



RECISATEC – REVISTA CIENTÍFICA SAÚDE E TECNOLOGIA
ISSN 2763-8405

BENEFÍCIOS DA TÉCNICA DE ULTRAFILTRAÇÃO COM BALANÇO ZERO (Z-BUF) DURANTE A CIRCULAÇÃO EXTRACORPÓREA EM PACIENTES SUBMETIDOS À CIRURGIA CARDÍACA

BENEFITS OF THE ZERO BALANCE ULTRAFILTRATION TECHNIQUE (Z-BUF) DURING CARDIOPULMONARY BYPASS IN PATIENTS SUBMITTED TO HEART SURGERY

BENEFICIOS DE LA TÉCNICA DE ULTRAFILTRACIÓN DE BALANCE CERO (Z-BUF) DURANTE EL BYPASS CARDIOPULMONAR EN PACIENTES SOMETIDOS A CIRUGÍA CARDÍACA

Mariana Leticia Matias¹, Valdir Assis dos Reis Filho²

e210194

<https://doi.org/10.53612/recisatec.v2i10.194>

PUBLICADO: 10/2022

RESUMO

A circulação extracorpórea (CEC) consiste na substituição temporária do coração e dos pulmões por uma máquina durante alguns procedimentos cirúrgicos. O uso de soluções cristaloides para o preenchimento e retirada de ar do circuito de CEC acarreta a hemodiluição do paciente, gerando complicações como redução dos níveis de hemoglobina e diminuição do transporte e oferta de oxigênio, havendo a necessidade de utilização de técnicas de ultrafiltração. A ultrafiltração reduz a formação de edema e necessidade de transfusões sanguíneas, além de controlar a reação inflamatória sistêmica mediante a remoção de agentes pró-inflamatórios. Na ultrafiltração com balanço zero (Z-BUF) uma solução é infundida no circuito de CEC e um volume igual de fluido é removido via coluna de ultrafiltração. Este processo permite que pequenas moléculas sejam removidas do sangue, enquanto células e grandes proteínas permanecem na circulação. A Z-BUF foi desenvolvida para reduzir mediadores inflamatórios associados à CEC, embora atualmente auxilie na correção de anormalidades eletrolíticas que ocorrem durante a cirurgia. O trabalho elucida os benefícios da Z-BUF utilizada em pacientes submetidos à cirurgia cardíaca. Observa-se que a Z-BUF ajuda na redução de fatores inflamatórios, atenua a perda sanguínea no pós-operatório e, concomitantemente, diminui o tempo de ventilação mecânica e de permanência na UTI, além de manter um equilíbrio eletrolítico mais adequado e fisiológico para o organismo.

PALAVRAS-CHAVE: Circulação extracorpórea. Cirurgia cardíaca. Ultrafiltração com balanço zero (Z-BUF). Mediadores inflamatórios.

ABSTRACT

Cardiopulmonary bypass (CPB) is the temporary replacement of the heart and lungs by a machine during some surgical procedures. The use of crystalloid solutions to fill and remove air from the CPB circuit leads to hemodilution of the patient, generating complications such as reduced hemoglobin levels and reduced oxygen transport and supply, requiring the use of ultrafiltration techniques. Ultrafiltration reduces edema formation and the need for blood transfusions, in addition to controlling the systemic inflammatory reaction by removing pro-inflammatory agents. In zero balance ultrafiltration (Z-BUF), a solution is infused into the CEC circuit and an equal volume of fluid is removed via the ultrafiltration column. This process allows small molecules to be removed from the blood, while cells and large proteins remain in the circulation. Z-BUF was developed to reduce inflammatory mediators associated with CPB, although it currently helps correct electrolytic abnormalities that occur during CPB surgery. The study elucidates the benefits of Z-BUF used in CPB in patients undergoing cardiac surgery. It is observed that Z-BUF brings numerous benefits to the patient undergoing CPB during cardiac surgery, including reduction of inflammatory factors, postoperative blood loss, intubation time and ICU stay, in addition to maintaining a most adequate and physiological electrolytic balance for the body. Therefore, it is concluded that Z-BUF is able to provide

¹ Instituto Dante Pazzanese de Cardiologia. Mestre e Doutora em Ginecologia, Obstetrícia e Mastologia pela Faculdade de Medicina de Botucatu (UNESP).

² Instituto Dante Pazzanese de Cardiologia. Faculdade de Ciências Médicas da Santa Casa de São Paulo.



RECISATEC – REVISTA CIENTÍFICA SAÚDE E TECNOLOGIA ISSN 2763-8405

BENEFÍCIOS DA TÉCNICA DE ULTRAFILTRAÇÃO COM BALANÇO ZERO (Z-BUF) DURANTE A CIRCULAÇÃO EXTRACORPÓREA EM PACIENTES SUBMETIDOS À CIRURGIA CARDÍACA
Mariana Leticia Matias, Valdir Assis dos Reis Filho

benefits to the patient, in order to mitigate the damage caused by the use of CPB during cardiac surgery.

