

HIPOTENSÃO INTRAOPERATÓRIA E LESÃO RENAL AGUDA: IMPACTO DA INTENSIDADE E DURAÇÃO DA HIPOTENSÃO NOS DESFECHOS RENAIIS PERIOPERATÓRIOS

INTRAOPERATIVE HYPOTENSION AND ACUTE KIDNEY INJURY: IMPACT OF HYPOTENSION INTENSITY AND DURATION ON PERIOPERATIVE RENAL OUTCOMES

Felipe Yoschio Moreira Saijo¹

Aziss Tajher Iunes Neto²

Caio Ferraz Gomes Barros³

Marina Issa Nozawa⁴

Rair Magalhães Sarah⁵

Sofia Alcântara Guimarães⁶

RESUMO: A hipotensão intraoperatória constitui uma das alterações hemodinâmicas mais frequentes durante procedimentos cirúrgicos e está associada a complicações pós-operatórias relevantes, especialmente à lesão renal aguda. A redução da pressão arterial pode comprometer a perfusão renal, sobretudo em indivíduos com reserva funcional reduzida, alterações da autorregulação vascular ou submetidos a procedimentos de maior complexidade. Este estudo teve como objetivo analisar a influência da intensidade e da duração da hipotensão intraoperatória sobre a ocorrência de lesão renal aguda e outros desfechos renais perioperatórios. Foi realizada uma revisão integrativa da literatura, priorizando estudos publicados entre 2020 e 2026, mediante buscas nas bases PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science, LILACS e SciELO. Foram considerados estudos observacionais, ensaios clínicos, revisões sistemáticas, meta-análises e documentos de consenso relacionados à pressão arterial intraoperatória e aos desfechos renais. As evidências identificadas demonstram associação entre episódios de pressão arterial média reduzida e maior risco de lesão renal aguda, especialmente quando a pressão arterial média permanece abaixo de 65 mmHg durante períodos prolongados. A magnitude da redução pressórica e o tempo acumulado abaixo dos limiares também parecem exercer influência dose-dependente sobre o risco renal. Fatores como idade avançada, hipertensão, doença renal prévia, diabetes, maior complexidade cirúrgica e necessidade de vasopressores modificam essa relação. Estratégias individualizadas de monitorização e tratamento hemodinâmico, associadas à adequada avaliação volêmica e correção precoce das causas de hipotensão, podem contribuir para reduzir a exposição renal à hipoperfusão. Conclui-se que a avaliação da hipotensão intraoperatória deve considerar conjuntamente intensidade, duração e vulnerabilidade individual.

Palavras-chave: Hipotensão intraoperatória. lesão renal aguda. pressão arterial média. cirurgia. anestesia. desfechos perioperatórios.

¹ Médico. Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT). Cuiabá, Mato Grosso, Brasil.

² Médico. Faculdade das Américas (FAM). São Paulo, São Paulo, Brasil.

³ Acadêmico de Medicina. UNICEUMA. Imperatriz, Maranhão, Brasil.

⁴ Acadêmica de Medicina. Unoeste - Presidente Prudente. Presidente Prudente, São Paulo, Brasil.

⁵ Acadêmico de Medicina. Afya - Faculdade de Ciências Médicas de Cruzeiro do Sul. Cruzeiro do Sul, Acre, Brasil.

⁶ Acadêmica de Medicina. Unirv - Campus Goiânia. Goiânia, Goiás, Brasil.

ABSTRACT: Intraoperative hypotension is one of the most frequent hemodynamic alterations during surgical procedures and is associated with relevant postoperative complications, particularly acute kidney injury. Reduced arterial pressure may compromise renal perfusion, especially in individuals with reduced functional reserve, impaired vascular autoregulation, or those undergoing major surgical procedures. This study aimed to analyze the influence of the severity and duration of intraoperative hypotension on the occurrence of acute kidney injury and other perioperative renal outcomes. An integrative literature review was conducted, prioritizing studies published between 2020 and 2026, through searches in PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science, LILACS, and SciELO. Observational studies, clinical trials, systematic reviews, meta-analyses, and consensus documents addressing intraoperative blood pressure and renal outcomes were considered. The evidence identified demonstrates an association between episodes of reduced mean arterial pressure and an increased risk of acute kidney injury, particularly when mean arterial pressure remains below 65 mmHg for prolonged periods. The magnitude of blood pressure reduction and cumulative time below predefined thresholds also appear to influence renal risk in a dose-dependent manner. Factors such as advanced age, hypertension, pre-existing kidney disease, diabetes, greater surgical complexity, and vasopressor requirements may modify this relationship. Individualized hemodynamic monitoring and treatment strategies, combined with adequate assessment of volume status and early correction of the causes of hypotension, may reduce renal exposure to hypoperfusion. It is concluded that intraoperative hypotension should be assessed by jointly considering its severity, duration, and individual patient vulnerability.

Keywords: Intraoperative hypotension. acute kidney injury. mean arterial pressure. surgery. anesthesia. perioperative outcomes.

