M. (2016). Sugammadex: a review of neuromuscular blockade reversal. *Drugs*, 76, 1041-1052. <https://doi.org/10.1007/s40265-016-0604-1>
22. Kovac, A. L. (2009). Sugammadex: the first selective binding reversal agent for neuromuscular block. *Journal of clinical Anesthesia*, 21(6), 444-453.
23. Campus, G., & Lions, Y. U. (2015). Background Material.
24. Carron, M., Zarantonello, F., Tellaroli, P., & Ori, C. (2016). Efficacy and safety of sugammadex compared to neostigmine for reversal of neuromuscular blockade: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Journal of clinical anesthesia*, 35, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.jclinane.2016.06.018>
25. Paton, F., Paulden, M., Chambers, D., Heirs, M., Duffy, S., Hunter, J. M., ... & Woolacott, N. (2010). Sugammadex compared with neostigmine/glycopyrrolate for routine reversal of neuromuscular block: a systematic review and economic evaluation. *British journal of anaesthesia*, 105(5), 558-567. <https://doi.org/10.1093/bja/aeq269>
26. Deyhim, N., Beck, A., Balk, J., & Liebl, M. G. (2020). Impact of sugammadex versus neostigmine/glycopyrrolate on perioperative efficiency. *ClinicoEconomics and Outcomes Research*, 69-79. <http://doi.org/10.2147/CEOR.S221308>

Работа поступила
в редакцию 02.03.2023 г.

Принята к публикации
10.03.2023 г.

Ссылка для цитирования:

Чынгышова Ж. А., Раимбеков Ж. А., Турдушева Д. К., Турдиев У. М., Назарбеков Д. К. Нейромышечный блок, его реверсия и мониторинг (обзорная статья) // Бюллетень науки и практики. 2023. Т. 9. №4. С. 228-236. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/89/26>

Cite as (APA):

Chyngyshova, Zh., Raimbekov, Zh., Turdusheva, D., Turdiev, U., & Nazarbekov, D. (2023). Neuro-Muscular Block, Its Reversion and Monitoring (Review Article). *Bulletin of Science and Practice*, 9(4), 228-236. (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/89/26>