KEYWORDS: *Cardiopulmonary bypass, Cardiac surgery, Zero Balance Ultrafiltration (Z-BUF), Inflammatory mediators.*

RESUMEN

La circulación extracorpórea (CEC) consiste en la sustitución temporal del corazón y los pulmones por una máquina durante algunas intervenciones quirúrgicas. El uso de soluciones cristaloides para llenar y eliminar el aire del circuito de CEC provoca la hemodilución del paciente, generando complicaciones como la reducción de los niveles de hemoglobina y la disminución del transporte y el suministro de oxígeno, con la necesidad de utilizar técnicas de ultrafiltración. La ultrafiltración reduce la formación de edemas y la necesidad de transfusiones de sangre, además de controlar la reacción inflamatoria sistémica al eliminar los agentes proinflamatorios. En la ultrafiltración de balance cero (Z-BUF) se infunde una solución en el circuito de CEC y se elimina un volumen igual de líquido a través de una columna de ultrafiltración. Este proceso permite eliminar las moléculas pequeñas de la sangre, mientras que las células y las proteínas grandes permanecen en la circulación. Z-BUF se desarrolló para reducir los mediadores inflamatorios asociados a la CEC, aunque actualmente ayuda a corregir las anomalías electrolíticas que se producen durante la cirugía. El trabajo aclara los beneficios de Z-BUF utilizados en pacientes sometidos a cirugía cardíaca. Se observa que Z-BUF ayuda a reducir los factores inflamatorios, atenúa la pérdida de sangre postoperatoria y reduce concomitantemente el tiempo de ventilación mecánica y la estancia en la UCI, además de mantener un equilibrio electrolítico más adecuado y fisiológico para el organismo.

PALABRAS CLAVE: *Bypass cardiopulmonar. Cirugía cardíaca. Ultrafiltración con balance cero (Z-BUF). Mediadores inflamatorios.*

INTRODUÇÃO

A circulação extracorpórea (CEC) é um procedimento que consiste na substituição temporária do coração e dos pulmões por meio de uma máquina que exerce, de forma provisória, a função cardiopulmonar durante alguns procedimentos cirúrgicos (ABCMED, 2018). Por meio da CEC, é possível manter a integridade da estrutura celular e a função metabólica dos órgãos do paciente durante a cirurgia (SOUZA & ELIAS, 2006). A CEC, no entanto, pode estar associada ao desenvolvimento de distúrbios metabólicos, incluindo acidose metabólica (bicarbonato sérico < 22 mEq/L) e hipercalemia (potássio sérico > 5,1 mEq/L). Essas alterações ocorrem secundariamente à acidose láctica, hipoperfusão tecidual, hemodiluição e alterações na concentração de íons fortes (ALSTON *et al.*, 2004). A hipercalemia pode ocorrer devido à hemólise, insuficiência renal ou como resultado do alto teor de potássio presente na solução de cardioplegia utilizada para promover a proteção miocárdica durante o pinçamento aórtico (MARTIN *et al.*, 2013).

O uso de soluções cristaloides como soro fisiológico, ringer simples e plasma *lyte* para o preenchimento e retirada de ar do circuito de CEC pode resultar na hemodiluição do paciente. O excessivo ganho hídrico pode acarretar complicações como redução dos níveis de hemoglobina e diminuição do transporte e oferta de oxigênio, sendo assim necessária a utilização de técnicas de hemofiltração (SOUZA & BRAILE, 2004). Diversos experimentos foram realizados em torno do uso da hemofiltração durante a CEC em cirurgia cardíaca e foi constatado que seu uso é um método seguro



RECISATEC – REVISTA CIENTÍFICA SAÚDE E TECNOLOGIA ISSN 2763-8405

BENEFÍCIOS DA TÉCNICA DE ULTRAFILTRAÇÃO COM BALANÇO ZERO (Z-BUF) DURANTE A CIRCULAÇÃO EXTRACORPÓREA EM PACIENTES SUBMETIDOS À CIRURGIA CARDÍACA
Mariana Leticia Matias, Valdir Assis dos Reis Filho

e eficaz, capaz de remover excesso de água e concentrar hemácias e proteínas, sem promover efeitos adversos sobre a hemodinâmica dos pacientes e qualidade do sangue (WALPOTH *et al.*, 1994). Adicionalmente, os principais benefícios incluem filtração de mediadores inflamatórios (KIZILTEPE *et al.*, 2001), diminuição de endotoxinas circulantes (YNDGAARD *et al.*, 2000) e de hipertensão pulmonar (MARENZI *et al.*, 2001). A ultrafiltração consiste no emprego de uma membrana semipermeável responsável por permitir a passagem de água, eletrólitos e outras substâncias de baixo peso molecular através de seus poros. Células do sangue, proteínas e substâncias de alto peso molecular não atravessam os poros da membrana dos ultrafiltros e são, portanto, mantidas na circulação (BANNER *et al.*, 1994; POND, 1991).

Atualmente, a ultrafiltração é um procedimento amplamente empregado na CEC. A técnica é capaz de reduzir a quantidade de água e a possível formação de edema, diminuir a necessidade de transfusões sanguíneas, além de possuir um papel coadjuvante de grande importância na perfusão de neonatos e pequenos lactentes. Diversos autores estudam o papel da ultrafiltração na prevenção e no controle da reação inflamatória sistêmica do organismo mediante a remoção de cininas e outros agentes pró-inflamatórios, com a finalidade de diminuir a intensidade da disfunção pulmonar e de outros órgãos nobres, como o cérebro, coração, rins e fígado (SOUZA & ELIAS, 2006).

