BLOQUEIO NEUROMUSCULAR RESIDUAL: FATORES DE RISCO E PREVENÇÃO NA RECUPERAÇÃO ANESTÉSICA

RESIDUAL NEUROMUSCULAR BLOCKADE: RISK FACTORS AND PREVENTION DURING ANESTHETIC RECOVERY

BLOQUEO NEUROMUSCULAR RESIDUAL: FACTORES DE RIESGO Y PREVENCIÓN EN LA RECUPERACIÓN ANESTÉSICA

10.56238/IIMedCientifica-136

Ruben Enrique Flores Mamani
Instituição: Universidade de Gurupi (Unirg)
E-mail: enrique_rbn@hotmail.com

Luiza Assumpção Silva
Instituição: Faculdade de Ciências Médicas da Santa Casa de São Paulo
E-mail: assumpcaosilvaluiza@gmail.com

Ana Carolina Magalhães Duarte Ribeiro
Instituição: Centro Universitário do Estado do Pará (CESUPA)
E-mail: anacarolinaaduarte@hotmail.com

Rodrigo Rodrigues de Brito
Instituição: Centro Universitário de Maringá (UniCesumar)
E-mail: roddrigobrito@hotmail.com

Rebecca Vuolo Marques
Instituição: Universidade Santo Amaro
E-mail: rebeccavmarques@hotmail.com

Leonardo José Grosso Estrada
Instituição: Hospital Municipal de Cuiabá
E-mail: leonardogrossoe@gmail.com

Gustavo Pereira Reinaldo
Instituição: Universidade Federal de Santa Maria
E-mail: greinaldo92@gmail.com

RESUMO
INTRODUÇÃO: O bloqueio neuromuscular residual é definido pela recuperação incompleta da transmissão neuromuscular após uso de bloqueadores não despolarizantes e permanece causa evitável de fraqueza, obstrução de vias aéreas e complicações respiratórias no pós-operatório. A avaliação clínica isolada não detecta de forma confiável graus moderados de bloqueio residual. OBJETIVO:

Identificar fatores associados ao bloqueio neuromuscular residual e sintetizar as estratégias mais eficazes para sua prevenção durante a recuperação anestésica. METODOLOGIA: Realizou-se revisão narrativa estruturada nas bases PubMed e Scopus, priorizando diretrizes internacionais, ensaios clínicos, metanálises e estudos observacionais indexados no PubMed. RESULTADOS E DISCUSSÃO: O risco aumenta quando há bloqueio profundo próximo ao término da cirurgia, doses cumulativas elevadas ou administração recente de bloqueador, recuperação farmacológica variável, ausência de monitorização quantitativa e reversão inadequada. Diretrizes atuais recomendam estimulação do nervo ulnar e mensuração quantitativa no adutor do polegar, com confirmação de relação train-of-four igual ou superior a 0,90 antes da extubação. Para rocurônio ou vecurônio, o sugamadex proporciona reversão mais rápida e previsível que a neostigmina, sobretudo nos bloqueios moderado e profundo. A neostigmina permanece opção quando já ocorreu recuperação espontânea suficiente e sua administração é guiada pela profundidade do bloqueio. CONCLUSÃO: A prevenção do bloqueio residual depende menos de testes clínicos de força e mais de monitorização quantitativa e escolha apropriada do antagonista. A extubação deve ocorrer somente após recuperação objetiva adequada, com estratégia individualizada conforme agente utilizado e profundidade do bloqueio.

Palavras-chave: Bloqueio Neuromuscular Residual. Monitorização Neuromuscular. Train-of-four. Sugamadex. Neostigmina.

ABSTRACT

INTRODUCTION: Residual neuromuscular blockade is defined by incomplete recovery of neuromuscular transmission after use of non-depolarizing blocking agents and remains an avoidable cause of weakness, airway obstruction, and respiratory complications in the postoperative period. Isolated clinical evaluation does not reliably detect moderate degrees of residual blockade. OBJECTIVE: To identify factors associated with residual neuromuscular blockade and synthesize the most effective strategies for its prevention during anesthetic recovery. METHODOLOGY: A structured narrative review was conducted in the PubMed and Scopus databases, prioritizing international guidelines, clinical trials, meta-analyses, and observational studies indexed in PubMed. RESULTS AND DISCUSSION: Risk increases when there is deep blockade near the end of surgery, high cumulative doses or recent administration of blocking agent, variable pharmacological recovery, absence of quantitative monitoring, and inadequate reversal. Current guidelines recommend ulnar nerve stimulation and quantitative measurement at the adductor pollicis, with confirmation of train-of-four ratio equal to or greater than 0.90 before extubation. For rocuronium or vecuronium, sugammadex provides faster and more predictable reversal than neostigmine, especially in moderate and deep blockades. Neostigmine remains an option when sufficient spontaneous recovery has already occurred and its administration is guided by the depth of blockade. CONCLUSION: Prevention of residual blockade depends less on clinical strength tests and more on quantitative monitoring and appropriate choice of antagonist. Extubation should occur only after adequate objective recovery, with individualized strategy according to the agent used and depth of blockade.

