

**FACULDADE PATOS DE MINAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM BIOMEDICINA**

IZABELLA FAGUNDES DE SOUZA COUTO

**ALTERAÇÕES HEMODINÂMICAS ASSOCIADAS A CIRCULAÇÃO
EXTRACORPÓREA EM CIRURGIA CARDÍACA**

Patos de Minas - MG

2020

IZABELLA FAGUNDES DE SOUZA COUTO

**ALTERAÇÕES HEMODINÂMICAS ASSOCIADAS A CIRCULAÇÃO
EXTRACORPÓREA EM CIRURGIA CARDÍACA**

Trabalho apresentado à Faculdade
Patos de Minas, como requisito parcial
para a conclusão de Graduação em
Biomedicina

Co-orientador: Amanda Braga Reis

Orientador: Me.: Bruno Tolentino Caixeta

Patos de Minas - MG

2020

IZABELLA FAGUNDES DE SOUZA COUTO

**ALTERAÇÕES HEMODINÂMICAS ASSOCIADAS A CIRCULAÇÃO
EXTRACORPÓREA EM CIRURGIA CARDÍACA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade Patos de Minas como
requisito para obtenção do grau de Biomedicina – FACULDADE PATOS DE MINAS

_____ de _____ 2020

Prof. ORIENTADOR

Prof.^a EXAMINADOR (A)

Prof.^a EXAMINADOR (A)

Aprovado ()

Reprovado ()

ALTERAÇÕES HEMODINÂMICAS ASSOCIADAS A CIRCULAÇÃO EXTRACORPÓREA EM CIRURGIA CARDÍACA

HEMODYNAMIC CHANGES ASSOCIATED WITH CARDIOPULMONARY BYPASS IN HEART SURGERY

Izabella Fagundes

Co-orientador: Amanda Braga Reis

Me. Bruno Tolentino Caixeta

RESUMO

A Circulação extracorpórea (CEC) é uma técnica utilizada principalmente em procedimentos cirúrgicos cardíacos, onde a máquina permite desviar o sangue do coração para um circuito externo que substitui as funções do coração e pulmões. O objetivo da CEC é proporcionar um campo cirúrgico exangue mantendo a circulação sanguínea e a oxigenação para o restante do organismo. Neste estudo foram abordados pontos importantes sobre a história da perfusão extracorpórea, a utilização da máquina coração-pulmão e principalmente análises e discussões sobre as alterações hemodinâmicas. Concluiu-se que desde o primeiro sucesso da perfusão extracorpórea até os dias atuais, a CEC continua com evoluções plausíveis, proporcionando benefícios extremamente relevantes aos pacientes. Ainda, podemos ressaltar a grande importância do profissional perfusionista para manusear a máquina coração-pulmão e controlar as possíveis intercorrências mantendo a fisiologia orgânica dentro da homeostasia, com o intuito de reduzir os impactos negativos para um melhor prognóstico do paciente.

Palavras chave: Circulação extracorpórea; CEC; Cirurgia cardíaca; Coração-pulmão; História; Alterações hemodinâmicas.

ABSTRACT

Cardiopulmonary by-pass (CPB) is a technique used mainly in cardiac surgical procedures, where the machine allows blood to be diverted from the heart to an external circuit that replaces the functions of the heart and lungs. The purpose of CPB is to provide a blood-free surgical field while maintaining blood circulation and oxygenation to the rest of the body. In this study, important points were addressed about the history of cardiopulmonary perfusion, utilization of the heart-lung machine and mainly analyzes and discussions about hemodynamic changes. It was concluded that from the first successful extracorporeal perfusion to the present day, CPB continues with plausible developments, providing extremely relevant benefits to patients. Still, we can emphasize the great importance of the perfusionist professional to handle the heart-lung machine and control possible complications while maintaining organic physiology within homeostasis, in order to reduce the negative impacts for a better prognosis of the patient.

Keywords: Cardiopulmonary by-pass; CPC; Cardiac surgery; Heart-lung; Story; Hemodynamic changes.

1. INTRODUÇÃO

A cirurgia cardíaca com Circulação Extracorpórea (CEC) foi um grande avanço para medicina. Com essa descoberta ampliou-se também o conhecimento na fisiologia da circulação, na reação do organismo a cirurgias e compreensão da homeostase para auto regulação do corpo (AMARANTE, 2013).

A perfusão extracorpórea possibilitou a correção de diversos danos cardíacos impossíveis até então, como a revascularização do miocárdio (RM), conhecida como ponte de safena e reparo ou substituição das válvulas cardíacas. Essa técnica permite desviar o sangue do coração para um circuito externo de aparelhos e máquinas que substituem as funções do coração e dos pulmões proporcionando um campo limpo para o cirurgião e ao mesmo tempo mantendo a perfusão de todos os órgãos e tecidos enquanto é realizado o procedimento (VIANA et al., 2019).