Existem três tipos de ultrafiltração que habitualmente são utilizadas nos dias atuais: ultrafiltração convencional (CUF), ultrafiltração modificada (MUF) e ultrafiltração com balanço zero (Z-BUF). A CUF é o tipo de ultrafiltração processada ao longo da CEC, mais frequentemente durante a fase de reaquecimento do paciente, sendo que a retirada de líquido é dependente do volume existente no reservatório venoso. A CUF tem como finalidade ajustar o balanço entre a administração de líquidos e a sua eliminação (SOUZA & ELIAS, 2006). A MUF, por sua vez, é realizada após a saída de CEC e tem o seu benefício bem documentado em pacientes pediátricos com melhora da função pulmonar, hemodinâmica, menor necessidade de transfusões e menor sangramento no pós-operatório (ALLEN *et al.*, 2009; BRANCACCIO *et al.*, 2005; BOODHWANI *et al.*, 2006; MALUF *et al.*, 1999; CASTRO *et al.*, 2006). Na MUF o sangue é aspirado diretamente da aorta e então direcionado ao hemoconcentrador onde é ultrafiltrado, e em seguida, devolvido ao paciente pela linha venosa.

A ultrafiltração com balanço zero (Z-BUF) é o termo utilizado para o processo no qual uma solução (fluido de reposição) é infundida no circuito de CEC e um volume igual de fluido é removido via uma coluna de ultrafiltração. Este processo permite que pequenas moléculas sejam removidas do sangue, enquanto células e a maioria das proteínas permaneçam na circulação (MULLANE *et al.*, 2019). A Z-BUF foi inicialmente desenvolvida a fim de se reduzir mediadores inflamatórios associados à CEC, embora atualmente seja comumente utilizada para auxiliar na correção de anormalidades eletrolíticas que possam ocorrer durante a cirurgia com CEC (ZHU *et al.*, 2012).

OBJETIVO

Esta revisão narrativa tem por finalidade elucidar os possíveis benefícios da técnica de Z-BUF durante a CEC em pacientes adultos e pediátricos submetidos à cirurgia cardíaca.



RECISATEC – REVISTA CIENTÍFICA SAÚDE E TECNOLOGIA ISSN 2763-8405

BENEFÍCIOS DA TÉCNICA DE ULTRAFILTRAÇÃO COM BALANÇO ZERO (Z-BUF) DURANTE A CIRCULAÇÃO EXTRACORPÓREA EM PACIENTES SUBMETIDOS À CIRURGIA CARDÍACA
Mariana Leticia Matias, Valdir Assis dos Reis Filho

Z-BUF E MEDIADORES INFLAMATÓRIOS

A CEC é um procedimento que pode ocasionar o aumento de diversos mediadores inflamatórios. Sendo assim, vários estudos são realizados a fim de observar o papel da técnica da Z-BUF em relação a concentração dos fatores que causam inflamação.

A Z-BUF ocasiona redução consistente de citocinas inflamatórias e promove a melhora da função pulmonar (BIERER *et al.*, 2019). Estudos mostram que a Z-BUF é capaz de remover quantidades significativas de Interleucina 6 (IL-6), IL-8, Fator de Necrose Tumoral alfa (TNF- α) e C3a. Sendo assim, observa-se que a Z-BUF é mais eficaz, em relação a outras técnicas de ultrafiltração, na remoção desses mediadores inflamatórios e na redução da gravidade da lesão pulmonar aguda associada à CEC (KEENAN *et al.*, 2000; SAATVEDT *et al.*, 1996; LIU *et al.*, 2007; CHEW, 2004).

Também é observado que o uso de Z-BUF, associada à MUF (Z-BUF/MUF) parece estar correlacionado com a melhora da função pulmonar pela remoção de citocinas inflamatórias e de endotelina-1 (ET1), um polipeptídeo com propriedades vasoconstritoras pulmonares, o qual está bem documentado em diversos distúrbios envolvendo hipertensão pulmonar (HIRAMATSU *et al.*, 2002; BANDO *et al.*, 1998). Estudos demonstraram que os níveis de ET1 são significativamente reduzidos em mais de 50% com o uso de Z-BUF associada à MUF e está correlacionado com a diminuição da pressão pulmonar em relação à pressão sistêmica no período pós-operatório (BANDO *et al.*, 1998). De forma semelhante, Hiramatsu e colaboradores demonstraram que Z-BUF/MUF pode reduzir os níveis de ET1, que se correlacionaram com uma redução considerável da resistência vascular pulmonar (RVP), que novamente se manteve no pós-operatório (HIRAMATSU *et al.*, 2002).

A técnica de ultrafiltração com balanço zero parece ser eficaz na redução dos níveis plasmáticos de diversos fatores inflamatórios que se apresentam aumentados durante o procedimento cirúrgico com CEC. Com isso, é importante ressaltar que a maioria dos ultrafiltros utilizados atualmente têm limites de tamanho em torno de 60 a 65 kDa (WALPOTH *et al.*, 1994; KIZILTEPE *et al.*, 2001; YNDGAARD *et al.*, 2000). Sendo que TNF- α , em sua forma solúvel, é de 17 kDa, e sua forma trimérica é 51 kDa, IL-1 é 17 kDa e IL-8 e C3a é 10 kDa, demonstra-se que o ultrafiltro pode reduzir os níveis sérios dessas citocinas controlando, assim, a resposta inflamatória induzida pela CEC (PALLADINO *et al.*, 2003; WATANABE & KOBAYASHI, 1994; BRAT *et al.*, 2005; ZHOU, 2012).