Keywords: Residual Neuromuscular Blockade. Neuromuscular Monitoring. Train-of-four. Sugammadex. Neostigmine.

RESUMEN

INTRODUCCIÓN: El bloqueo neuromuscular residual se define por la recuperación incompleta de la transmisión neuromuscular después del uso de bloqueadores no despolarizantes y sigue siendo una

causa evitable de debilidad, obstrucción de vías aéreas y complicaciones respiratorias en el posoperatorio. La evaluación clínica aislada no detecta de forma confiable grados moderados de bloqueo residual. OBJETIVO: Identificar factores asociados al bloqueo neuromuscular residual y sintetizar las estrategias más eficaces para su prevención durante la recuperación anestésica. METODOLOGÍA: Se realizó una revisión narrativa estructurada en las bases PubMed y Scopus, priorizando directrices internacionales, ensayos clínicos, metanálisis y estudios observacionales indexados en PubMed. RESULTADOS Y DISCUSIÓN: El riesgo aumenta cuando hay bloqueo profundo próximo al término de la cirugía, dosis acumulativas elevadas o administración reciente de bloqueador, recuperación farmacológica variable, ausencia de monitorización cuantitativa y reversión inadecuada. Las directrices actuales recomiendan estimulación del nervio cubital y mensuración cuantitativa en el aductor del pulgar, con confirmación de relación train-of-four igual o superior a 0,90 antes de la extubación. Para rocuronio o vecuronio, el sugamadex proporciona una reversión más rápida y predecible que la neostigmina, especialmente en los bloqueos moderado y profundo. La neostigmina sigue siendo una opción cuando ya ha ocurrido recuperación espontánea suficiente y su administración se guía por la profundidad del bloqueo. CONCLUSIÓN: La prevención del bloqueo residual depende menos de pruebas clínicas de fuerza y más de monitorización cuantitativa y selección apropiada del antagonista. La extubación debe ocurrir solamente después de la recuperación objetiva adecuada, con estrategia individualizada conforme al agente utilizado y profundidad del bloqueo.

Palabras clave: Bloqueo Neuromuscular Residual. Monitorización Neuromuscular. Train-of-four. Sugamadex. Neostigmina.

1 INTRODUÇÃO

O bloqueio neuromuscular residual corresponde à recuperação incompleta da transmissão neuromuscular após o término da anestesia, sendo atualmente definido, na prática clínica, por relação train-of-four inferior a 0,90 quando mensurada de forma quantitativa (NAGUIB *et al.*, 2018; THILEN *et al.*, 2023). Mesmo bloqueios residuais discretos podem prejudicar a função dos músculos faríngeos, a proteção das vias aéreas e a resposta ventilatória, contribuindo para hipoxemia e eventos respiratórios durante a recuperação (FRENKEL; LIEN, 2024).

A persistência do problema está relacionada à grande variabilidade farmacocinética dos bloqueadores, à administração de doses adicionais próximas ao final do procedimento, à ausência de monitorização objetiva e à escolha ou ao momento inadequados da reversão farmacológica (FUCHS-BUDER *et al.*, 2023; FRENKEL; LIEN, 2024). Testes clínicos como elevação sustentada da cabeça ou avaliação visual e tátil do train-of-four não excluem com segurança bloqueio residual, razão pela qual diretrizes recentes priorizam a monitorização quantitativa (NAGUIB *et al.*, 2018; THILEN *et al.*, 2023).

O objetivo desta revisão foi identificar os principais fatores relacionados à persistência do bloqueio neuromuscular no fim da anestesia e sintetizar as estratégias mais eficazes de prevenção durante a recuperação, com ênfase na monitorização quantitativa e na reversão com neostigmina ou sugamadex (FUCHS-BUDER *et al.*, 2023; THILEN *et al.*, 2023).

