

ENSAIO CLÍNICO

Mudanças na pressão intraocular durante a cirurgia de revascularização do miocárdio: um estudo observacional

Gokhan Erol^a, Suat Doganci^a, Naim Boran Tumer^{b,*}, Atike Tekeli Kunt^b, Vedat Yildirim^c

^a SBU Gulhane School of Medicine Department of Cardiovascular Surgery, Ankara, Turkey

^b SBU Ankara City Hospital Department of Cardiovascular Surgery, Ankara, Turkey

^c SBU Gulhane School of Medicine Department of Anesthesiology and Reanimation, Ankara, Turkey

Recebido em 9 de janeiro de 2019; aceito em 2 de janeiro de 2021

PALAVRAS-CHAVE:

Pressão intraocular;
Cirurgia de enxerto
de bypass da artéria
coronária;
Circulação extracorpórea
pulsátil;
Circulação extracorpórea
não pulsátil;
Cirurgia cardíaca sem
CEC

RESUMO:

Introdução: Neste estudo, os efeitos da cirurgia de revascularização do miocárdio (CRM) pulsátil e não pulsátil com CEC e de técnicas de revascularização do miocárdio sem CEC sobre a pressão intraocular foram investigados.

Métodos: Quarenta e cinco pacientes que planejaram cirurgia de revascularização do miocárdio eletiva com bomba pulsátil (n = 15), não pulsátil (n = 15) ou sem CEC (n = 15) foram incluídos. As medições da pressão intraocular (PIO) foram realizadas em ambos os olhos em nove momentos: 1) Antes da operação, 2) Após a indução da anestesia, 3) 3 minutos após a administração de heparina, colheita da Artéria Mamária Interna Esquerda (AMIE), 4) Fim da primeira anastomose, 5) Fim da anastomose LIMA, 6) 3 minutos após a administração de protamina, 7) Fim da operação, e 8) Segunda hora em Unidade de Terapia Intensiva (UTI), 9) Quinta hora na UTI. A pressão arterial média (PAM) e a pressão venosa central (PVC) também foram registradas nos mesmos pontos de tempo da PIO.

Resultados: Nos grupos de circulação extracorpórea (CEC) (CEC pulsátil ou não pulsátil) com início da CEC, ocorreram diminuições significativas nos valores de PIO em relação ao valor basal (p = 0,012). Essa diminuição foi mais proeminente no grupo não pulsátil quando comparado ao grupo pulsátil (valores de PIO de T4: pulsátil, 9,7 ± 2,6; não pulsátil, 6,8 ± 1,9; p = 0,002; Valores de PIO T5: pulsátil, 9,5 ± 1,9; não pulsátil, 6,7 ± 2,1; p = 0,004). No final da cirurgia (T7), os valores de PIO voltaram aos valores basais e permaneceram estáveis nos demais momentos. No grupo sem CEC, os valores de PIO aumentaram significativamente com a posição de cabeça para baixo (valores de PIO de T4: cirurgia sem CEC, 19,7 ± 5,2; p = 0,015). Os valores de PIO permaneceram altos até a normalização da posição de cabeça para baixo (T6) e permaneceram estáveis pelo resto de todos os pontos de tempo restantes.

Conclusão: Durante a cirurgia cardíaca independente da técnica (CRM com CEC, CRM sem CEC), as pressões intraoculares permanecem nas faixas normais. Deve-se ter em mente que os pacientes devem ser evitados em posições de Trendelenburg longas e extremas, níveis baixos de PVC e PAM durante a cirurgia cardíaca para prevenir complicações relacionadas aos olhos.

Autor correspondente: E-mail: naimborantumer@hotmail.com
(N.B. Tumer). <https://doi.org/10.1016/j.bjane.2021.01.001>

<https://doi.org/10.1016/j.bjane.2021.01.001>

© 2021 Sociedade Brasileira de Anestesiologia. Published by Elsevier Editora Ltda. This is an open access article under the CC BY-NC-ND licence (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

Introdução

A cirurgia cardíaca e a circulação extracorpórea causam algumas alterações fisiológicas importantes nos sistemas orgânicos.¹ A perfusão extracorpórea é geralmente estabelecida pela técnica não pulsátil com CEC que fornece uma pressão sanguínea linear. A outra técnica é a perfusão pulsátil com CEC. Nesse sistema, uma bomba produz pressão sanguínea pulsátil. Há também outra opção, a técnica sem CEC, na qual a cirurgia é realizada sem parar o coração.²