Uma variedade de equipamentos constitui a porção extracorpórea da circulação e o perfusionista atua como operador de todos estes componentes da CEC, sendo responsável pela conservação e manutenção do equilíbrio hematológico, bioquímico, hidroeletrolítico e funções cardiorrespiratórias do paciente no decorrer do processo cirúrgico. O perfusionista é membro da equipe médica e tem grande responsabilidade durante o procedimento cirúrgico manuseando o sistema coração-pulmão. Neste processo a fisiologia deve ser cuidadosamente monitorada para mantê-la dentro dos parâmetros normais. (AMARANTE, 2013; BRAILE, 2010).

Os avanços da técnica de CEC contribuíram para diminuir a incidência de efeitos adversos indesejáveis. Entretanto, por ser tratar de uma técnica que não mantém princípios normais da fisiologia, ou seja, que necessita do auxílio de máquinas para exercerem as funções cardíacas e pulmonares durante o procedimento, pode causar alterações e complicações durante e após a perfusão (CHOI et al., 2017).

O objetivo desta revisão foi destacar pontos importantes da história da perfusão extracorpórea, a importância da utilização da máquina coração-pulmão em procedimentos cirúrgicos e principalmente analisar e discutir as alterações hemodinâmicas em pacientes submetidos a intervenção cirúrgica com a utilização da técnica de circulação extracorpórea.

2. METODOLOGIA

Para a execução desse trabalho, foi realizada uma revisão de literatura utilizando artigos, livros, dissertações, teses e trabalhos de conclusão de cursos. O levantamento dos artigos científicos foi realizado através das bases de dados bibliográficos da PubMed, Scielo, e Revistas Médicas. Os descritores usados na busca foram: perfusão extracorpórea, CEC, coração/pulmão, alterações hematológicas, hemodiluição em cirurgia cardíaca, hipotermia em cirurgia cardíaca, hemólise na cirurgia cardíaca e outros.

O material encontrado foi selecionado abrangendo publicações nacionais e internacionais no período de 1994 a 2020, bem como alguns artigos presentes nas listas de referência dos trabalhos selecionados. A busca foi realizada no período de março a outubro de 2020.

Os critérios de exclusão da pesquisa foram: artigos sem livre acesso ou que não contribuíssem com o objetivo deste trabalho. Totalizando ao final da busca 29 publicações relevantes.

3. HISTÓRIA DA PERFUSÃO

A inovação da técnica de CEC ou perfusão é totalmente relacionada com evolução da cirurgia cardíaca. Até fins do século XIX a abordagem cardíaca era praticamente inexistente e os cirurgiões não praticavam intervenções no coração e também nos pulmões porque era muito arriscado e sempre resultava em morte (AMARANTE, 2013; BRAILE, 2012).

Aos poucos os médicos foram entendendo a necessidade de um aparato que substituísse a função do coração para que procedimentos intracardíacos pudessem ser realizados. Então em 1812, o médico e fisiologista Le Gallois sugere a possibilidade da perfusão extracorpórea. Ele diz que “se fosse possível substituir o coração por uma forma artificial de bombeamento do sangue, não seria difícil manter vivo, por um tempo indeterminado, qualquer parte do organismo”. Porém seus experimentos não obtiveram sucesso, pois ele utilizou sangue venoso (AMARANTE, 2013).

Em 1848 Brown-Sequard conseguiu provar que existia sangue venoso e sangue arterial ao observar que na agitação do sangue em contato com o ar ele

obtinha o sangue “oxigenado”. Ele realizou experiências em órgãos guilhotinados e fez uso do seu próprio sangue, com ajuda de seringas, para comprovar que os músculos retornavam ao seu estado original mesmo em estado de rigidez cadavérica. Foi um grande avanço, pois concluíram que o instrumento para substituir o coração também deveria substituir o pulmão para manter a oxigenação sanguínea, servindo de base na construção dos oxigenadores artificiais. Vinte anos depois, em 1868, Ludwig e Schmidt desenvolvem um aparelho de infusão de sangue sob pressão (AMARANTE, 2013; SOUZA e ELIAS, 2006).

Após a descoberta da necessidade dos oxigenadores Von Schroeder constrói o primeiro oxigenador de bolhas em 1882. Logo depois, em 1885, Frey e Gruber, construíram o primeiro sistema coração–pulmão artificial. Eles utilizaram um cilindro de 70cm onde o sangue escorria pelas laterais formando uma película fina, com objetivo de facilitar o contato com o ar e conseqüentemente sua oxigenação. Porém não houve sucesso porque ainda não tinham conhecimento da tipagem sanguínea, que veio ocorrer em 1900 por Karl Landsteiner (AMARANTE, 2013; SOUZA e ELIAS, 2006).

Os experimentos não cessaram e ainda existia vários impasses a serem solucionados, principalmente complicações relacionadas a coagulação do sangue durante perfusão. A questão foi solucionada em 1916, por Howell e McLean ao descobrir a heparina enquanto estudavam extratos do fígado de animais (BATLOUNI e RAMIRES, 1999).