Z-BUF E OS TIPOS DE SOLUÇÕES DE REPOSIÇÃO

A Z-BUF geralmente é realizada com soluções de cloreto de sódio (NaCl), porém Mullane e colaboradores propuseram o uso de soluções de dialisato, que contêm bicarbonato, as quais oferecem um equilíbrio eletrolítico relativamente fisiológico quando comparado ao soro. Níveis séricos de sódio e cloreto, além dos valores de pH e PaCO₂ foram similares em ambos os grupos (MULLANE *et al.*, 2019).



RECISATEC – REVISTA CIENTÍFICA SAÚDE E TECNOLOGIA ISSN 2763-8405

BENEFÍCIOS DA TÉCNICA DE ULTRAFILTRAÇÃO COM BALANÇO ZERO (Z-BUF) DURANTE A CIRCULAÇÃO EXTRACORPÓREA EM PACIENTES SUBMETIDOS À CIRURGIA CARDÍACA
Mariana Leticia Matias, Valdir Assis dos Reis Filho

Z-BUF com solução de NaCl é eficaz na redução do potássio, porém muitas vezes induz acidose metabólica devido à alta remoção de bicarbonato no ultrafiltrado. Sendo assim, Z-BUF é altamente eficaz no tratamento de hipercalemia e acidose quando em combinação com bicarbonato de sódio a 8,4% (MULLANE *et al.*, 2019).

Z-BUF E FUNÇÃO RENAL

Fatores relacionados ao procedimento da CEC como resposta inflamatória sistêmica, anemia, baixa oferta de oxigênio, coagulopatia após exposição à superfície do circuito, hemodiluição e fluxo normalmente não pulsátil, podem levar à vasoconstrição renal e comprometimento da oxigenação (KANDIL *et al.*, 2021).

Existem inúmeros trabalhos que estudam possíveis correlações entre a CEC e o desenvolvimento de insuficiência renal aguda (IRA) no pós-operatório. A IRA associada à CEC ocorre em 18,2% dos pacientes adultos e está relacionada a um duplo aumento da mortalidade precoce (PICKERING *et al.*, 2015). Todas as técnicas de ultrafiltração compartilham objetivos comuns: concentração sanguínea, filtração e equilíbrio na concentração plasmática de eletrólitos como, por exemplo, evitar a sobrecarga de potássio. Esses fatores, em conjunto, são responsáveis por proteger o rim e evitar a transfusão de sangue homólogo (WALPOTH & VON ALBERTINI, 1984; LONG *et al.*, 2015).

Outro ponto importante a ser considerado é a quantidade e o tipo de solução de prime usada na CEC. Solução salina isotônica pode causar vasoconstrição renal e piora da função renal, enquanto soluções cristaloides equilibradas são as melhores escolhas devido suas habilidades em atingir concentrações fisiológicas de eletrólitos e reduzir complicações (KANDIL *et al.*, 2021). Com relação à quantidade de solução de prime, uma redução em seu volume pode ser traduzida em menos transfusões, já que a adição de sangue homólogo aumenta o risco de IRA (LONG *et al.*, 2015).

Kandil e colaboradores realizaram uma metanálise onde foi observado que a ultrafiltração não está associada ao aumento da incidência de IRA e pode ser usada com segurança mesmo em pacientes com lesão renal crônica de base. Vale ressaltar que foram investigadas as várias técnicas de ultrafiltração, incluindo ultrafiltração convencional (CUF), ultrafiltração modificada (MUF), ultrafiltração com balanço zero (Z-BUF) e CUF e MUF utilizados em combinação (KANDIL *et al.*, 2021). Além disso, outro estudo mostrou que os níveis séricos de creatinina também diminuíram no grupo em que a ultrafiltração foi utilizada (COSKUN *et al.*, 2013).

Z-BUF E FUNÇÃO RESPIRATÓRIA

Durante a CEC, a liberação de TNF- α , IL-1, IL-2 e IL-6 leva a um aumento do nível de procalcitonina, a qual é um moderador inflamatório recentemente detectado e que parece ser um parâmetro diagnóstico sensível para disfunção pulmonar secundária à CEC (SONG *et al.*, 2007).



RECISATEC – REVISTA CIENTÍFICA SAÚDE E TECNOLOGIA ISSN 2763-8405

BENEFÍCIOS DA TÉCNICA DE ULTRAFILTRAÇÃO COM BALANÇO ZERO (Z-BUF) DURANTE A CIRCULAÇÃO EXTRACORPÓREA EM PACIENTES SUBMETIDOS À CIRURGIA CARDÍACA
Mariana Leticia Matias, Valdir Assis dos Reis Filho

A preparação do prime utilizando concentrado de hemácias armazenadas por longos períodos tende a gerar resposta inflamatória e pode contribuir para a disfunção miocárdica e pulmonar pós-CEC (KARAMLOU *et al.*, 2005). A Z-BUF aplicada no sangue que compõe o prime é capaz de lavar os fatores inflamatórios presentes no sangue armazenado (ZHAO *et al.*, 2005). No estudo realizado, o nível de procalcitonina foi significativamente menor no grupo em que foi utilizada a técnica de Z-BUF no prime sanguíneo nas 24 horas após a cirurgia, o que pode ter sido resultado da depuração dos fatores inflamatórios (DEHAKI *et al.*, 2018). Além disso, também foi observado um menor período de intubação nos pacientes desse grupo (DEHAKI *et al.*, 2018). Esses resultados sugerem que a Z-BUF traz efeitos clínicos benéficos, como melhora da função respiratória e atenuação dos níveis de procalcitonina (DEHAKI *et al.*, 2018). A melhora clínica da função respiratória, segundo a literatura existente, pode ser atribuída à redução da concentração de procalcitonina (SONG *et al.*, 2007).