O olho pode ser considerado uma esfera oca de parede árida. A pressão intraocular (PIO) ajuda a manter a forma e as propriedades ópticas do olho. A faixa normal de PIO é de 10-20 mmHg e é mantida constantemente entre esses valores. No entanto, há alguma variação diurna e sazonal. A variação da PIO pode ser afetada por vários fatores. Esses fatores podem ser locais (Intraglobais: volume do tumor aquoso, volume sanguíneo, corpos estranhos, etc. Extraglobais: bloqueios anestésicos regionais, dispositivo de compressão extraocular, tônus muscular extraocular, etc.) ou sistêmicos (pressão arterial, pressão venosa central, etc.).³

As taxas relatadas de complicações oftalmológicas pós-operatórias após cirurgia cardíaca com CEC estão entre 0,06% e 25,6%.¹ Essas são causadas principalmente por várias alterações fisiológicas que ocorrem durante a CEC, como hipoperfusão cerebral, hipotensão sistêmica, embolia arterial e hipotermia.¹ A manutenção da PIO entre o normal intervalos é importante. Embora haja um mecanismo de autorregulação para manter a PIO entre as faixas normais, durante o procedimento cirúrgico os níveis de PIO podem atingir valores excessivamente baixos ou altos. O aumento da PIO foi avaliado como um fator de risco para dano ao nervo óptico, redução da pressão de perfusão e neuropatia óptica isquêmica pode ocorrer como resultado.⁴ Baixa PIO (≤ 5 mmHg) pode ser assintomática ou pode estar associada a expansão coroidal clinicamente visível e redução de a câmara anterior. Além disso, a PIO baixa pode produzir dobras retiniais e coroidais em alguns olhos.⁵

Durante a cirurgia cardíaca, mudanças acentuadas na pressão sanguínea arterial e na pressão venosa central podem ser observadas. Essas mudanças também podem causar efeitos na PIO. Uma vez que a cirurgia cardíaca é realizada principalmente em idosos, alterações imprevistas acentuadas e prolongadas na PIO podem causar problemas significativos após a cirurgia, especialmente em pacientes com problemas oculares sem diagnóstico, como glaucoma. O estudo atual investigou os efeitos do bypass cardiopulmonar (pulsátil ou não pulsátil) versus a técnica sem CEC na PIO de pacientes submetidos à cirurgia de revascularização do miocárdio (CRM).

Métodos

O comitê de ética institucional aprovou o estudo e o consentimento informado por escrito foi obtido de todos os pacientes. Quarenta e cinco pacientes programados para serem submetidos à cirurgia de revascularização do miocárdio com CEC pulsátil (n = 15), CEC não pulsátil (n = 15)

ou cirurgia sem CEC (n = 15) foram incluídos. Pacientes com glaucoma pré-operatório, estenose de carótida e / ou artéria vertebral ou que sofreram hipotermia profunda na parada circulatória intraoperatória (<28 °C) e perfusão cerebral seletiva, e pacientes com suporte inotrópico pré-operatório e perioperatório foram excluídos.

Os medicamentos cardíacos pré-operatórios, exceto inibidores da enzima de conversão da angiotensina, antagonistas da angiotensina II e ácido acetilsalicílico, foram mantidos até a manhã da cirurgia. Todos os pacientes foram medicados com 10 mg de diazepam oral (Nervium®, Saba AS, Istanbul, Turquia) 12 horas antes da cirurgia.

Na sala de cirurgia, os pacientes foram monitorados com eletrocardiograma de 5 derivações, cateteres de artéria radial e pulmonar (Swan Ganz, Edwards Lifesciences, Irvine, Califórnia, EUA), oximetria de pulso, capnografia e monitoramento de temperatura (Philips Intellivue MP70 Patient Monitor, Koninklijke Philips NV, Eindhoven, Holanda).