Em 1930 inicia a história de John e Mary Gibbon no desenvolvimento da máquina coração-pulmão. Após vários modelos, em meados de 1930, Gibbon comunica a perfusão extracorpórea bem-sucedida em gatos, mas seu trabalho foi comparado a histórias de ficção científica por Leo Eloesser. Mas Gibbon, considerado hoje o pai da CEC, não desistiu do aparelho coração-pulmão e tampouco obteve sucesso na primeira tentativa em seres humanos. Os três primeiros pacientes faleceram: um por diagnóstico incorreto, outro sofreu parada cardíaca antes do início da perfusão e o terceiro apresentou hemorragia incontrolável. Somente na quarta tentativa, em 1953, Cecília Bavolek, paciente de 18 anos e portadora de uma doença congênita, comunicação interarterial, foi a primeira paciente a passar por uma correção intracardíaca bem-sucedida da história, tendo um total de 26 minutos de perfusão. Mary Gibbon, operou a máquina enquanto J.

Gibbon realizava a cirurgia e se tornou a primeira perfusionista da história (BRAILE, 2012; SOUZA e ELIAS, 2006).

Gibbon continuou seus estudos financiado pela empresa International Business Machines (IBM) deixando alguns ensinamentos utilizados até hoje, como o processo de lavar o circuito antes da perfusão, a utilização da heparina e protamina no controle da coagulação sanguínea, coloides adicionados ao perfusato assim como dispor do menor volume possível de perfusato. Além disso a instalação de alarmes visuais e sonoro ao oxigenador para facilitar o monitoramento. Recomendou aferir a saturação venosa do oxigênio para acompanhar a oxigenação, e dosar a PCO₂ (pressão parcial de gás carbônico) no sangue arterial para verificar a ventilação do oxigenador. Indicou que no decorrer da perfusão, a pressão arterial média deveria ser entre 50 e 65 mmHg e para concluir recomendou a reinfusão do perfusato residual armazenada no oxigenador no final da perfusão (BRAILE, 2012; SOUZA e ELIAS, 2006).

Outros avanços surgiram: em 1950, McQuiston sugeriu a hipotermia moderada. Nesta época ainda era insatisfatório os métodos de oxigenação extracorpórea, o que incentivou utilizar o pulmão de animais para oxigenar o sangue. Wesolowski, Fisher e Welch (1952) perfundiram animais por duas horas, com o sangue sendo oxigenado através do pulmão de cachorros e até de macacos. Porém as tentativas de usar o pulmão de animais para oxigenar o sangue em humanos, foram falhas, proporcionando pouca sobrevida e o método foi rejeitado (SOUZA e ELIAS, 2006).

Após a inviabilidade da técnica de oxigenação através do pulmão de um animal passou-se a estudar a prática da “circulação cruzada”. Em 1955, Lillehei e colaboradores iniciaram os testes, onde o sangue venoso do paciente passava pela veia femoral do pai ou da mãe e o sangue da artéria femoral do progenitor era retornado para artéria do paciente, fazendo assim a oxigenação do sangue. Este método gerou diversas complicações e o desenvolvimento do oxigenador helicoidal determinou o fim da circulação cruzada. Em 1956 oxigenadores de disco, bolha e membrana começam a ser desenvolvidos por diferentes profissionais.

O oxigenador de bolha foi utilizado e aperfeiçoado por muito tempo, inclusive no Brasil, nas décadas de 40 e 50 pesquisadores brasileiros também se dedicavam na reprodução e no aprimoramento desta conhecida máquina que ampliou os horizontes da cirurgia cardíaca. Dr. Hugo Felipozzi, foi residente em cirurgia torácica

por dois anos em Chicago e retornou ao Brasil trazendo a ideia de introduzir essa inovação no país. Em 1956, Felipozzi realizou a primeira cirurgia cardíaca no Brasil utilizando a técnica de CEC total, juntamente com o Dr. José dos Santos Perfeito que se tornou o primeiro perfusionista brasileiro. Posteriormente Felipozzi conseguiu patrocínio e passou a trabalhar no Instituto de Cardiologia Sabbado D'Angelo. em São Paulo conduzindo uma equipe com o intuito de construir uma máquina coração-pulmão no Brasil. Desde então os procedimentos e materiais de CEC vem sendo aperfeiçoados (SANT'ANA e LUCCHESI, 1994).

4. CIRCULAÇÃO EXTRACORPÓREA

As principais causas de morte no Brasil são as doenças cardiovasculares, o que representa um problema importante de saúde pública. Diante dessa realidade a cirurgia cardíaca é muito utilizada para o tratamento de cardiopatias, um procedimento complexo que pode acarretar alterações fisiológicas no organismo. Portanto é de extrema importância o cuidado minucioso com o paciente (SILVA et al., 2008; VIANA et al., 2019).

As cirurgias mais comuns são as de revascularização do miocárdio e as cirurgias de doenças valvares. A revascularização do miocárdio (RM), conhecida como ponte de safena, é um procedimento realizado no coração e nas artérias coronárias. A cirurgia é indicada principalmente em casos de aterosclerose coronariana para promover a desobstrução de uma ou mais artérias e reestabelecer a oferta do fluxo sanguíneo ao coração. Esta técnica também é utilizada em casos de infarto agudo do miocárdio (IAM), angina instável e isquemia e nesse caso tem como objetivo aliviar a angina e preservar a função do miocárdio. Os enxertos mais comuns são: veia safena, artéria mamária e artéria radial (VIANA et al., 2019).