2 METODOLOGIA

Trata-se de revisão narrativa estruturada da literatura realizada em novembro de 2026. Foram pesquisadas as bases PubMed e Scopus com os termos “Residual Neuromuscular Blockade”, “Neuromuscular Monitoring”, “Train-of-Four”, “Sugammadex”, “Neostigmine”, “Reversal” e “Postoperative Pulmonary Complications”.

Foram priorizadas diretrizes internacionais, ensaios clínicos randomizados, metanálises e estudos observacionais indexados no PubMed que avaliaram fatores predisponentes, monitorização, reversão farmacológica e complicações relacionadas ao bloqueio neuromuscular residual. Sete publicações foram utilizadas na síntese.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O risco de bloqueio residual aumenta quando a recuperação espontânea é insuficiente no momento da reversão, quando são administradas doses repetidas ou elevadas de bloqueadores neuromusculares e quando o intervalo entre a última dose e o término da anestesia é curto (FRENKEL; LIEN, 2024). Idade avançada, alterações da função renal ou hepática, hipotermia, interações medicamentosas e variabilidade individual podem prolongar a ação dos agentes, devendo ser considerados na interpretação do bloqueio e no planejamento da extubação (FRENKEL; LIEN, 2024). A ausência de monitorização quantitativa constitui um dos principais fatores modificáveis, porque o julgamento clínico e a estimulação qualitativa não identificam de maneira confiável relações TOF próximas, mas ainda inferiores, a 0,90 (NAGUIB *et al.*, 2018; THILEN *et al.*, 2023).

O local e o método de monitorização também influenciam a segurança da decisão de extubação (FUCHS-BUDER *et al.*, 2023). As diretrizes europeias recomendam estimulação do nervo ulnar e mensuração quantitativa da resposta do músculo adutor do polegar para excluir bloqueio residual, mantendo a monitorização até obtenção de relação TOF superior a 0,90 (FUCHS-BUDER *et al.*, 2023). As diretrizes da American Society of Anesthesiologists igualmente recomendam monitorização quantitativa no adutor do polegar e confirmação de TOF igual ou superior a 0,90 antes da extubação, em vez de depender exclusivamente de sinais clínicos ou avaliação subjetiva (THILEN *et al.*, 2023).

A escolha do antagonista deve considerar qual bloqueador foi utilizado e a profundidade do bloqueio no momento da reversão (FUCHS-BUDER *et al.*, 2023; THILEN *et al.*, 2023). Para bloqueio produzido por rocurônio ou vecurônio, as diretrizes atuais favorecem sugamadex em bloqueios profundo, moderado e superficial, enquanto a neostigmina é mais apropriada quando já existe recuperação espontânea avançada e a resposta pode ser acompanhada quantitativamente até TOF adequado (FUCHS-BUDER *et al.*, 2023). O uso empírico de neostigmina sem conhecimento da profundidade do bloqueio pode resultar em antagonismo insuficiente e persistência de fraqueza residual (THILEN *et al.*, 2023).

A diferença de previsibilidade entre as estratégias foi demonstrada em ensaios clínicos e metanálises (BRUECKMANN *et al.*, 2015; HRISTOVSKA *et al.*, 2018). Em estudo randomizado com pacientes submetidos à cirurgia abdominal, nenhum dos 74 pacientes que receberam sugamadex apresentou TOF inferior a 0,90 na admissão à recuperação pós-anestésica, enquanto bloqueio residual foi identificado em 43,4% dos 76 pacientes submetidos ao cuidado usual baseado predominantemente em neostigmina (BRUECKMANN *et al.*, 2015). Metanálise de 41 estudos randomizados também

demonstrou reversão mais rápida com sugamadex e menor ocorrência de sinais de paralisia residual em comparação à neostigmina (HRISTOVSKA *et al.*, 2018).

A redução do bloqueio residual não deve, contudo, ser interpretada como garantia automática de ausência de complicações pulmonares, pois o risco pós-operatório é multifatorial (KIRMEIER *et al.*, 2019). No estudo prospectivo multicêntrico POPULAR, o uso de bloqueadores neuromusculares associou-se a maior incidência de complicações pulmonares pós-operatórias, enquanto estratégias de monitorização e reversão usadas na prática real não demonstraram, naquele desenho observacional, redução independente do desfecho pulmonar (KIRMEIER *et al.*, 2019). Essa aparente discrepância reforça que a técnica de monitorização, o momento da medição, a dose do antagonista e a adesão efetiva ao limite TOF de 0,90 são tão importantes quanto simplesmente registrar que algum monitor ou agente reversor foi utilizado (THILEN *et al.*, 2023).