A anestesia foi induzida com propofol (Propofol®; Fresenius Kabi, Bad Homburg, Alemanha), remifentanil (Ultiva®; Glaxo-Smithkline, Genval, Bélgica), midazolam (Dormicum®; Roche, Gaillard, França). O relaxamento muscular foi obtido com brometo de vecurônio (Norcuron®; Organon, Oss, Holanda). A manutenção da anestesia foi feita com remifentanil e sevoflurano com bloqueio neuromuscular. Após a intubação traqueal, ventilação mecânica em circuito semifechado foi ajustada para manter a pressão parcial da tensão expirada de dióxido de carbono entre 35 e 45 mmHg, com um volume corrente ajustado para 8-10 mL kg⁻¹ e taxa de 8-12 respirações / min. Foi administrada mistura de ar (50%) e oxigênio (50%). Os fluidos intraoperatórios em cada grupo foram administrados a critério do anestesiológico. Cardioplegia sanguínea foi usada em grupos com CEC. As soluções cardioplégicas de indução e manutenção eram frias a mornas. A proporção de sangue para cristalóide foi de 4: 1.

Técnica sem bomba

Após esternotomia mediana, os pacientes foram anticoagulados com 100-200 UI kg⁻¹ de heparina para ter um tempo de coagulação ativado (TCA) de mais de 250 segundos. Antes da anastomose, um posicionamento de Trendelenburg a 20° de cabeça para baixo foi dado para melhorar a pré-carga e aumentar o débito cardíaco. O estabilizador de tecido Octopus (Medtronic Inc., Minneapolis, MN, EUA) foi usado para imobilização durante as anastomoses distais. O coração foi posicionado com sutura de tração pericárdica profunda e realizada a revascularização.

Técnica de CEC pulsátil e não pulsátil

Antes das canulações da aorta e do átrio direito, os pacientes foram anticoagulados com 300-400 UI kg⁻¹ de heparina para ter um nível de ACT por mais de 400 segundos. Roller pump (Sarns Perfusion System 9000, Baxter Healthcare, Ann Arbor, MI, EUA) e um oxigenador de membrana (DidecoCompact Flo Evo, Sorin Group, Mirandola, Itália) foram usados. A solução primária continha solução de Rin-

ger com lactato (1000-1500 mL) para atingir um nível de hematócrito de $26\% \pm 2\%$. O fluxo da bomba foi definido em 2,2-2,4 L.m-21 para manter a pressão arterial média (PAM) entre 50-70 mmHg. As temperaturas corporais dos pacientes foram resfriadas até 30°C. Utilizada técnica de cardioplegia intermitente (repetida a cada 20 minutos) para proteção miocárdica, e adicionalmente fria (4°C), foi aplicada solução isotônica tópica na superfície do coração nos mesmos intervalos. O tempo de cross-clamp (minutos) e o tempo de CEC (minutos) foram registrados. No grupo pulsátil, a pulsação foi alcançada criando mudanças temporárias nas funções das frequências dos braços.

Medição de PIO

A PIO foi medida usando um TonoPen®XL portátil (CarltonOptical Equipment Ltd, Chesham, Reino Unido). A calibração do TonoPen foi realizada na sala de cirurgia antes de cada caso. As medições de PIO foram realizadas em ambos os olhos nos seguintes momentos: 1) Antes da operação (quando os pacientes deitaram na mesa de operação), 2) Após a indução da anestesia (no quinto minuto após a indução da anestesia), 3) 3 minutos após a administração de heparina - Coleta da Artéria Mamária Interna Esquerda (AMIE), 4) Fim da primeira anastomose, 5) Fim da anastomose da AMIE, 6) 3 minutos após a administração de protamina, 7) No final da operação, e 8) Segunda hora na UTI, 9) Quinta hora na UTI. A pressão arterial média e PVC também foram registrados nos mesmos pontos de tempo que a PIO.

Análise estatística

O teste de Shapiro-Wilk foi usado para determinar a detecção da distribuição normal e anormal dos dados. Enquanto a análise de variância (ANOVA) é usada para variáveis normalmente distribuídas, o teste de análise de variância unilateral de Kruskal-Wallis é usado para variáveis anormalmente distribuídas. A comparação das alterações dependentes do tempo foi realizada pela ANOVA de medidas repetidas para variáveis com distribuição normal e pelo teste de Friedman para variáveis com distribuição anormal. Devido às comparações intragrupo e intergrupos, a correção de Bonferroni foi realizada para cada momento. Enquanto a comparação de dois grupos dependentes foi realizada pelo teste de Wilcoxon, uma comparação das taxas em dois grupos independentes foi avaliada pelo teste do Qui-quadrado.