Na doença valvular cardíaca, uma ou mais válvulas (aórtica, mitral, tricúspide e/ou pulmonar) que mantêm o fluxo de sangue do coração na direção correta, não funcionam corretamente. A cirurgia cardíaca valvular é um procedimento de reparo ou substituição da válvula doente sendo mais comum a doença da válvula Aórtica e da válvula Mitral (NKOMO e SKELTON 2006).

Embora o tratamento das cardiopatias esteja em constante evolução e a abordagem minimamente invasiva em expansão para a realização de diversos tipos de cirurgia cardíaca, a técnica de CEC é muito utilizada. Este método desvia o

sangue, através de tubos, para máquinas que farão as funções cardíacas e pulmonares, proporcionando um campo cirúrgico limpo e a preservação das características funcionais do coração. Desta forma, para que se obtenha bons resultados é de extrema importância um profissional responsável e habilitado para o manuseio da máquina e consequente manutenção do equilíbrio hemodinâmico do paciente (BARROS, BANDEIRA e LEITE, 2019).

Atualmente, o profundo conhecimento sobre a circulação extracorpórea, a fisiologia do corpo humano e a fisiopatologia das doenças cardiovasculares proporcionam realizar a perfusão dos órgãos e tecidos com segurança e preservar ao máximo as funções do organismo (ZYSKO et al., 2019).

Segundo Zysko et al., o processo de circulação do sangue na máquina acontece da seguinte forma: o sangue venoso é desviado do coração e dos pulmões ao chegar no átrio direito do paciente, através de cânulas colocadas nas veias cavas superiores e inferiores. Através de uma linha comum, o sangue venoso é levado ao oxigenador, reservatório feito de membranas semipermeáveis para separação do sangue do oxigênio e realização das trocas gasosas. Do oxigenador, o sangue é bombeado para um ponto do sistema arterial do paciente, geralmente a aorta ascendente, onde percorre o sistema arterial e é distribuído a todos os órgãos.

Após circular pelo corpo, o sangue volta às veias cavas, é conduzido à máquina de CEC e assim sucessivamente até o fim da cirurgia (ZYSKO et al., 2019).

Em virtude da complexidade e da interação dos mecanismos da CEC com o sangue esse procedimento produz uma resposta inflamatória sistêmica com liberação de substâncias que alteram a resposta imune e coagulação. Este evento acontece em razão do contato entre sangue e o equipamento coração-pulmão. A consequente resposta inflamatória é mediada pela ação do sistema complemento, neutrófilos, mastócitos, trombina, citocinas e outros mediadores (CHOI et al., 2017; MARTINS et al. 2012).

Os efeitos da CEC são conhecidos e podem ocasionar diversas complicações pulmonares, renais, neurológicas, arritmias, infecções e outros. Dentre essas alterações destacamos as manifestações hematológicas. Além destes, alguns fatores estão associados a complicações como: tipo de cirurgia, tempo de CEC, uso de medicação específica, idade, sexo, doenças de base, medicação utilizada no pré-

operatório e outros (BARBOSA, CARDINELLI e ERCOLE, 2010; BRAGA e BRANDÃO, 2018; TORRATI e DANTAS, 2012).

Essas complicações ocorrem durante a CEC ou nas primeiras horas após a cirurgia. Apesar dos avanços nas técnicas de cirurgia cardíaca com a cirurgia de circulação extracorpórea, ainda existe um grande risco de sangramento excessivo no período perioperatório. Os motivos são diversos, mas os principais são hemostasia cirúrgica insuficiente e disfunção plaquetária transitória (BRAGA e BRANDÃO, 2018; CHARLES e SIMON, 2001).

As complicações pulmonares são as principais alterações após a cirurgia cardíaca e por sua frequência e gravidade, são consideradas as mais importantes. Os fatores de risco pré-operatórios relacionados às alterações pulmonares são: idade avançada, tabagismo, mau estado nutricional, doença pulmonar prévia, alterações na função pulmonar e complicações relacionadas que prejudicam a mecânica respiratória (CARACAS, 2017).

A insuficiência renal causada pela circulação extracorpórea pode corresponder a uma variedade de razões: doença renal preexistente, incluindo o uso de drogas nefrotóxicas; isquemia renal; hemólise; vasoconstrição grave; hipotermia profunda e diluição sanguínea extrema. Após a cirurgia de revascularização do miocárdio, a diálise é necessária em 1% dos casos de insuficiência renal aguda, e a diálise geralmente está relacionada ao tempo de operação (PEREZ e KASHIWAHURA, 2017; SOUZA e ELIAS, 2006).

A incidência de danos ao sistema nervoso associado ao uso de circulação extracorpórea é estimada em 3-6% das operações cirúrgicas. Os métodos intraoperatórios que podem causar dano neurológico são aqueles relacionados a correção ácido-base, hipotermia severa e anticoagulação inadequada. (BARBOSA, CARDINELLI e ERCOLE, 2010; CARRAZEDO, 2014).