Z-BUF EM CIRURGIA CARDÍACA PEDIÁTRICA

Sabe-se que é inevitável o uso de sangue homólogo no prime do circuito de CEC em neonatos, pois dessa forma é possível evitar a hemodiluição excessiva e preservar uma adequada oferta de oxigênio. No entanto, glóbulos vermelhos tendem a se deteriorar com o armazenamento a longo prazo devido à sua composição não fisiológica e osmolalidade, sugerindo que a carga metabólica e a osmolalidade estejam diminuídas antes mesmo do início da CEC (GHOLAMPOUR *et al.*, 2019; STRIKER *et al.*, 2012).

Transfusões de grandes quantidades de hemácias podem resultar em complicações devido a hipercalemia, hipernatremia, hiperglicemia, toxicidade por citrato e acidose e, até mesmo acarretar acidente vascular cerebral, insuficiência renal e parada cardíaca (GARG *et al.*, 2017).

A Z-BUF diminui a concentração de mediadores inflamatórios e normaliza a concentração de eletrólitos, reduzindo de maneira efetiva os efeitos colaterais ocasionados pela CEC (GHOLAMPOUR *et al.*, 2019).

Foi observado que a osmolalidade e os níveis de potássio, sódio, glicose, cloreto e lactato no sangue do prime foram significativamente diminuídos após a técnica de Z-BUF. Também houve redução na perda de sangue pós-operatória, transfusão sanguínea pós-operatória, tempo de intubação, tempo de permanência na UTI e níveis de lactato, sódio e nitrogênio ureico no sangue em 24 horas de pós-operatório (STRIKER *et al.*, 2012).

Corroborando os dados encontrados, Zhou e colaboradores reportaram que níveis de glicose, lactato e TNF- α no sangue do prime foram significativamente menores no grupo onde foi utilizada Z-BUF em relação ao grupo controle (ZHOU *et al.*, 2013). Adicionalmente, Ugaki e colaboradores mostraram que o emprego de Z-BUF no sangue do prime levou a queda dos níveis de potássio, lactato, serotonina e IL-8 (UGAKI *et al.*, 2009).

Pequenas quantidades residuais de ácidos fracos, como o lactato, podem ser facilmente metabolizadas pelo fígado. No entanto, transfusões maciças administradas rapidamente no início da



RECISATEC – REVISTA CIENTÍFICA SAÚDE E TECNOLOGIA ISSN 2763-8405

BENEFÍCIOS DA TÉCNICA DE ULTRAFILTRAÇÃO COM BALANÇO ZERO (Z-BUF) DURANTE A CIRCULAÇÃO EXTRACORPÓREA EM PACIENTES SUBMETIDOS À CIRURGIA CARDÍACA
Mariana Leticia Matias, Valdir Assis dos Reis Filho

CEC podem sobrecarregar a capacidade do fígado. Além disso, hipotermia e funções hepáticas deprimidas podem aumentar a toxicidade do citrato (GARG *et al.*, 2017; KEIDAN *et al.*, 2004). Nesse estudo, foi demonstrado que a Z-BUF do sangue homólogo do prime foi responsável por diminuir o nível de lactato sérico, bem como também se apresentou reduzido no momento da admissão na UTI (GHOLAMPOUR *et al.*, 2020).

Outro ponto importante observado foi a diminuição dos altos níveis de glicose no sangue do prime, uma vez que a hiperglicemia, em associação com a hiperlactatemia, pode causar sérias desordens neurológicas (GARG *et al.*, 2017).

Devido à alta relação entre o volume do sangue no prime e volemia do paciente, a osmolalidade do prime pode afetar questões clínicas associadas à CEC. Osmolalidade que excede 320 mOsm/kg causa danos à barreira sangue-cérebro e necessita de tratamento imediato. Osmolalidade acima de 350 mOsm/kg resulta em grave comprometimento neurológico (BENTSEN *et al.*, 2008). Poullis e colaboradores investigaram a associação entre o uso de prime hipertônico na CEC e dano endotelial e relataram que a solução hipertônica danifica, significativamente, as células do endotélio vascular (POULLIS *et al.*, 2008). Foi demonstrado que a osmolalidade pós-intervenção com Z-BUF do sangue do prime atingiu o nível fisiológico de 290 mOsm/kg (279-300 mOsm/kg), enquanto a osmolalidade do sangue do prime foi de 319 mOsm/kg (315- 335 mOsm/kg) no grupo controle. Esse achado pode ser atribuído à redução da concentração de fatores importantes como sódio e glicose (GHOLAMPOUR *et al.*, 2020).