Resultados

Não houve diferenças significativas nas características dos pacientes, que foram resumidas na Tabela 1. A completa revascularização foi realizada e a cirurgia transcorreu sem intercorrências em todos os grupos. Nenhum dos pacientes desenvolveu infarto do miocárdio no perioperatório. A AMIE foi usada e um tubo torácico esquerdo foi inserido em todos os pacientes. Nenhuma diferença significativa foi determinada entre a quantidade de drenagem e as taxas de transfusão nos três grupos.

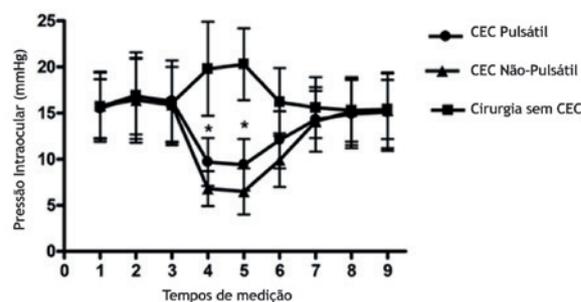


Figura 1 Diagrama mostrando as alterações da pressão intraocular nos nove pontos de tempo medidos (* $p < 0,05$). Pontos de tempo: 1: antes da operação; 2: após a indução da anestesia; 3: 3 minutos após a administração da heparina - colheita da AMIE; 4: fim da primeira anastomose; 5: fim da anastomose da AMIE; 6: 3 minutos após a administração da protamina; 7: fim da operação; 8: 2 horas de UTI; 9: 5 horas de UTI.

A comparação dos três grupos para os nove tempos medidos foi resumida na Figura 1. Nos grupos de CEC (pulsátil, não pulsátil) com início de CEC, ocorreram diminuições significativas nos valores de PIO quando comparados à linha de base ($p = 0,012$). Essas diminuições foram significativas no grupo não pulsátil quando comparado ao grupo pulsátil (valores T4 IOP: pulsátil, $9,7 \pm 2,6$; não pulsátil, $6,8 \pm 1,9$; $p = 0,002$; valores T5 IOP: pulsátil, $9,5 \pm 1,9$; não pulsátil, $6,7 \pm 2,1$; $p = 0,004$). Com a cessação da CEC, os valores de PIO começaram a retornar às medições basais. Embora tenha havido diferenças entre os grupos pulsátil e não pulsátil, ponto 6, este não foi estatisticamente diferente ($p = 0,054$).

Ao final da cirurgia (T7), os valores de PIO voltaram à linha de base e permaneceram estáveis nos demais momentos. No grupo sem CEC, os valores de PIO aumentaram significativamente com a posição de cabeça para baixo (valores de T4 PIO: cirurgia sem CEC, $19,7 \pm 5,2$; $p = 0,015$) (Figura 1). Os valores de PIO permaneceram elevados até a normalização da posição de cabeça para baixo (T6) e permaneceram estáveis pelo resto de todos os pontos de tempo restantes (valores de T6 PIO: cirurgia sem CEC, $16,6 \pm 3,4$) (Figura 1). Os valores de PVC e PAM são apresentados na Tabela 2. Em pacientes com CEC, os níveis de PVC diminuiram significativamente com a introdução da CEC. A PVC aumentou com a posição de cabeça para baixo no grupo sem CEC, mas voltou ao valor basal com normalização da posição de cabeça para baixo no final da cirurgia. As alterações na PAM também foram paralelas aos valores de PVC nos grupos de CEC pulsátil e não pulsátil. No entanto, os níveis de PAM não mudaram significativamente durante a cirurgia no grupo sem CEC.

Discussão

Em nosso estudo, objetivamos investigar os efeitos da CEC pulsátil, CEC não pulsátil e CRM sem CEC sobre a pressão intraocular. Ocorreram alterações nos níveis de PVC e PAM durante e após a cirurgia cardíaca e essas alterações podem variar de acordo com as diferentes técnicas. Afirmamos que as alterações da PVC e da PAM podem afetar a PIO em ci-