A arritmia pode ocorrer em 48% dos casos de cirurgia com CEC. Os fatores que causam arritmia incluem trauma cirúrgico, anestésicos, distúrbios eletrolíticos, liberação de catecolaminas e alterações no equilíbrio ácido-básico. As arritmias mais frequentes após cirurgia são: fibrilação atrial, sístole atrial e sístole ventricular. Quando ocorre arritmia o eletrocardiograma (ECG) deve ser monitorado periodicamente para evitar variações mais graves (SOUZA e ELIAS, 2006).

Além dessas complicações pode haver alterações abdominais e infecções. No caso das alterações abdominais podem ocorrer, devido a hipóxia ou hipoperfusão,

causando icterícia leve e elevação das enzimas hepáticas. Já as infecções, assim como acontece em outros procedimentos o risco sempre existe, por isso a importância da esterilidade dos equipamentos e higiene profissional. (SOUZA e ELIAS, 2006).

Diante de todos esses fatores, o perfusionista tem grande responsabilidade durante a intervenção cirúrgica com sistema coração-pulmão artificial. A fisiologia orgânica deve ser cuidadosamente monitorada para ser mantida dentro dos parâmetros normais, o domínio sobre os equipamentos e a integração de toda a equipe são essenciais para proporcionar uma cirurgia segura. (BRAILE, 2010).

5. ALTERAÇÕES HEMODINÂMICAS ASSOCIADAS A CIRCULAÇÃO EXTRACORPÓREA

5.1 Hemácias e Leucócitos

A hemólise pode ocorrer de três maneiras diferentes: pela seleção natural do baço, pelo desequilíbrio físico-químico (normalmente patológico), ou através da exposição das células a fatores não-fisiológicos, que é o caso da CEC. A destruição das hemácias é observada em todas as intervenções cirúrgicas que fazem uso de circulação extracorpórea, confirmado por diversos estudos que identificaram durante e após a CEC níveis aumentados de hemoglobina livre no plasma e diminuição de haptoglobina, proteína de fase aguda, produzida no fígado, que se liga irreversivelmente à hemoglobina após a hemólise (CHARLES e SIMON 2001; VIEIRA JUNIOR et al., 2012).

Os principais elementos da perfusão capazes de aumentar as perdas sanguíneas são os traumas gerados pela aspiração excessiva ou inadequada, tubos responsáveis pela aspiração, circuitos com curvas ou dobras em excesso e roletes mal calibrados (CAMPOS, 2016).

Os aspiradores de sangue têm grande importância em cirurgias cardiovasculares envolvendo CEC. Durante a cirurgia cardíaca, o sangue que vaza para a área cirúrgica retorna para a extracorpórea e posteriormente ao paciente. Quando o sangue é descartado na aspiração poucos problemas ocorrem, mas como na CEC o sangue aspirado retorna para o paciente o dano causado se torna um fator importante (CAMPOS, 2016; VIEIRA JUNIOR et al., 2012).

Outros trabalhos apontam também que a aspiração durante a CEC associada a pressão negativa e a exposição do sangue ao ar são responsáveis por uma importante taxa de hemólise (VIEIRA JUNIOR et al., 2012).

O calibre dos tubos deve ser ajustado para reduzir a resistência ao fluxo sanguíneo. O circuito deve englobar o menor número possível de conexões, evitando assim movimentações desnecessárias, consequentemente reduzindo o trauma celular e a hemólise. As características dos tubos são: flexibilidade, biocompatibilidade com sangue, transparência, esterilização térmica e resistente a ruptura. (BARBOSA, CARDINELLI e ERCOLE, 2010).

Em artigo publicado por Vieira et al. (2012), eles avaliaram a influência sobre a pressão e o fluxo de três modelos de aspiradores de sangue e sua utilização com tubos de silicone, padronizados para o uso em CEC, de espessuras de parede diferentes e chegaram à conclusão de que o diâmetro interno dos aspiradores teve forte influência nos fluxos e pressões e sugeriram que o diâmetro interno do prolongamento dos aspiradores seja superior a 4mm.

A bomba de rolete, é a mais utilizada devido a facilidade, manutenção e custo apresenta bom desempenho em cirurgias consideradas curtas, de até 100min. Porém em procedimentos mais demorados e mesmo com minucioso controle, muitas vezes pode causar traumas, através da formação de bolhas no interior do dispositivo e/ou o trauma de células sanguíneas, levando à hemólise (AMARANTE, 2013).

Além disso, um estudo de Vieira et al. (2012), com o objetivo de quantificar a taxa de hemólise da cirurgia de revascularização do miocárdio com CEC em diferentes momentos da operação, constatou que os primeiros cinco minutos de CEC apresentam a maior taxa de hemólise, equivalente a 29% do total, eles acreditam que seja causado pelo início da hemodiluição e que as hemácias envelhecidas e menos flexíveis são susceptíveis a lise celular quando expostas ao sistema de roletes da bomba propulsor.

Em virtude das novas aplicações da tecnologia, principalmente a bomba centrífuga que diminui o trauma causado às células do sangue durante o bombeamento, técnicas aprimoradas e material cada vez mais biocompatível esse agravante tem sido cada vez menor (CONSTANTINO, 2018; SOUZA e ELIAS, 2006).