RESUMEN: La hipotensión intraoperatoria constituye una de las alteraciones hemodinámicas más frecuentes durante los procedimientos quirúrgicos y se asocia con complicaciones posoperatorias relevantes, especialmente con la lesión renal aguda. La reducción de la presión arterial puede comprometer la perfusión renal, particularmente en individuos con reserva funcional reducida, alteraciones de la autorregulación vascular o sometidos a procedimientos quirúrgicos de mayor complejidad. Este estudio tuvo como objetivo analizar la influencia de la intensidad y duración de la hipotensión intraoperatoria sobre la aparición de lesión renal aguda y otros resultados renales perioperatorios. Se realizó una revisión integrativa de la literatura, priorizando estudios publicados entre 2020 y 2026, mediante búsquedas en las bases PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science, LILACS y SciELO. Se consideraron estudios observacionales, ensayos clínicos, revisiones sistemáticas, metaanálisis y documentos de consenso relacionados con la presión arterial intraoperatoria y los resultados renales. La evidencia identificada demuestra una asociación entre episodios de presión arterial media reducida y un mayor riesgo de lesión renal aguda, especialmente cuando la presión arterial media permanece por debajo de 65 mmHg durante períodos prolongados. La magnitud de la reducción de la presión y el tiempo acumulado por debajo de los umbrales también parecen influir en el riesgo renal de manera dependiente de la dosis. Factores como edad avanzada, hipertensión, enfermedad renal previa, diabetes, mayor complejidad quirúrgica y necesidad de vasopresores pueden modificar esta relación. Las estrategias individualizadas de monitorización y tratamiento hemodinámico, asociadas con una adecuada evaluación del estado volémico y la corrección temprana de las causas de hipotensión, pueden reducir la exposición renal a la hipoperfusión. Se concluye que la hipotensión intraoperatoria debe evaluarse considerando conjuntamente su intensidad, duración y vulnerabilidad individual.

Palabras clave: Hipotensión intraoperatoria. lesión renal aguda. presión arterial media. cirugía. anestesia. resultados perioperatorios.

1 INTRODUÇÃO

A lesão renal aguda constitui uma complicação frequente e clinicamente relevante no período perioperatório, estando associada ao aumento da morbidade, mortalidade, tempo de

internação e utilização de recursos hospitalares. Sua ocorrência resulta da interação de fatores relacionados às condições clínicas do paciente, ao procedimento cirúrgico e ao manejo anestésico. Entre os mecanismos envolvidos, a redução da perfusão renal apresenta importância particular, principalmente quando ocorre em associação com outras agressões fisiológicas. Dessa forma, a prevenção da lesão renal tornou-se componente importante da segurança perioperatória. (Prowle et al., 2021).

A definição de lesão renal aguda utilizada atualmente baseia-se principalmente nos critérios *Kidney Disease: Improving Global Outcomes*, considerando alterações da creatinina sérica e da produção urinária. Mesmo alterações relativamente pequenas desses parâmetros podem apresentar repercussões clínicas significativas, enquanto formas mais graves estão relacionadas a maior risco de mortalidade e necessidade de terapia renal substitutiva. No contexto cirúrgico, a identificação precoce é dificultada pelo caráter multifatorial da lesão e pela possibilidade de alterações laboratoriais surgirem somente após a agressão inicial. (Prowle et al., 2021).

A hipotensão intraoperatória representa uma alteração hemodinâmica comum durante a anestesia geral e pode decorrer de vasodilatação, hipovolemia, redução do débito cardíaco, sangramento, alterações do retorno venoso ou combinação desses mecanismos. A indução anestésica constitui um período particularmente vulnerável, devido à redução da atividade simpática e à consequente diminuição da resistência vascular sistêmica. A persistência dessa condição pode comprometer a perfusão de órgãos considerados vulneráveis, entre eles os rins. (Saugel et al., 2024).

Apesar de sua relevância, a hipotensão intraoperatória não apresenta uma definição universalmente aceita. Diferentes estudos utilizam valores absolutos de pressão arterial média ou pressão arterial sistólica, enquanto outros consideram a redução percentual em relação aos valores basais do paciente. Essa heterogeneidade dificulta a comparação entre pesquisas e demonstra que a avaliação do risco deve considerar não apenas um valor pressórico isolado, mas também o tempo de exposição e as características individuais. (Penev et al., 2024).

A fisiopatologia que relaciona hipotensão à lesão renal envolve principalmente a redução da pressão de perfusão e o comprometimento da capacidade autorregulatória renal. Embora o rim consiga manter relativamente constante seu fluxo sanguíneo diante de determinadas variações da pressão arterial, essa capacidade é limitada. Quando a pressão cai além da faixa compensatória, ocorre redução do fluxo renal, favorecendo hipóxia, disfunção tubular e alterações da filtração glomerular. (Lankadeva et al., 2022).

A medula renal apresenta particular vulnerabilidade à hipóxia devido às características de sua circulação e à elevada demanda metabólica dos túbulos. Dessa maneira, alterações hemodinâmicas sistêmicas podem produzir consequências desproporcionais sobre determinadas regiões do rim. A hipotensão prolongada pode comprometer a oxigenação medular e favorecer mecanismos inflamatórios e celulares relacionados à lesão tubular. (Lankadeva et al., 2022).

A relação entre hipotensão e lesão renal não depende somente da presença ou ausência do episódio hipotensivo. Evidências contemporâneas demonstram que a profundidade da queda pressórica e sua duração apresentam relação importante com o risco renal. Na revisão sistemática de Penev et al., os limiares avaliados variaram amplamente, porém a pressão arterial média inferior a 65 mmHg por mais de cinco minutos foi o parâmetro mais frequentemente associado à ocorrência de lesão renal aguda. (Penev et al., 2024).