É evidente o importante papel que o uso da Z-BUF no sangue do prime proporciona para se obter melhores resultados clínicos intra e pós-operatórios. No entanto, vale destacar a Z-BUF realizada durante a CEC em pacientes pediátricos também traz inúmeros benefícios, como redução consistente nas citocinas inflamatórias e melhora da complacência pulmonar. A Z-BUF parece ter os recursos necessários para diminuir a resposta inflamatória e prevenir lesão pulmonar aguda (BIERER *et al.*, 2019).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo dessa revisão narrativa pode-se observar que a técnica de Z-BUF traz inúmeros benefícios para o paciente submetido à CEC durante a cirurgia cardíaca, incluindo redução de fatores inflamatórios, atenua a perda sanguínea no pós-operatório, e concomitantemente diminui o tempo de ventilação mecânica e de permanência na UTI, além de manter um equilíbrio eletrolítico mais adequado e fisiológico para o organismo.

Com base nas informações apresentadas, conclui-se que a Z-BUF é capaz de proporcionar benefícios ao paciente, a fim de amenizar os danos causados pelo uso da CEC durante a cirurgia cardíaca.



RECISATEC – REVISTA CIENTÍFICA SAÚDE E TECNOLOGIA ISSN 2763-8405

BENEFÍCIOS DA TÉCNICA DE ULTRAFILTRAÇÃO COM BALANÇO ZERO (Z-BUF) DURANTE A CIRCULAÇÃO EXTRACORPÓREA EM PACIENTES SUBMETIDOS À CIRURGIA CARDÍACA
Mariana Leticia Matias, Valdir Assis dos Reis Filho

REFERÊNCIAS

- ABC MED. Circulação extracorpórea – entendendo como ela funciona e quando deve ser usada. Disponível em: <https://www.abc.med.br/p/exames-e-procedimentos/1330903/circulacao-extracorporea-entendendo-como-ela-funciona-e-quando-deve-ser-usada.htm>, 2018. Acesso em: 17 jul. 2022.
- ALLEN M, SUNDARARAJAN S, PATHAN N, BURMESTER M, MACRAE D. Anti-inflammatory modalities: their current use in pediatric cardiac surgery in the United Kingdom and Ireland. *Pediatr. Crit. Care. Med.*, v. 10, n. 3, p. 341-45, 2009.
- ALSTON RP, CORMACK L, COLLINSON C. Metabolic acidosis developing during cardiopulmonary bypass is related to a decrease in strong ion difference. *Perfusion.*, v. 19, n. 3, p. 145-52, 2004.
- BANDO K, VIJAY P, TURRENTINE MW, SHARP TG, MEANS LJ, ENSING GJ, et al. Dilutional and modified ultrafiltration reduces pulmonary hypertension after operations for congenital heart disease: a prospective randomized study. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, v. 11, n. 3, p. 517-27, 1998.
- BANNER W. JR., TIMMONS O D, VERMOND D D. Advances in the critical care of poisoned paediatric patients. *Drug. Saf.*, v. 10, n. 1, p. 83-92, 1994.
- BENTSEN G, STUBHAUG A, EIDE PK. Differential effects of osmotherapy on static and pulsatile intracranial pressure. *Crit. Care. Med.*, v. 36, n. 8, p. 2414-9, 2008.
- BIERER J, STANZEL R, HENDERSON M, SETT S, HORNE D. Ultrafiltration in Pediatric Cardiac Surgery Review. *World. J. Pediatr. Congenit. Heart. Surg.*, v. 10, n. 6, p. 778-88, 2019.
- BOODHWANI M, WILLIAMS K, BABAEV A, GILL G, SALEEM N, RUBENS FD. Ultrafiltration reduces blood transfusions following cardiac surgery: A meta-analysis. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.*, v. 30, n. 5, p. 892-7, 2006.
- BRANCACCIO G, VILLA E, GIROLAMI E, MICHIELON G, FELTRI C, MAZZERA E, et al. Inflammatory cytokines in pediatric cardiac surgery and variable effect of the hemofiltration process. *Perfusion.*, v. 20, n. 5, p. 263-8, 2005.
- BRAT DJ, BELLAIL AC, VAN MEIR EG. The role of interleukin-8 and its receptors in gliomagenesis and tumoral angiogenesis. *Neuro. Oncol.*, v. 7, n. 2, p. 122-33, 2005.
- CASTRO RP, CROTI UA, MACHADO MN, MURILLO HG, RINCON OYP, POLICARPO SR, et al. Ultrafiltração convencional com modificação técnica no tratamento cirúrgico dos defeitos cardíacos congênitos. *Rev. Bras. Cir. Cardiovasc.*, v. 21, n. 1, p. 42-9, 2006.
- CHEW MS. Does modified ultrafiltration reduce the systemic inflammatory response to cardiac surgery with cardiopulmonary bypass? *Perfusion.*, v. 19, supl. 1, p. 57-60, 2004.
- COSKUN I, ÇÖLKESEN Y, DEMİRTÜRK OS, TÜNEL HA, GÜLCAN Ö, TÜRKÖZ R. The effects of perioperative ultrafiltration on postoperative outcomes in dialysis-dependent patients undergoing open heart surgery. *Turk. J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, v. 21, n. 3, p. 603-609, 2013.
- DEHAKI MG, NIKNAM S, AZARFARIN R, BAKHSHANDEH H, MAHDAVI M. Zero-Balance Ultrafiltration of Priming Blood Attenuates Procalcitonin and Improves the Respiratory Function in Infants After Cardiopulmonary Bypass: A Randomized Controlled Trial. *Artif. Organs.*, v. 0, p. 1-6, 2018.