Os leucócitos, embora com números reduzidos inicialmente, devido a hemodiluição, aumentam expressivamente durante e depois da CEC. Os neutrófilos

sofrem ativação principalmente por componentes do sistema complemento e também por causado trauma, presença de bactérias, citocinas pró-inflamatória e isquemia/reperfusão. Além disso eles podem migrar para o compartimento intersticial liberando conteúdo citotóxico, causando conseqüentemente o aumento de permeabilidade microvascular, edema intersticial, trombose e morte celular. Esses eventos afetam os pulmões, coração e outros tecidos (CHARLES e SIMON 2001; MESQUITA et al., 2010).

Os monócitos também são ativados durante a CEC, porém tardiamente, produzindo interleucinas. Além disso, ajudam a isolar o sangramento e se ligar às plaquetas (MESQUITA et al., 2010).

Ainda de acordo com o autor citado acima, a CEC desencadeia linfopenia sistêmica de três a sete dias após a cirurgia, causando danos à resposta imune e aumentando o risco de infecção.

5.2 Plaquetas e Distúrbios de Coagulação

Inevitavelmente as disfunções hemorrágicas e as alterações da coagulação sanguínea estão diretamente relacionadas. No caso da CEC essa relação existe em razão dos aparelhos e materiais de superfície não endotelizada em que o sangue circula. Apesar de serem utilizados materiais compatíveis, ainda assim são superfícies estranhas, diante disso são capazes de estimular o sistema de coagulação. Por conseqüência a hemostasia sanguínea entra em desequilíbrio. Durante a CEC a ocorrência de eventos trombóticos é o mais comum, e após a CEC normalmente são relatados quadros de hemorragia (BIAZZOTTO, 2006; RODRIGUES e ARAÚJO, 2018).

Durante a CEC, as vias extrínseca e intrínseca da cascata da coagulação são ativadas, a primeira através do contato do fator XII com a superfície artificial e a segunda pela liberação do fator tecidual (FT), ambas resultando na formação de coágulo. Além disso, o sangue que retorna para o circuito extracorpóreo referente a aspiração no campo cirúrgico, desloca uma série de outros elementos, como: fragmentos de coágulos, gordura, tromboplastina tissular, e resíduos de materiais, aumentando o risco para trombose. A CEC induz ainda algumas variações da fibrinólise diante da diminuição na formação da plasmina, o que induz ainda mais o surgimento de trombos. Dessa forma, a associação destes fatores indica a

importância da heparinização do paciente logo no início da perfusão, a fim de evitar a coagulação sanguínea, impedindo-se os eventos trombóticos (RODRIGUES e ARAÚJO, 2018; SANTOS et al., 2014).

O anticoagulante mais usado desde o início da história da CEC é a heparina, pois desenvolve poucos efeitos colaterais em relação a outros medicamentos da mesma classe, e possui um antídoto específico, a protamina, que é usado no fim da perfusão para bloquear o efeito anticoagulante da heparina, pois o efeito hemorrágico da heparina pode causar sangramento após a cirurgia. Vale ressaltar que a simples neutralização da heparina circulante com a administração de uma dose suficiente de protamina pode restaurar apenas parcialmente a atividade hemostática, não é possível recuperar imediatamente a função hemostática normal em pacientes submetidos a CEC (MOTA et al., 2008; TANAKA et al., 2007).

A complexa interação de diversos fatores (trauma da perfusão, hemodiluição, hipotermia, a deposição do fibrinogênio nas cânulas, a redução do número, da atividade das plaquetas e interação destas com as superfícies não endoteliais) favorecem a ocorrência dos distúrbios da hemostasia e coagulopatia (SOUZA e ELIAS, 2006).

Ainda segundo o mesmo autor supracitado acima, o trauma mecânico causado pela CEC através da aspiração, bomba de roletes, circuitos com curvas e dobras em excesso e resfriamento/aquecimento muito rápido acomete as células do sangue e provoca diminuição de todos seus elementos.

A hemodiluição que é iniciada preenchendo o circuito com solução colóide ou cristalóide (chamado de perfusato ou prime) e posteriormente se mistura com o sangue tem como objetivo reduzir a viscosidade sanguínea e resistência vascular periférica, diminuir a utilização de sangue e derivados, controlar os níveis de hematócrito (ideal 21-25% para hemodiluição moderada), diminuir a necessidade de transfusões e atenuar a resposta inflamatória sistêmica. Entretanto, as plaquetas são ativadas pela CEC, o que reflete na diminuição do seu número e função afetando cerca de 30 a 50% da população plaquetária, causando por consequência a queda do número de plaquetas e aumento do tempo de sangramento. Essas alterações ocorrem devido a destruição mecânica e adesão das plaquetas no circuito de CEC, ao consumo de plaquetas e sequestro em órgãos. Além disso, a hemodiluição excessiva, a hipotermia e liberação de agentes vasoativos ocasionam alterações das proteínas da coagulação e do sistema fibrinolítico. Essas mudanças

levam à tendência inerente de sangramento de CEC (CAMPOS, 2016; MESQUITA et al., 2010).