A duração da exposição é particularmente relevante porque períodos prolongados de hipoperfusão aumentam a possibilidade de ultrapassar os mecanismos fisiológicos de compensação. Estudos anteriores já demonstravam associação graduada entre diferentes tempos de exposição a pressões arteriais médias inferiores a 55 ou 60 mmHg e o desenvolvimento de lesão renal. Evidências mais recentes reforçam que o tempo acumulado abaixo de determinado limiar deve ser incorporado à avaliação da carga hipotensiva. (Löffel et al., 2020).

4

A intensidade da hipotensão também exerce influência independente sobre o desfecho renal. Reduções mais profundas da pressão arterial representam maior comprometimento da pressão de perfusão e podem produzir dano mais rapidamente. Assim, episódios muito breves de hipotensão profunda podem apresentar significado diferente daqueles de intensidade moderada e maior duração, reforçando a necessidade de avaliar conjuntamente os dois componentes da exposição. (Penev et al., 2024).

A vulnerabilidade individual modifica a relação entre pressão arterial e perfusão renal. Pacientes idosos, hipertensos, diabéticos e portadores de doença renal crônica podem apresentar alterações da autorregulação e menor reserva fisiológica. Nesses indivíduos, níveis pressóricos considerados toleráveis em pacientes jovens e saudáveis podem não garantir proteção equivalente. Portanto, metas hemodinâmicas individualizadas podem apresentar maior relevância em populações de alto risco. (Saugel et al., 2024).

Além da hipotensão, outros fatores perioperatórios podem contribuir para a ocorrência de lesão renal aguda, incluindo hemorragia, hipovolemia, sepse, exposição a medicamentos nefrotóxicos, alterações do débito cardíaco e inflamação sistêmica. A interação desses elementos

explica por que a lesão renal não pode ser atribuída automaticamente a um único episódio de hipotensão. A interpretação adequada exige avaliação do conjunto de agressões sofridas pelo paciente. (Prowle et al., 2021).

Diante desse cenário, torna-se relevante compreender não apenas se o paciente apresentou hipotensão, mas quanto, por quanto tempo e em quais condições clínicas permaneceu exposto à redução da pressão arterial. O objetivo deste estudo foi analisar, por meio de revisão integrativa da literatura, a relação entre a intensidade e a duração da hipotensão intraoperatória e a ocorrência de lesão renal aguda e outros desfechos renais perioperatórios, considerando também fatores individuais e estratégias de prevenção.

2 METODOLOGIA

Foi realizada uma revisão integrativa da literatura, de abordagem qualitativa e caráter descritivo, com o propósito de reunir, organizar e analisar evidências científicas acerca da relação entre hipotensão intraoperatória e lesão renal aguda. A elaboração da revisão contemplou etapas de definição da pergunta norteadora, estabelecimento dos critérios de elegibilidade, identificação das bases de dados, definição dos descritores, seleção das publicações e síntese dos principais achados.

A pergunta norteadora foi definida da seguinte maneira: “Qual é o impacto da intensidade e da duração da hipotensão intraoperatória sobre a ocorrência de lesão renal aguda e outros desfechos renais perioperatórios em pacientes adultos submetidos a procedimentos cirúrgicos?”

Foram estabelecidos critérios de inclusão e exclusão antes da análise dos estudos, buscando garantir maior uniformidade na seleção.

Tabela 1 – Critérios de inclusão e exclusão

Critérios de inclusão	Critérios de exclusão
Estudos publicados preferencialmente entre 2020 e 2026	Estudos sem relação direta com o tema
Pacientes adultos	Estudos exclusivamente pediátricos
Pacientes submetidos a procedimentos cirúrgicos	Estudos sem contexto perioperatório
Avaliação de hipotensão intraoperatória	Estudos sem avaliação de pressão arterial

Critérios de inclusão	Critérios de exclusão
Avaliação de lesão renal aguda ou desfechos renais	Estudos sem desfecho renal
Artigos em português, inglês ou espanhol	Artigos em outros idiomas
Estudos observacionais	Relatos de caso isolados
Ensaio clínico	Cartas ao editor
Revisões sistemáticas e meta-análises	Editorial e opinião de especialistas
Documentos de consenso e diretrizes pertinentes	Publicações duplicadas

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

As buscas foram estruturadas nas bases PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science, LILACS e SciELO, escolhidas por contemplarem literatura biomédica internacional, produção científica multidisciplinar e estudos latino-americanos. As palavras-chave foram definidas a partir dos conceitos centrais do título e da pergunta norteadora. Para garantir uniformidade metodológica, as mesmas palavras-chave utilizadas na busca são exatamente aquelas apresentadas no resumo do artigo.

Tabela 2 – Descritores utilizados na estratégia de busca, segundo DeCS/MeSH

6

Descritor em português (DeCS)	Descritor em inglês (MeSH)
Hipotensão	Hypotension
Lesão Renal Aguda	Acute Kidney Injury
Pressão Arterial	Blood Pressure
Procedimentos Cirúrgicos Operatórios	Surgical Procedures, Operative
Anestesia	Anesthesia
Cuidados Perioperatórios	Perioperative Care

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Na estratégia eletrônica, os termos foram combinados com seus equivalentes em inglês e operadores booleanos, utilizando diferentes combinações conforme as características de cada plataforma. Após a identificação dos estudos, foram excluídos os registros duplicados e aqueles que não apresentavam relação direta com a pergunta norteadora. Inicialmente, procedeu-se à leitura dos títulos e resumos; posteriormente, os estudos potencialmente elegíveis foram analisados integralmente.