Evidência randomizada mais recente indica que a escolha do antagonista pode produzir diferença clínica além da velocidade de reversão em determinadas populações (LESLIE *et al.*, 2026). No ensaio internacional SNaPP, sugamadex reduziu modestamente o desfecho combinado de complicações pulmonares ou morte hospitalar em comparação à neostigmina, com taxas de 19,0% e 21,5%, respectivamente, e menor incidência de atelectasia no grupo sugamadex (LESLIE *et al.*, 2026). O resultado não elimina a necessidade de monitorização quantitativa, pois a dose de qualquer antagonista deve ser adequada ao grau real de bloqueio existente (FUCHS-BUDER *et al.*, 2023; THILEN *et al.*, 2023).

A prevenção deve, portanto, começar antes do término da cirurgia, evitando doses desnecessárias de bloqueador e utilizando monitorização desde o intraoperatório para orientar tanto a profundidade quanto a reversão (NAGUIB *et al.*, 2018; FRENKEL; LIEN, 2024). Na emergência anestésica, a estratégia mais segura consiste em avaliar quantitativamente o adutor do polegar, antagonizar de acordo com o agente e a profundidade do bloqueio e somente realizar extubação após documentação de TOF igual ou superior a 0,90 (FUCHS-BUDER *et al.*, 2023; THILEN *et al.*, 2023).

4 CONCLUSÃO

O bloqueio neuromuscular residual permanece uma complicação prevenível e clinicamente relevante da anestesia geral. Os principais fatores modificáveis incluem doses cumulativas excessivas, administração tardia de bloqueadores, reversão inadequada e, sobretudo, ausência de monitorização quantitativa confiável.

A prevenção deve combinar monitorização do nervo ulnar no adutor do polegar, confirmação objetiva de TOF igual ou superior a 0,90 antes da extubação e escolha do antagonista conforme o agente e a profundidade do bloqueio. O sugamadex oferece reversão mais rápida e previsível do bloqueio por aminosteroides, enquanto a neostigmina continua útil quando já houve recuperação espontânea suficiente e sua administração é acompanhada por monitorização quantitativa.

REFERÊNCIAS

BRUECKMANN, B. *et al.* Effects of sugammadex on incidence of postoperative residual neuromuscular blockade: a randomized, controlled study. British Journal of Anaesthesia, v. 115, n. 5, p. 743-751, 2015.

FRENKEL, M.; LIEN, C. A. Eliminating residual neuromuscular blockade: a literature review. Annals of Translational Medicine, v. 12, n. 4, art. 65, 2024.

FUCHS-BUDER, T. *et al.* Peri-operative management of neuromuscular blockade: a guideline from the European Society of Anaesthesiology and Intensive Care. European Journal of Anaesthesiology, v. 40, n. 2, p. 82-94, 2023.

HRISTOVSKA, A.-M.; DUCH, P.; ALLINGSTRUP, M.; AFSHARI, A. 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, v. 73, n. 5, p. 631-641, 2018.

KIRMEIER, E. *et al.* Post-anaesthesia pulmonary complications after use of muscle relaxants (POPULAR): a multicentre, prospective observational study. Lancet Respiratory Medicine, v. 7, n. 2, p. 129-140, 2019.

LESLIE, K. *et al.* Sugammadex versus neostigmine for reversal of neuromuscular blockade and postoperative pulmonary complications (SNaPP): an international, randomised, controlled, phase 4 trial. Lancet Respiratory Medicine, v. 14, n. 9, p. 761-774, 2026.

NAGUIB, M. *et al.* Consensus statement on perioperative use of neuromuscular monitoring. Anesthesia & Analgesia, v. 127, n. 1, p. 71-80, 2018.

THILEN, S. R. *et al.* 2023 American Society of Anesthesiologists practice guidelines for monitoring and antagonism of neuromuscular blockade: a report by the American Society of Anesthesiologists Task Force on Neuromuscular Blockade. Anesthesiology, v. 138, n. 1, p. 13-41, 2023.