A hipotermia é induzida no permutador de calor do oxigenador, resfriando o sangue com água gelada e a reversão com água morna que circula no permutador de calor. Esta técnica tem função de diminuir as necessidades metabólicas dos pacientes para proteger o organismo de lesões por anóxia (principalmente os órgãos vitais), diminuir o sangramento, proporciona proteção miocárdica e o mais importante, promove neuroproteção. Porém a hipotermia vem acompanhada de vasoconstrição, podendo elevar a pressão arterial e também aumenta a viscosidade do sanguínea, comprometendo a microcirculação. Mas, ambos os riscos podem ser contornados por meio de uma hemodiluição moderada que atua deixando o sangue mais fluido. Estudos com tromboelastograma sugerem que a hipotermia potencializa a formação de coágulo, pois há redução na velocidade das reações enzimáticas da cascata de coagulação favorecendo a formação do coágulo (BARBOSA, CARDINELLI e ERCOLE, 2010; RODRIGUES e ARAÚJO, 2018).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos fatos apresentados, conclui-se que desde o primeiro sucesso da perfusão extracorpórea até os dias atuais, a CEC vem se aperfeiçoando, uma vez que em tempos atuais a qualidade do material de CEC garante uma grande margem de segurança para os procedimentos cirúrgicos.

Ainda assim os efeitos da CEC são conhecidos e podem ocasionar diversas alterações por ser tratar de uma técnica que não mantém princípios normais da fisiologia. É de suma importância a atenção, capacitação e profissionalismo do perfusionista para manusear a máquina coração-pulmão e controlar as possíveis intercorrências mantendo a fisiologia orgânica dentro dos parâmetros da normalidade, com o intuito de diminuir os impactos sobre o prognóstico do paciente.

7. REFERÊNCIAS

AMARANTE, G. B. et al. **História e desenvolvimento da circulação extracorpórea na cirurgia cardíaca.** Revista Eletrônica de Análises Clínicas.v. 1, n.4, p. 1-13, 2013.

BARBOSA, Natia de Freitas; CARDINELLI, Danilo Martins; ERCOLE, Flávia Falci. **Determinantes de Complicações Neurológicas no Uso da Circulação Extracorpórea (CEC)**. Arquivos Brasileiros de Cardiologia, Belo Horizonte, v. 95, n. 6, p.151-157, dez. 2010. Mensal. Disponível em: <<http://www.arquivosonline.com.br/2010/9506/pdf/9506022.pdf>>. Acesso em: 19 nov. 2019.

BARROS, S. R.; BANDEIRA, M. M.; LEITE, J. C. R. A. P. **Principais complicações da circulação extracorpórea em cirurgias cardíacas em um hospital da região norte**. Revista Saber Científico, Porto Velho, v. 8, n. 1, p. 103 – 110, 2019.

BATLOUNI, M.; RAMIRES, J. A. F. **Farmacologia e Terapêutica Cardiovascular**. São Paulo, p.353-375, 1999.

BIAZZOTTO, Camila B., et al. **“Hipotermia No Período Peri-Operatório”**. Revista Brasileira de Anestesiologia, vol. 56, no 1, fevereiro de 2006, p. 89–106. DOI.org (Crossref), doi:10.1590/S0034-70942006000100012.

BRAGA, Damaris Vieira; BRANDÃO, Marcos Antônio Gomes. **Diagnostic evaluation of risk for bleeding in cardiac surgery with extracorporeal circulation**. Revista Latino-americana de Enfermagem, [s.l.], v. 26, p. 1-8, 2018. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1518-8345.2523.3092>. Disponível em: http://www.scielo.br/pdf/rlae/v26/pt_0104-1169-rlae-26-e3092.pdf. Acesso em: 22 abr. 2020.

BRAILE, Domingo M. **Circulação Extracorpórea**. Revista Brasileira de Cirurgia Cardiovascular, [s.l.], v. 25, n. 4, p.3-5, dez. 2010. FapUNIFESP (SciELO). Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-76382010000400002>. Acesso em: 19 nov. 2019.

BRAILE, Domingo Marcolino'; GODOY, Moacir Fernandes. **“História da cirurgia cardíaca”**. REVISTA BRASILEIRA DE CIRURGIA CARDIOVASCULAR, vol. 27, no 1, 2012, p. 125–34. DOI.org (Crossref), doi:10.5935/1678-9741.20120019.

CAMPOS, Brunna Maria. **Implicações hematológicas e sistêmicas associadas à utilização da circulação extracorpórea**. Brasília, 2016. 27 p. Faculdade de Ciências da Educação e Saúde.

CARACAS, Danilo Rocha Santos et al. **Complicações pulmonares pós revascularização do miocárdio**. Ciência & Desenvolvimento-Revista Eletrônica da FAINOR, v. 10, n. 1, 2017.

CARRAZEDO, Mariana Accioly et al. **Avaliação cognitiva em pacientes submetidos à revascularização cirúrgica cardíaca**. Rev Bras Cardiol, v. 27, n. 4, p. 254-259, 2014.