A síntese dos resultados considerou principalmente a definição utilizada para hipotensão, valor da pressão arterial média, tempo de exposição, área sob a curva abaixo do limiar, ocorrência e gravidade da lesão renal aguda, mortalidade, necessidade de terapia renal substitutiva, permanência hospitalar e fatores modificadores.

Para a construção da discussão, foram priorizados artigos científicos publicados entre 2020 e 2026, complementados por estudos anteriores considerados relevantes para a fundamentação de conceitos essenciais. A revisão sistemática de Penev et al. identificou 19 estudos diretamente relacionados à associação entre hipotensão intraoperatória e lesão renal aguda, constituindo uma importante referência contemporânea para a síntese da evidência. (Penev et al., 2024).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos estudos demonstra que a hipotensão intraoperatória está consistentemente associada a maior ocorrência de lesão renal aguda em diferentes contextos cirúrgicos. Entretanto, a força dessa associação varia conforme o tipo de procedimento, população estudada, definição de hipotensão e método utilizado para quantificar a exposição. Essa heterogeneidade explica a ausência de um único limiar universalmente aceito para todos os pacientes. (Penev et al., 2024).

A revisão sistemática de Penev et al. representa uma das principais sínteses recentes sobre o tema. Foram identificados 19 estudos, com diferentes definições de hipotensão, utilizando valores de pressão arterial média entre menos de 50 e menos de 75 mmHg. Apesar da heterogeneidade metodológica, a pressão arterial média inferior a 65 mmHg durante mais de cinco minutos foi o parâmetro mais frequentemente associado à lesão renal aguda. (Penev et al., 2024).

Os mesmos autores observaram que o risco renal aumentava conforme aumentavam a magnitude e a duração da hipotensão. Esse comportamento sugere uma relação dose-resposta, na qual maior exposição a níveis pressóricos reduzidos produz maior probabilidade de lesão. A constatação é particularmente importante porque demonstra que simplesmente classificar um paciente como “hipotenso” ou “não hipotenso” pode não representar adequadamente a carga hemodinâmica sofrida durante a cirurgia. (Penev et al., 2024).

A importância da duração também foi observada em estudos de cirurgia urológica. Löffel et al. avaliaram pacientes submetidos a cistectomia e investigaram diferentes limiares de hipotensão e o tempo acumulado abaixo desses valores. Os resultados reforçaram a hipótese de

que a duração da exposição à pressão arterial reduzida constitui fator relevante para o desenvolvimento precoce de lesão renal aguda após procedimentos urológicos de grande porte. (Löffel et al., 2020).

Em pacientes submetidos à ressecção hepática, Liao et al. identificaram associação entre hipotensão intraoperatória e lesão renal aguda. Nesse estudo, a hipotensão foi definida como pressão arterial média inferior a 65 mmHg por mais de dez minutos cumulativos, e a presença dessa exposição permaneceu como fator de risco após análise multivariada. O efeito foi particularmente importante entre pacientes com idade igual ou superior a 65 anos. (Liao et al., 2020).

A influência da idade sobre a relação entre hipotensão e lesão renal merece destaque. Pacientes idosos frequentemente apresentam menor reserva funcional, maior prevalência de hipertensão, diabetes e doença renal crônica, além de alterações da autorregulação vascular. Dessa forma, o mesmo nível absoluto de pressão arterial pode representar diferentes graus de comprometimento da perfusão em indivíduos distintos. (Liao et al., 2020).

Estudos recentes também demonstram que o risco não se restringe a cirurgias de grande porte. Uma análise envolvendo pacientes submetidos a diferentes tipos de cirurgia abdominal encontrou associação entre a carga de hipotensão e a ocorrência de lesão renal, embora a intensidade da relação variasse conforme a invasividade do procedimento. Isso sugere interação entre a exposição hemodinâmica e o estresse fisiológico produzido pela própria cirurgia. (Yamamoto et al., 2023).

A invasividade cirúrgica pode modificar o impacto da hipotensão porque procedimentos mais complexos geralmente envolvem maior duração, maior perda sanguínea, alterações volêmicas e maior resposta inflamatória. No estudo abdominal, os procedimentos altamente invasivos apresentaram maior carga de pressão arterial média abaixo dos limiares avaliados. Embora a incidência absoluta de lesão renal não tenha diferido significativamente entre todos os grupos, a análise reforça a necessidade de interpretar a hipotensão dentro do contexto cirúrgico. (Yamamoto et al., 2023).

A relação entre hipotensão e lesão renal também foi demonstrada em pacientes submetidos à cirurgia de fratura de quadril. Kluger et al. analisaram mais de mil pacientes idosos submetidos a cirurgia de emergência e observaram elevada frequência de lesão renal aguda. O estudo avaliou diferentes valores de pressão arterial média e duração da hipotensão, demonstrando a relevância da instabilidade hemodinâmica em uma população particularmente vulnerável. (Kluger et al., 2022).

A cirurgia de emergência representa situação especialmente complexa porque os pacientes frequentemente chegam ao procedimento com desidratação, anemia, alterações eletrolíticas, sepse, trauma ou outras condições capazes de reduzir a reserva fisiológica. Nessas circunstâncias, a hipotensão intraoperatória pode atuar em conjunto com condições prévias para agravar a hipoperfusão renal. Portanto, a prevenção deve começar ainda no período pré-operatório. (Kluger et al., 2022).