RECISATEC – REVISTA CIENTÍFICA SAÚDE E TECNOLOGIA ISSN 2763-8405

BENEFÍCIOS DA TÉCNICA DE ULTRAFILTRAÇÃO COM BALANÇO ZERO (Z-BUF) DURANTE A CIRCULAÇÃO EXTRACORPÓREA EM PACIENTES SUBMETIDOS À CIRURGIA CARDÍACA
Mariana Leticia Matias, Valdir Assis dos Reis Filho

GARG P, BISHNOI AK, PATEL K, WADHAWA V, SURTI J, SOLANKI A, et al. Hemodiafiltration-A Technique for Physiological Correction of Priming Solution in Pediatric Cardiac Surgery: An In Vitro Study. *Artif. Organs.*, v. 41, n. 8, p. 773-8, 2017.

GHOLAMPOUR DEHAKI M, NIKNAM S, AZARFARIN R, BAKHSHANDEH H, MAHDAVI M. Zero-Balance Ultrafiltration of Priming Blood Attenuates Procalcitonin and Improves the Respiratory Function in Infants After Cardiopulmonary Bypass: A Randomized Controlled Trial. *Artif. Organs.*, v. 43, n. 2, p. 167-72, 2019.

GHOLAMPOUR DEHAKI M, NIKNAM S, BAKHSHANDEH H, AZARFARIN R. Zero-balance ultrafiltration of the priming blood modifies the priming components and improves the clinical outcome in infants undergoing cardiopulmonary bypass: A randomized controlled trial. *Artif. Organs.*, v. 44, n. 3, p. 288-95, 2020.

HIRAMATSU T, IMAI Y, KUROSAWA H, TAKANASHI Y, AOKI M, SHINOKA T, et al. Effects of dilutional and modified ultrafiltration in plasma endothelin-1 and pulmonary vascular resistance after the Fontan procedure. *Ann. Thorac. Surg.*, v. 73, n. 3, p. 861-5, 2002.

KANDIL OA, MOTAWEA KR, DARLING E, RILEY JB, SHAH J, ELASHHAT MAM, et al. Ultrafiltration and cardiopulmonary bypass associated acute kidney injury: A systematic review and meta-analysis. *Clin. Cardiol.*, v. 44, n. 12, p. 1700-1708, 2021.

KARAMLOU T, SCHULTZ JM, SILLIMAN C, SANDQUIST C, YOU J, SHEN I, et al. Using a miniaturized circuit and an asanguineous prime to reduce neutrophil-mediated organ dysfunction following infant cardiopulmonary bypass. *Ann. Thorac. Surg.*, v. 80, n. 1, p. 6-14, 2005.

KEENAN HT, THIAGARAJAN R, STEPHENS KE, WILLIAMS G, RAMAMOORTHY C, LUPINETTI FM. Pulmonary function after modified venovenous ultrafiltration in infants: a prospective, randomized trial. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, v. 119, n. 3, p. 501-507, 2000.

KEIDAN I, AMIR G, MANDEL M, MISHALI D. The metabolic effects of fresh versus old stored blood in the priming of cardiopulmonary bypass solution for pediatric patients. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, v. 127, n. 4, p. 949-52, 2004.

KIZILTEPE U, UYSALEL A, CORAPCIOGLU T, DALVA K, AKAN H, AKALIN H. Effects of combined conventional and modified ultrafiltration in adult patients. *Ann. Thorac. Surg.*, v. 71, n. 2, p. 684-93, 2001.

LIU J, JI B, LONG C, LI C, FENG Z. Comparative effectiveness of methylprednisolone and zero-balance ultrafiltration on inflammatory response after pediatric cardiopulmonary bypass. *Artif. Organs.*, v. 31, n. 7, p. 571-575, 2007.

LONG DM, JENKINS E, GRIFFITH K. Perfusionist techniques of reducing acute kidney injury following cardiopulmonary bypass: an evidence-based review. *Perfusion.*, v. 30, n. 1, p. 25-32, 2015.

MALUF MA, MANGIA C, BERTUCCEZ J, SILVA C, CATANI R, CARVALHO W, et al. Estudo comparativo da ultrafiltração convencional e associação de ultrafiltração convencional e modificada na correção de cardiopatias congênitas com alto risco cirúrgico. *Rev. Bras. Cir. Cardiovasc.*, v. 14, n. 3, p. 221-36, 1999.

MARENZI G, LAURI G, GRAZI M, ASSANELLI E, CAMPODONICO J, AGOSTONI P. Circulatory response to fluid overload removal by extracorporeal ultrafiltration in refractory congestive heart failure. *J. Am. Coll. Cardiol.*, v. 38, n. 4, p. 963-8, 2001.



RECISATEC – REVISTA CIENTÍFICA SAÚDE E TECNOLOGIA

ISSN 2763-8405

BENEFÍCIOS DA TÉCNICA DE ULTRAFILTRAÇÃO COM BALANÇO ZERO (Z-BUF) DURANTE A CIRCULAÇÃO EXTRACORPÓREA EM PACIENTES SUBMETIDOS À CIRURGIA CARDÍACA
Mariana Leticia Matias, Valdir Assis dos Reis Filho

MARTIN DP, GOMEZ D, TOBIAS JD, SCHECHTER W, CUSI C, MICHLER R. Severe hyperkalemia during cardiopulmonary bypass: etiology and effective therapy. *World. J. Pediatr. Congenit. Heart. Surg.*, v. 4, n. 2, p. 197-200, 2013.