Tabela 1 Características do paciente e dados operatórios

| | CEC pulsátil (n = 15) | CEC não-pulsátil (n = 15) | Sem CEC (n = 15) | Valor-p |
|---------------------------------|--------------------------|------------------------------|---------------------|---------|
| Dados pré-operatórios | | | | |
| Sexo, M / F | 9/6 | 8/7 | 8/7 | 0,792 |
| Idade, y | 66 ± 9 | 68 ± 10 | 68 ± 11 | 0,595 |
| ASC, m ² | 1,91 ± 0,19 | 1,92 ± 0,17 | 1,89 ± 0,18 | 0,571 |
| FE,% | 47 ± 4 | 50 ± 6 | 45 ± 5 | 0,613 |
| Diabetes | 3 | 2 | 2 | 0,586 |
| DPOC | 2 | 3 | 2 | 0,314 |
| Dados intraoperatórios | | | | |
| Número médio de enxertos | 3 (3-5) | 3 (2-5) | 3 (2-3) | 0,251 |
| Tempo de anastomose, m | 60 ± 11 | 59 ± 17 | 55 ± 15 | 0,412 |
| Tempo de anestesia, m | 322 ± 61 | 341 ± 59 | 296 ± 64 | 0,549 |
| Tempo de cirurgia, m | 219 ± 58 | 237 ± 63 | 208 ± 56 | 0,548 |
| Dados pós-operatórios | | | | |
| Ventilação mecânica, h | 4,6 ± 0,7 | 4,2 ± 0,5 | 3,4 ± 0,5 | 0,297 |
| Permanência na UTI, h (mín-máx) | 18 (17-25) | 19 (17-26) | 16 (15-24) | 0,437 |
| Mortalidade em 30 dias, n | 0 | 0 | 0 | |

CEC: circulação extracorpórea; ASC: Área de superfície corporal; FE: fração de ejeção; DPOC: doença pulmonar obstrutiva crônica; UTI: unidade de terapia intensiva

Tabela 2 Mudanças na PVC, PAM em três grupos

| Tempo | PVC (mmHg) | | | PAM (mmHg) | | |
|-------|--------------------------|------------------------------|---------------------|--------------------------|------------------------------|---------------------|
| | CEC pulsátil (n = 15) | CEC não-pulsátil (n = 15) | Sem CEC (n = 15) | CEC pulsátil (n = 15) | CEC não-pulsátil (n = 15) | Sem CEC (n = 15) |
| T1 | 8,7 ± 3,1 | 8,8 ± 4,5 | 8,5 ± 3,3 | 72,4 ± 9,2 | 70,3 ± 11,6 | 73,6 ± 8,7 |
| T2 | 9,1 ± 4,3 | 8,6 ± 3,7 | 10,8 ± 4,1 | 73,9 ± 8,4 | 72,5 ± 10,3 | 72,7 ± 9,2 |
| T3 | 9,3 ± 3,2 | 10,2 ± 4,1 | 9,6 ± 4,4 | 69,3 ± 7,1 | 71,8 ± 7,7 | 75,9 ± 8,4 |
| T4 | 3,4 ± 2,5* | 3,3 ± 3,1* | 16,2 ± 3,2 | 47,4 ± 8,2* | 45,1 ± 6,4* | 69,3 ± 8,5 |
| T5 | 5,1 ± 3,2* | 4,2 ± 3,4* | 15,6 ± 3,4 | 51,5 ± 8,3* | 50,5 ± 7,3* | 68,7 ± 9,1 |
| T6 | 7,3 ± 4,4 | 6,3 ± 3,5 | 10,1 ± 4,1 | 63,7 ± 7,6 | 65,6 ± 8,2 | 72,4 ± 8,7 |
| T7 | 9,6 ± 4,0 | 9,4 ± 4,8 | 10,2 ± 4,8 | 70,2 ± 10,1 | 69,5 ± 11,4 | 70,1 ± 7,5 |
| T8 | 8,8 ± 3,5 | 8,6 ± 3,5 | 9,6 ± 3,7 | 71,7 ± 8,3 | 70,8 ± 7,1 | 71,6 ± 8,8 |
| T9 | 9,2 ± 4,6 | 9,4 ± 3,7 | 10,3 ± 3,4 | 70,6 ± 9,1 | 71,9 ± 9,8 | 69,3 ± 7,4 |

Pontos de tempo: T1: antes da operação; T2: após a indução da anestesia; T3: 3 minutos após a administração da heparina - colheita do LIMA; T4: fim da primeira anastomose; T5: fim da anastomose LIMA; T6: 3 minutos após a administração da protamina; T7: fim da operação; T8: 2 horas de UTI; T9: 5 horas de UTI.