Outro aspecto importante é a relação entre hipotensão e perda sanguínea. Em procedimentos como cirurgia pancreática, a associação entre hipotensão, hemorragia e lesão renal torna difícil determinar a contribuição isolada de cada fator. A redução do volume circulante pode diminuir o retorno venoso e o débito cardíaco, enquanto a hipotensão compromete diretamente a pressão de perfusão renal. (Ida et al., 2020).

A doença renal crônica pré-existente aumenta ainda mais a vulnerabilidade. Indivíduos com reserva renal reduzida apresentam menor capacidade de tolerar alterações hemodinâmicas e podem desenvolver lesão renal mesmo diante de agressões relativamente menores. Por esse motivo, a avaliação pré-operatória da função renal deve ser considerada parte essencial da estratificação de risco. (Prowle et al., 2021).

A hipertensão arterial também pode modificar a relação entre pressão arterial e perfusão renal. Alterações crônicas da vasculatura podem deslocar a curva de autorregulação para níveis pressóricos mais elevados, fazendo com que uma pressão considerada adequada para a população geral seja insuficiente para determinados pacientes hipertensos. Estudos contemporâneos em indivíduos hipertensos reforçam a associação entre hipotensão intraoperatória e lesão renal. (Zhang et al., 2024).

A magnitude da queda em relação à pressão basal pode ser tão importante quanto o valor absoluto. Um paciente cuja pressão habitual seja elevada pode sofrer redução importante de perfusão mesmo quando a pressão arterial média permanece acima de 65 mmHg. Essa observação sustenta a crescente utilização de estratégias individualizadas, nas quais as metas são estabelecidas considerando o perfil hemodinâmico basal. (Saugel et al., 2024).

O consenso internacional POQI de 2024 recomenda manter a pressão arterial média intraoperatória em pelo menos 60 mmHg em pacientes sob risco, destacando, entretanto, que metas superiores podem ser necessárias quando há elevação das pressões venosas ou compartimentais. O documento também recomenda tratar a hipotensão de acordo com sua causa presumida, evitando uma abordagem exclusivamente baseada na administração de vasopressores. (Saugel et al., 2024).

A recomendação de individualização demonstra que não existe um limiar capaz de proteger todos os pacientes de maneira uniforme. A pressão de perfusão renal depende da interação entre pressão arterial, pressão venosa e condições microcirculatórias. Em pacientes com pressão venosa central elevada, por exemplo, uma pressão arterial aparentemente adequada pode não resultar em gradiente de perfusão renal suficiente. (Saugel et al., 2024).

A monitorização contínua da pressão arterial representa importante ferramenta para reduzir a duração dos episódios hipotensivos. Medidas intermitentes podem deixar períodos de hipotensão não detectados, especialmente quando a frequência de aferição é baixa. O consenso POQI destaca que a monitorização arterial contínua pode auxiliar na redução da gravidade e da duração da hipotensão intraoperatória. (Saugel et al., 2024).

A relevância da monitorização foi igualmente destacada por recomendações alemãs publicadas em 2024. Essas diretrizes enfatizam a avaliação hemodinâmica estruturada, considerando pressão arterial, volume, débito cardíaco e resposta às intervenções. A abordagem integrada permite diferenciar hipotensão predominantemente vasodilatadora de situações relacionadas à hipovolemia ou redução do débito cardíaco. (Saugel et al., 2024).

A necessidade de vasopressores constitui outro elemento importante na interpretação dos desfechos renais. A norepinefrina é amplamente utilizada para corrigir hipotensão decorrente de vasodilatação, mas doses elevadas podem refletir maior gravidade hemodinâmica e também produzir efeitos vasoconstritores. Dessa forma, é necessário avaliar simultaneamente a carga hipotensiva e a exposição aos vasopressores. (Saugel et al., 2025).

Em estudo envolvendo 38.338 pacientes submetidos a cirurgia não cardíaca, Saugel et al. demonstraram associação independente entre a carga de hipotensão e a dose cumulativa de norepinefrina com lesão renal aguda. A hipotensão foi quantificada pela área sob a curva abaixo de uma pressão arterial média de 65 mmHg. Esses resultados reforçam que a exposição hemodinâmica pode ser mais bem representada por medidas quantitativas do que pela simples presença de um episódio hipotensivo. (Saugel et al., 2025).

A utilização da área sob a curva permite integrar a profundidade e a duração da hipotensão. Um paciente que permanece poucos minutos com pressão muito abaixo do limiar pode apresentar carga semelhante a outro que permanece mais tempo com uma redução menos intensa. Essa métrica oferece uma maneira mais refinada de quantificar exposição e pode favorecer comparações entre diferentes estudos. (Saugel et al., 2025).

Além dos desfechos renais imediatos, a hipotensão pode apresentar repercussões mais prolongadas. Estudos multicêntricos demonstraram associação entre hipotensão intraoperatória

e doença renal aguda persistente após cirurgia não cardíaca. Esses achados sugerem que a exposição intraoperatória pode estar relacionada não somente à alteração transitória da creatinina, mas também à manutenção da disfunção renal durante semanas após o procedimento. (Liu et al., 2022).