MULLANE R, FRISTOE L, MARKIN NW, BRAKKE TR, MERRITT-GENORE HM, SIDDIQUE A, et al. Zero balance ultrafiltration using dialysate during nationwide bicarbonate shortage: a retrospective analysis. *J. Cardiothorac. Surg.*, v. 14, n. 1, p. 163, 2019.

PALLADINO MA, BAHJAT FR, THEODORAKIS EA, MOLDAWER LL. Anti-TNF-alpha therapies: the next generation. *Nat. Rev. Drug. Discov.*, v. 2, n. 9, p. 736-46, 2003.

PICKERING JW, JAMES MT, PALMER SC. Acute kidney injury and prognosis after cardiopulmonary bypass: a meta-analysis of cohort studies. *Am. J. Kidney. Dis.*, v. 65, n. 2, p. 283-293, 2015.

POND SM. Extracorporeal techniques in the treatment of poisoned patients. *Med. J. Aust.*, v. 154, n. 9, p. 617-22, 1991.

POULLIS M, WARWICK R, SASTRY P, FONTAINE E. Hypertonic cardiopulmonary bypass primes and endothelial damage. *J. Extra. Corpor. Technol.*, v. 40, n. 4, p. 236-40, 2008.

SAATVEDT K, LINDBERG H, GEIRAN OR, MICHELSEN S, PEDERSEN T, SEEM E, et al. Ultrafiltration after cardiopulmonary bypass in children: effects on hemodynamics, cytokines and complement. *Cardiovasc. Res.*, v. 31, n. 4, p. 596-602, 1996.

SONG LO, YINGLONG LI, JINPING LI. Effects of zero-balanced ultrafiltration on procalcitonin and respiratory function after cardiopulmonary bypass. *Perfusion.*, v. 22, n. 5, p. 339-43, 2007.

SOUZA DD, BRAILE DM. Avaliação de nova técnica de hemoconcentração e da necessidade de transfusão de hemoderivados em pacientes submetidos à cirurgia cardíaca com circulação extracorpórea. *Rev. Bras. Cir. Cardiovasc.*, v. 19, n. 3, p. 287-294, 2004.

SOUZA MHL, ELIAS DO. Fundamentos de circulação extracorpórea. 2. ed. Rio de Janeiro: Centro Editorial Alfa Rio, 2006.

STRIKER CW, WOLDORF S, HOLT D. Modification of sodium, glucose, potassium, and osmolarity in packed red blood cells and fresh frozen plasma using a desktop hemoconcentrator setup. *J. Extra. Corpor. Technol.*, v. 44, n. 2, p. 60-5, 2012.

UGAKI S, HONJO O, KOTANI Y, NAKAKURA M, DOUGUCHI T, OSHIMA Y, et al. Ultrafiltration of priming blood before cardiopulmonary bypass attenuates inflammatory response and maintains cardiopulmonary function in neonatal piglets. *ASAIO. J.*, v. 55, n. 3, p. 291-5, 2009.

WALPOTH BH, AMPORT T, SCHMID R, KIPFER B, LANZ M, SPAETH P, et al. Hemofiltration during cardiopulmonary bypass: quality assessment of hemoconcentrated blood. *Thorac. Cardiovasc. Surg.*, v. 42, n. 3, p. 162-9, 1994.

WALPOTH BH, VON ALBERTINI B. Ultrafiltration in cardiac surgery. *Journal of Extra-Corporeal Technology.*, v. 16, n. 2, p. 68-72, 1984.

WATANABE N, KOBAYASHI Y. Selective release of a processed form of interleukin 1 alpha. *Cytokine.*, v. 6, n. 6, p. 597-601, 1994.

YNDGAARD S, ANDERSEN LW, ANDERSEN C, PETTERSON G, BAEK L. The effect of modified ultrafiltration on the amount of circulating endotoxins in children undergoing cardiopulmonary bypass. *J. Cardiothorac. Vasc. Anesth.*, v. 14, n. 4, p. 399-401, 2000.



RECISATEC – REVISTA CIENTÍFICA SAÚDE E TECNOLOGIA ISSN 2763-8405

BENEFÍCIOS DA TÉCNICA DE ULTRAFILTRAÇÃO COM BALANÇO ZERO (Z-BUF) DURANTE A CIRCULAÇÃO EXTRACORPÓREA EM PACIENTES SUBMETIDOS À CIRURGIA CARDÍACA
Mariana Leticia Matias, Valdir Assis dos Reis Filho

ZHAO J, LONG C, FENG ZY, YANG JG, LIANG FL. Effects on inflammatory responses of zero-balanced ultrafiltration of stored blood priming solution in infants cardiopulmonary bypass. *Chin. J. Clin.Thorac. Cardiovasc. Surg.*, v. 12, p. 396-398, 2005.

ZHOU G, FENG Z, XIONG H, DUAN W, JIN Z. A combined ultrafiltration strategy during pediatric cardiac surgery: a prospective, randomized, controlled study with clinical outcomes. *J. Cardiothorac. Vasc. Anesth.*, v. 27, n. 5, p. 897-902, 2013.

ZHOU W. The new face of anaphylatoxins in immune regulation. *Immunobiology.*, v. 217, n. 2, p. 225-34, 2012.

ZHU X, JI B, WANG G, LIU J, LONG C. The effects of zero-balance ultrafiltration on postoperative recovery after cardiopulmonary bypass: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Perfusion.*, v. 27, n. 5, p. 386-92, 2012.