urgia cardíaca. A pressão intraocular normal (PIO) é de aproximadamente 10 a 20 mmHg. O principal determinante fisiológico da PIO é o equilíbrio dinâmico entre a produção do humor aquoso e sua eventual eliminação no sistema venoso episcleral através dos espaços de Fontana e do canal de Schlemm no ângulo iridocorneano.⁶ A maior parte do humor aquoso é secretada ativamente no ciliar processo da câmara posterior e circula livremente ao redor da íris para a câmara anterior. Qualquer aumento na pressão venosa ou diminuição na área da seção transversal dos espaços de Fontana aumenta a resistência ao escoamento do humor

aquoso e aumenta a PIO. As drogas midriáticas relaxam os músculos ciliares, fecham o ângulo iridocorneal nos espaços de Fontana e, assim, aumentam a PIO. Tosse, esforço e manobras de Valsalva aumentam significativamente a pressão venosa central, diminuem o fluxo de saída do humor aquoso do canal de Schlemm para o sistema venoso episcleral e, assim, aumentam a PIO.^{7,8}

As alterações do Volume Sanguíneo Coroidal (VSC) também afetam significativamente a PIO. A coróide é uma rede vascular de anastomoses arteriais localizadas na câmara posterior.⁷ O fluxo sanguíneo coroidal geralmente é

autorregulado em uma faixa de pressão de perfusão para manter a PIO estável.⁷ Um aumento repentino na pressão arterial sistólica causa um inchaço transitório do VSC; um fluxo de saída temporário subsequente ajusta a PIO ao normal. A hipotensão (pressão arterial sistólica <90 mmHg) pode reduzir a PIO à medida que o VSC diminui.⁹ Aumentos repentinos no VSC podem forçar o humor vítreo para a câmara anterior durante a cirurgia de olho aberto ou pode aumentar a PIO no olho intacto. Tosse, bucking, emese e a manobra de Valsalva aumentam a VSC, aumentando a pressão venosa central e, assim, aumentando a PIO. A tosse pode aumentar a PIO para 30 ou 40 mmHg.¹⁰ O VSC e, portanto, a PIO, também aumentará em resposta à acidose respiratória e hiper carbica.⁹ A circulação coroidal também é sensível a mudanças na pressão parcial de oxigênio. A hipóxia induz vasodilatação coroidal e aumenta a PIO.⁸ Murphy⁹ revisou os fatores que afetam o volume sanguíneo intraocular e concluiu que a pressão arterial tem um pequeno efeito sobre a PIO. Existe uma relação mais direta entre a PVC e a PIO. Uma leve posição da cabeça para cima durante a cirurgia intraocular ajuda a neutralizar os efeitos da pressão venosa central.

A anestesia e os medicamentos anestésicos também afetam a PIO. Todos os agentes de indução e todos os anestésicos inalatórios reduzem a PIO.³ A queda observada na PIO tem mais probabilidade de ser uma ação direta sobre os mecanismos de controle central. Os opioides não têm efeito direto na PIO, mas atenuam a elevação da pressão devido à intubação. Os relaxantes musculares não despolarizantes têm um efeito mínimo na PIO.³ Em nosso estudo, usamos o mesmo regime anestésico em todos os grupos e evitamos os efeitos dos agentes anestésicos sobre a PIO.

Nossos resultados mostraram que os valores de pressão intraocular nos grupos com CEC diminuíram significativamente quando comparados aos pacientes do grupo sem CEC. A cirurgia cardíaca sem CEC é mais uma cirurgia fisiológica do que a CEC pulsátil ou não pulsátil. Embora estatisticamente não significativa, a diminuição do fluxo não pulsátil foi mais proeminente do que o fluxo pulsátil. Esta pequena diferença pode ser explicada pelas mudanças paralelas que foram observadas nos níveis de PVC e PAM. Achávamos que o fluxo pulsátil era mais fisiológico do que o fluxo não pulsátil.