A persistência da disfunção renal possui grande importância clínica porque a recuperação incompleta após uma lesão aguda pode representar um passo intermediário para doença renal crônica. Assim, a prevenção da hipotensão potencialmente contribui não apenas para reduzir complicações durante a internação, mas também para preservar a função renal após a alta hospitalar. Essa perspectiva amplia a importância do manejo hemodinâmico perioperatório. (Liu et al., 2022).

A relação entre hipotensão e lesão renal também foi investigada em transplante hepático. Caragata et al. demonstraram que a exposição à hipotensão durante o procedimento esteve associada ao risco de lesão renal após o transplante. Nesse contexto, a interpretação é ainda mais complexa devido à gravidade da doença hepática, alterações circulatórias, perdas sanguíneas e necessidade frequente de suporte vasopressor. (Caragata et al., 2023).

Em cirurgia cardíaca, a associação apresenta características diferentes. Estudos demonstram que o risco de lesão renal depende não somente da hipotensão, mas também de fatores como circulação extracorpórea, inflamação, hemodiluição, complexidade cirúrgica e risco renal pré-operatório. Huang et al. demonstraram que o risco basal do paciente pode modificar a relação entre hipotensão intraoperatória e lesão renal após cirurgia cardíaca. (Huang et al., 2023).

Estudo recente em cirurgia cardíaca eletiva também avaliou especificamente a associação entre hipotensão intraoperatória e lesão renal. A heterogeneidade encontrada nesse contexto reforça que resultados obtidos em cirurgia não cardíaca não devem ser automaticamente extrapolados para pacientes submetidos a procedimentos cardíacos. A fisiopatologia e a dinâmica circulatória são suficientemente distintas para justificar análises específicas. (Jung et al., 2024).

A literatura mais recente também demonstra que a associação entre hipotensão e lesão renal permanece relevante em grandes procedimentos hepáticos laparoscópicos. Magyar et al. analisaram a exposição à hipotensão durante ressecção hepática laparoscópica e seus efeitos sobre complicações pós-operatórias, incluindo lesão renal. Esse tipo de estudo demonstra que a técnica minimamente invasiva não elimina a necessidade de vigilância hemodinâmica rigorosa. (Magyar et al., 2025).

Entretanto, nem todos os estudos identificam associação independente entre hipotensão e lesão renal. Em pacientes submetidos à pancreaticoduodenectomia, por exemplo, uma investigação recente não encontrou associação significativa entre determinados parâmetros de hipotensão e LRA. Essa divergência demonstra a influência de fatores de confusão, características do procedimento, definição de hipotensão e estratégias anestésicas utilizadas. (Gu et al., 2025).

A existência de resultados discordantes reforça que a relação causal não pode ser presumida exclusivamente a partir de estudos observacionais. Pacientes que desenvolvem hipotensão geralmente também apresentam maior complexidade clínica, maior duração cirúrgica, maior necessidade de vasopressores e maior perda sanguínea. Esses fatores podem atuar simultaneamente como causas ou marcadores de risco para lesão renal. (Saugel et al., 2025).

Ainda assim, a consistência da associação em diferentes populações sustenta a necessidade de minimizar episódios profundos e prolongados de hipotensão. A revisão sistemática de Penev et al. identificou uma tendência geral de aumento do risco de LRA à medida que aumentavam a intensidade e a duração da exposição. Portanto, mesmo diante da heterogeneidade metodológica, existe justificativa científica para tratar prontamente a hipotensão. (Penev et al., 2024).

12

Estudos contemporâneos também sugerem que diferentes formas de quantificar a hipotensão podem apresentar valor prognóstico. Número de episódios, duração cumulativa, área sob a curva e média ponderada pelo tempo são métricas utilizadas para representar diferentes dimensões da exposição. A utilização desses parâmetros pode melhorar a caracterização da carga hemodinâmica e permitir análises mais precisas dos desfechos renais. (Runge et al., 2026).

Dados recentes do registro EU HYPROTECT acrescentam evidências provenientes de uma população contemporânea de pacientes submetidos a cirurgia não cardíaca. A análise buscou determinar se a hipotensão permanecia associada à LRA mesmo em um cenário no qual havia preocupação sistemática em evitar episódios profundos. A importância desse tipo de estudo reside em avaliar a associação em condições modernas de monitorização e manejo hemodinâmico. (Runge et al., 2026).

Estudo publicado em 2025 envolvendo pacientes idosos e muito idosos submetidos a cirurgia não cardíaca também reforçou a relevância da hipotensão nessa população. A idade avançada combina múltiplos fatores de risco, incluindo redução da reserva renal, maior prevalência de hipertensão, aterosclerose e maior frequência de polifarmácia. Por isso,

estratégias de proteção renal devem ser especialmente cuidadosas nesses indivíduos. (Liu et al., 2025).

A prevenção da lesão renal deve começar antes da indução anestésica. A identificação de doença renal prévia, hipertensão, diabetes, idade avançada, anemia, hipovolemia e uso de medicamentos potencialmente nefrotóxicos permite reconhecer pacientes nos quais pequenas alterações hemodinâmicas podem produzir consequências mais importantes. A avaliação pré-operatória deve, portanto, orientar as metas de pressão e a estratégia de monitorização. (Prowle et al., 2021).

Durante a cirurgia, o tratamento da hipotensão deve ser orientado pela causa fisiopatológica. Pacientes hipovolêmicos podem necessitar de reposição volêmica, enquanto indivíduos com vasodilatação predominante podem responder melhor a vasopressores. A administração indiscriminada de fluidos ou vasoconstritores pode produzir efeitos adversos e não necessariamente restaurar a perfusão renal de maneira adequada. (Saugel et al., 2024).