Embora existam avanços nos equipamentos e técnicas aplicadas na cirurgia cardíaca, complicações pós-operatórias relacionadas à insuficiência respiratória, dano neurológico e ativação do sistema inflamatório durante a circulação extracorpórea e reperfusão têm surgido na busca por novas soluções. A cirurgia de revascularização do miocárdio sem CEC tem sido realizada cada vez mais nos últimos anos. Essa técnica visa evitar as consequências negativas dos métodos extracorpóreos de perfusão e resfriamento. A técnica sem CEC foi superior em pacientes mais velhos (> 70 anos), pacientes com função ventricular deficiente, casos de refazer e pacientes com doenças sistêmicas (cerebrovasculares, fígado, distúrbio hemorrágico) e com calcificações aórticas graves.¹¹ Ainda há uma contradição sobre os efeitos benéficos e prejudiciais da técnica de CEC pulsátil. A hemólise

é uma das questões importantes, no entanto, foi resolvida principalmente com a introdução de bombas centrífugas e novas tecnologias. A outra questão é sobre a capacidade da técnica de perfusão não pulsátil de produzir efeitos mais benéficos do que a técnica de perfusão pulsátil para sistemas de órgãos humanos.¹¹

A própria hipotensão pode diminuir a pressão de perfusão ocular. A hipotensão deliberada pode diminuir a pressão intraocular, mas isso não foi demonstrado em um modelo porcino.¹² A PAM foi mantida dentro da faixa normal no grupo sem CEC. No entanto, as pressões arteriais médias diminuíram com a introdução da CEC nos grupos pulsátil e não pulsátil. A diminuição da PIO também foi paralela à diminuição dos níveis de PAM.

Na literatura, são poucos os trabalhos que investigam a relação entre CRM e PIO. Em um estudo recente, os efeitos da CEC pulsátil e não pulsátil sobre a PIO foram investigados, uma comparação de dois grupos demonstrou que havia diferenças significativas nas medições de 5 minutos antes e após a CEC.¹³ Nosso estudo também revelou que a CEC diminuiu a PIO e, adicionalmente, garantiu que fora a CRM sem CEC não afetou a PIO.

No estudo atual, os níveis médios de PIO em todos os grupos foram mantidos entre $6,5 \pm 2,5$ e $20,3 \pm 3,9$ mmHg ao longo dos momentos do estudo. Nossos resultados foram semelhantes aos achados de Hayashi et al.¹ Em nosso estudo, os níveis de PIO mais baixo e mais alto foram $5,5 \pm 4,3$ e $19,9 \pm 4,9$ mmHg, respectivamente. Mudanças no equilíbrio da produção e drenagem do humor aquoso e redução do volume sanguíneo coroidal mostraram-se como possíveis mecanismos responsáveis que também foram afetados pelas mudanças principalmente na pressão venosa central.¹ Como conclusão deste estudo, eles não puderam fazer um comentário exato sobre a importância clínica dessas alterações de PIO em cirurgia cardíaca.¹ Mais recentemente, Hoshikawa et al.⁴ tentaram mostrar o efeito da posição inclinada de Trendelenburg na PIO durante a prostatectomia radical assistida por robô. Em seu estudo, o nível máximo de PIO detectado foi de 36 mmHg. Eles concluíram que a PIO aumentou de maneira dependente do tempo nos pacientes do estudo devido à posição inclinada de Trendelenburg. Apesar deste aumento nos níveis de PIO, não houve mudanças significativas na função visual e sem complicações.

No entanto, não há dados publicados anteriormente sobre os limites de segurança para diminuições e elevações transitórias da PIO. Vários estudos de glaucoma demonstraram que o dano ao nervo óptico depende da PIO, mas existem outros fatores importantes, como circulação do nervo óptico, idade, raça e genética. Em comparação com outros tipos de cirurgia, as alterações oculares na cirurgia cardíaca não foram estudadas em detalhes.¹⁴ Na literatura, existem alguns casos de neuropatia óptica isquêmica após uma prostatectomia minimamente invasiva com uma duração superior a 6 horas e com uma perda de sangue superior a 1000 mL.¹² Não há garantia de que complicações possam ocorrer após qualquer procedimento cirúrgico padrão. Neuropatia óptica isquêmica e perda de visão são compli-

cações da CRM. O conhecimento dessas complicações é importante para o diagnóstico precoce, o tratamento adequado e o desenvolvimento de técnicas cirúrgicas mais seguras.¹⁵ Embora possa ser assintomática, a PIO baixa pode estar associada à expansão coroidal clinicamente visível e estreitamento da câmara anterior. Em alguns olhos, PIO baixa produz maculopatia hipotônica.⁵ No entanto, no estudo atual, os níveis de PIO dos pacientes não diminuíram a um nível tão baixo quanto 5 mmHg, corroborando os resultados de Hayashi et al.

Conclusão

Este estudo demonstrou que as pressões intraoculares permanecem nas faixas normais durante a cirurgia de revascularização do miocárdio, independentemente da técnica (cirurgia com CEC pulsátil / não pulsátil ou sem CEC). Flutuações transitórias nos níveis de PIO durante vários tipos de cirurgia podem ser seguras. Embora exista uma autorregulação, ainda não temos informações sobre os fatores que afetam esse sistema de regulação e suas implicações clínicas. Em pacientes com glaucoma comprovado clinicamente, podemos tomar alguns cuidados para evitar complicações pós-operatórias, mas em pacientes sem diagnóstico prévio, complicações inesperadas podem ser observadas. Portanto, deve-se ter em mente que os pacientes devem ser evitados de posições de Trendelenburg longas e extremas e níveis baixos de PAM-PVC durante a cirurgia cardíaca para prevenir complicações relacionadas aos olhos.

Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

Referências

- Hayashi H, Kawaguchi M, Hasuwa K, et al. Changes in intraocular pressure during cardiac surgery with and without cardiopulmonary bypass. *J Anesth.* 2010;24:663-8.
- Bayram H, Erer D, Iriz E, et al. Comparison of the effect of pulsatile cardiopulmonary bypass, non-pulsatile cardiopulmonary bypass and off-pump coronary artery bypass grafting on the inflammatory response and S-100 beta protein. *Perfusion.* 2012;27:56-64.
- Murgatroyd H, Bembridge J. Intraocular pressure Continuing Education in Anaesthesia. *Crit Care Pain.* 2008;8:100-3.
- Hoshikawa Y, Tsutsumi N, Ohkoshi K, et al. The effect of steep Trendelenburg positioning on intraocular pressure and visual function during robotic-assisted radical prostatectomy. *Br J Ophthalmol.* 2014;98:305-8.
- Saeedi OJ, Jefferys JL, Solus JF, et al. Risk factors for adverse consequences of low intraocular pressure after trabeculectomy. *J Glaucoma.* 2014;23:e60-8.
- Chhabra A, Mishra S, Kumar A, et al. Atropine-induced lens extrusion in an open eye surgery. *Paediatr Anaesth.* 2006;16:59-62.
- Li G, Newman EA, Chan-Ling T. Cellular and physiological mechanisms underlying blood flow regulation in the retina and choroid in health and disease. *Prog Retin Eye Res.* 2012;31:377-406.
- Murphy DF. Atracurium and intraocular pressure. *Anesth Analg.* 1985;64:520-30.
- Li G, Shih YY, Kiel JW, et al. MRI study of cerebral, retinal, and choroidal blood flow responses to acute hypertension. *Exp Eye Res.* 2013;112:118-24.
- Shiga Y, Shimura M, Asano T, et al. The influence of posture change on ocular blood flow in normal subjects, measured by laser speckle flowgraphy. *Curr Eye Res.* 2013;38:691-8.
- Bayram H, Erer D, Iriz E, et al. Comparison of the effect of pulsatile cardiopulmonary bypass, non-pulsatile cardiopulmonary bypass and off-pump coronary artery bypass grafting on the respiratory system and serum carbonyl. *Perfusion.* 2012;27:378-85.
- Cheng MA, Todorov A, Tempelhoff R, et al. The effect of prone positioning on intraocular pressure in anesthetized patients. *Anesthesiology.* 2001;95:1351-5.
- Nuhoglu F, Gumus F, Sinikoglu SN, et al. Changes in intraocular pressure during cardiopulmonary bypass. *Int Ophthalmol.* 2017;37:1155-60.
- Awad H, Santilli S, Ohr M, et al. The effects of steep Trendelenburg positioning on intraocular pressure during robotic radical prostatectomy. *Anesth Analg.* 2009;109:473-8.
- Rubin DS, Matsumoto MM, Moss HE, et al. Ischemic optic neuropathy in cardiac surgery incidence and risk factors in the United States from the National Inpatient Sample 1998 to 2013. *Anesthesiology.* 2017;126:810-21.