A manutenção de estabilidade hemodinâmica também deve continuar no período pós-operatório. A hipotensão após a cirurgia pode permanecer não reconhecida durante períodos prolongados, especialmente quando o paciente deixa o ambiente de monitorização contínua. O consenso POQI destaca que a hipotensão pós-operatória pode ser particularmente relevante porque tende a ser mais prolongada e menos prontamente tratada. (Saugel et al., 2024).

A análise conjunta das evidências demonstra, portanto, que a hipotensão intraoperatória deve ser compreendida como uma exposição quantitativa. Intensidade, duração, frequência dos episódios, pressão basal, comorbidades, pressão venosa, débito cardíaco e contexto cirúrgico precisam ser considerados simultaneamente. Essa abordagem representa evolução em relação ao uso de um único ponto de corte para definir risco. (Lankadeva et al., 2022).

Tabela 3 – Relação entre intensidade e duração da hipotensão e desfechos renais

Característica da hipotensão	Interpretação	Tendência de risco
PAM ≥ 65 mmHg	Ausência de hipotensão pelo limiar mais estudado	Menor risco relativo
PAM < 65 mmHg por curto período	Exposição transitória	Risco variável
PAM < 65 mmHg por > 5 minutos	Limiar frequentemente estudado	Maior risco de LRA
PAM < 60 mmHg	Hipotensão mais profunda	Maior risco

Característica da hipotensão	Interpretação	Tendência de risco
PAM <55 mmHg	Hipotensão profunda	Risco potencialmente elevado
Longa duração abaixo do limiar	Maior carga de hipoperfusão	Maior risco
Alta área sob a curva	Integra intensidade e duração	Maior exposição
Episódios repetidos	Exposição acumulada	Potencial aumento do risco

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Os dados sintetizados demonstram que a pressão arterial média de 65 mmHg possui importância epidemiológica, mas não deve ser interpretada como fronteira absoluta entre segurança e lesão. A revisão de Penev et al. demonstrou ampla variação dos limiares utilizados nos estudos, enquanto o consenso POQI de 2024 recomenda pelo menos 60 mmHg para pacientes em risco, reforçando a necessidade de individualização. (Penev et al., 2024; Saugel et al., 2024).

Tabela 4– Principais fatores modificadores do risco renal

Fator	Possível influência
Idade avançada	Redução da reserva renal
Hipertensão	Alteração da autorregulação
Doença renal crônica	Menor reserva funcional
Diabetes	Maior vulnerabilidade microvascular
Hemorragia	Redução da volemia e perfusão
Cirurgia prolongada	Maior exposição hemodinâmica
Cirurgia de grande porte	Maior estresse fisiológico
Sepse	Alterações macro e microcirculatórias
Vasopressores	Necessidade de suporte hemodinâmico
Pressão venosa elevada	Redução do gradiente de perfusão renal

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

A partir dos estudos analisados, observa-se que a prevenção da LRA exige estratégia multifatorial. O objetivo não deve ser simplesmente aumentar a pressão arterial, mas preservar

condições adequadas de perfusão renal. Isso envolve avaliação do volume circulante, débito cardíaco, resistência vascular, pressão venosa, sangramento e características individuais do paciente. (Saugel et al., 2024).

A literatura recente também indica que a simples redução da incidência de episódios hipotensivos pode não ser suficiente se a intensidade dos episódios persistir elevada. Estratégias modernas devem, portanto, buscar reduzir simultaneamente frequência, profundidade e duração da hipotensão. A utilização de monitorização contínua e algoritmos de suporte à decisão pode contribuir para intervenções mais precoces. (Saugel et al., 2024).

Em síntese, os resultados apontam para uma associação consistente, embora não absolutamente uniforme, entre hipotensão intraoperatória e lesão renal aguda. A evidência disponível sustenta particularmente a importância de evitar pressão arterial média inferior a 65 mmHg durante períodos prolongados, mas demonstra que o risco depende de uma interação complexa entre exposição hemodinâmica e vulnerabilidade individual. (Penev et al., 2024; Lankadeva et al., 2022).

4 CONCLUSÃO

A hipotensão intraoperatória constitui importante fator associado à ocorrência de lesão renal aguda no período perioperatório. As evidências analisadas demonstram que o impacto renal está relacionado principalmente à combinação entre intensidade e duração da redução da pressão arterial, sendo os episódios mais profundos e prolongados aqueles que apresentam maior potencial de comprometimento da perfusão renal.

A pressão arterial média inferior a 65 mmHg, especialmente quando mantida durante períodos prolongados, apresenta associação consistente com maior risco de lesão renal aguda. Entretanto, esse valor não deve ser interpretado como limite universal, pois idade, hipertensão, doença renal prévia, diabetes, complexidade cirúrgica e condições hemodinâmicas individuais modificam a tolerância à redução da pressão arterial.

A proteção renal perioperatória depende de abordagem individualizada, envolvendo avaliação pré-operatória dos fatores de risco, monitorização adequada, reconhecimento precoce da hipotensão, correção da hipovolemia, controle de sangramento e utilização criteriosa de vasopressores. A avaliação da carga acumulada de hipotensão, considerando profundidade e duração, pode oferecer informação mais relevante do que uma medida pressórica isolada.

Conclui-se que a manutenção da estabilidade hemodinâmica deve constituir uma das estratégias fundamentais para reduzir complicações renais associadas à cirurgia. A abordagem

ideal deve considerar simultaneamente pressão arterial, perfusão, volemia, débito cardíaco e características individuais. Estudos futuros deverão aprofundar a definição de metas hemodinâmicas personalizadas e estabelecer estratégias terapêuticas capazes de reduzir de forma mais efetiva a incidência e a gravidade da lesão renal aguda.

REFERÊNCIAS

CARAGATA, Rebecca et al. Intraoperative hypotension and the risk of acute kidney injury following liver transplantation. *Clinical Transplantation*, v. 37, n. 10, e15053, 2023. DOI: 10.1111/ctr.15053.

GU, Yue et al. Lack of association between intraoperative hypotension and postoperative acute kidney injury in patients undergoing pancreaticoduodenectomy: a retrospective cohort study. *International Journal of Nephrology*, 2025, 5568151. DOI: 10.1155/2025/5568151.

HUANG, Xiaofan et al. Effect of preoperative risk on the association between intraoperative hypotension and postoperative acute kidney injury in cardiac surgery. *Anaesthesia Critical Care & Pain Medicine*, v. 42, n. 5, 101233, 2023. DOI: 10.1016/j.accpm.2023.101233.

IDA, Mitsuru et al. Impact of intraoperative hypotension and blood loss on acute kidney injury after pancreas surgery. *Brazilian Journal of Anesthesiology*, v. 70, n. 4, p. 343-348, 2020. DOI: 10.1016/j.bjan.2020.04.011.

JUNG, Hilke et al. Intraoperative hypotension and its association with acute kidney injury in patients undergoing elective cardiac surgery: a large retrospective cohort study. *European Journal of Anaesthesiology Intensive Care*, v. 3, n. 2, e0048, 2024. DOI: 10.1097/EA9.0000000000000048. 16

KLUGER, M. T. et al. The effect of intra-operative hypotension on acute kidney injury, postoperative mortality and length of stay following emergency hip fracture surgery. *Anaesthesia*, v. 77, n. 2, p. 164-174, 2022. DOI: 10.1111/anae.15555.

LANKADEVA, Yugeesh R. et al. Role of perioperative hypotension in postoperative acute kidney injury: a narrative review. *British Journal of Anaesthesia*, v. 128, n. 6, p. 931-948, 2022. DOI: 10.1016/j.bja.2022.03.002.

LIAO, Pingping et al. Association of intraoperative hypotension with acute kidney injury after liver resection surgery: an observational cohort study. *BMC Nephrology*, v. 21, n. 1, 456, 2020. DOI: 10.1186/s12882-020-02109-9.

LIU, Rui et al. The relationship between intraoperative hypotension and acute kidney injury in elderly and super elderly patients undergoing noncardiac surgery: a retrospective cohort analysis. *BMC Geriatrics*, v. 26, n. 1, 149, 2025. DOI: 10.1186/s12877-025-06944-z.

LÖFFEL, Lukas M. et al. Impact of intraoperative hypotension on early postoperative acute kidney injury in cystectomy patients: a retrospective cohort analysis. *Journal of Clinical Anesthesia*, v. 66, 109906, 2020. DOI: 10.1016/j.jclinane.2020.109906.

MAGYAR, Christian T. J. et al. Impact of intraoperative hypotension during laparoscopic liver resection on postoperative complications including acute kidney injury. *Surgery*, v. 178, 108924, 2025. DOI: 10.1016/j.surg.2024.10.015.

PENEV, Yordan et al. Intraoperative hypotension and postoperative acute kidney injury: a systematic review. *The American Journal of Surgery*, v. 232, p. 45-53, 2024. DOI: 10.1016/j.amjsurg.2024.02.001.

PROWLE, John R. et al. Postoperative acute kidney injury in adult non-cardiac surgery: joint consensus report of the Acute Disease Quality Initiative and PeriOperative Quality Initiative. *Nature Reviews Nephrology*, v. 17, n. 9, p. 605-618, 2021. DOI: 10.1038/s41581-021-00418-2.

RUNGE, Julian et al. Association of intraoperative hypotension and acute kidney injury in noncardiac surgery patients: a post hoc secondary analysis of the EU HYPROTECT registry. *Journal of Clinical Monitoring and Computing*, v. 40, n. 1, p. 59-67, 2026. DOI: 10.1007/s10877-025-01329-4.

SAUGEL, Bernd et al. Intraoperative haemodynamic monitoring and management of adults having non-cardiac surgery: guidelines of the German Society of Anaesthesiology and Intensive Care Medicine in collaboration with the German Association of the Scientific Medical Societies. *Journal of Clinical Monitoring and Computing*, v. 38, p. 945-959, 2024. DOI: 10.1007/s10877-024-01132-7.

SAUGEL, Bernd et al. PeriOperative Quality Initiative international consensus statement on perioperative arterial pressure management. *British Journal of Anaesthesia*, v. 133, n. 2, p. 264-276, 2024. DOI: 10.1016/j.bja.2024.04.046.

SAUGEL, Bernd et al. Association of intraoperative hypotension and cumulative norepinephrine dose with postoperative acute kidney injury in patients having noncardiac surgery: a retrospective cohort analysis. *British Journal of Anaesthesia*, v. 134, n. 1, p. 54-62, 2025. DOI: 10.1016/j.bja.2024.11.005.