CHARLES D. Collard, SIMON Gelman; **Fisiopatologia, Manifestações Clínicas e Prevenção de Lesões por Isquemia-Reperfusão**. *Anesthesiology* 2001; 94: 1133–1138 doi: <https://doi.org/10.1097/00000542-200106000-00030>

CHOI, Yoon Ji et al. **A perda sanguínea excessiva no pós-operatório de cirurgia cardíaca pode ser prevista com o sistema de classificação da Sociedade Internacional de Trombose e Hemostasia (ISTH)**. *Brazilian Journal of Anesthesiology*, 2017.

CONSTANTINO, Vivian Marinelli. **Avaliação de novo protótipo “babypump” para circulação extracorpórea (cec): teste de resposta a hemostasia in vitro**. *Boletim Técnico da Faculdade de Tecnologia de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil*, v. 45, p 7-10. 2018.

MARTINS, Gerez Fernandes et al. **Trimetazidina e resposta inflamatória em cirurgia de revascularização do miocárdio**. *Arq Bras Cardiol*, v. 99, n. 2, p. 688-696, 2012.

MESQUITA, B. et al. **Resposta inflamatória na circulação extracorpórea: estratégias terapêuticas**. *Revista Médica de Minas Gerais*, v. 20 (4 Supl 1). 2010.

MOTA, André Lupp, et al. **“Circulação Extracorpórea Em Adultos No Século XXI: Ciência, Arte Ou Empirismo?”** *Revista Brasileira de Cirurgia Cardiovascular*, vol. 23, no 1, março de 2008, p. 78–92. DOI.org (Crossref), doi:10.1590/S0102-76382008000100013.

NKOMO VT, Gardin JM, SKELTON TN, et al. **Burden of valvular diseases: a population-based study**. *The Lancet Online*. August 18, 2006; Vol 368; pp 1005-1011.

PEREZ, A. D. P.; KASHIWAHURA, P. H. M. B. **O Perfusionista e as complicações da utilização da técnica de circulação extracorpórea em cirurgias cardíacas: revisão de literatura**. Encontro Internacional de Produção Científica- EPPC, Maringá, PR, Brasil, 24 a 26 de outubro de 2017.

RODRIGUES, Camila Cristine Torres dos Reis; ARAÚJO, Graziela. **Alterações Sistêmicas Associadas à Circulação Extracorpórea (CEC)**. *Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento*. Ano 03, Ed. 05, Vol. 02, pp. 36-54, Maio de 2018. ISSN:2448-0959

SANT'ANA, J. R. M.; LUCHESE, F. A. **Circulação extracorpórea para cirurgia cardíaca**. In: NESRALLA, I. *Cardiologia cirúrgica: perspectivas para o ano 2000*. 1 ed. São Paulo: Fundação editorial BYK, 1994 p. 244 - 263.

SANTOS, Ari-Tadeu Lírio et al. **Antifibrinolíticos e cirurgia cardíaca com circulação extracorpórea**. *Rev. Bras. Anesthesiol.* vol. 57, n. 5. Campinas. 2007.

SILVA, Ana Maria Rocha Pinto e et al. **Revascularização do miocárdio sem circulação extracorpórea em idosos: análise da morbidade e mortalidade.** Revista Brasileira de Cirurgia Cardiovascular, [s.l.], v. 23, n. 1, p.40-45, mar. 2008. FapUNIFESP (SciELO). Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-76382008000100008>. Acesso em: 22 nov. 2019.

SOUZA, M. H. L.; ELIAS, D. O. **Fundamentos da circulação extracorpórea.** 2.ed. Rio de Janeiro: Centro editorial Alfa Rio, 2006.

TANAKA, Kenichi A., et al. **“Heparin Anticoagulation in Patients Undergoing Off-Pump and on-Pump Coronary Bypass Surgery”.** Journal of Anesthesia, vol. 21, no 3, agosto de 2007, p. 297–303. DOI.org (Crossref), doi:10.1007/s00540-007-0506-1.

TORRATI, F.G.; DANTAS, R. A. S. **Circulação extracorpórea e complicações no período pós-operatório imediato de cirurgias cardíacas.** Acta Paulista de Enfermagem, [s.l.], v. 25, n. 3, p.340-345, 2012. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-21002012000300004>. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-21002012000300004. Acesso em: 26 mar. 2020.

VIANA, B. F. et al. **Principais complicações no pós-operatório imediato de revascularização do miocárdio.** In: CONGRESSO NACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTIFICA, 19., 29-30 nov. 2019, São Paulo. Disponível em: <http://conic-semesp.org.br/anais/files/2019/trabalho-1000004500.pdf>. Acesso em: 26 mar. 2020.

VIEIRA JUNIOR, Francisco Ubaldo; ANTUNES, Nilson; VIEIRA, Reinaldo W; ÁLVARES, Lúcia Madalena Paulo; COSTA, Eduardo Tavares. **Hemolysis in extracorporeal circulation: relationship between time and procedures: relationship between time and procedures.** Revista Brasileira de Cirurgia Cardiovascular, [s.l.], v. 27, n. 4, p. 535-541, 2012. Sociedade Brasileira de Cirurgia Cardiovascular. <http://dx.doi.org/10.5935/1678-9741.20120095>. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-76382012000400011. Acesso em: 22 abr. 2020.

ZYSKO, B. et al. **Percurso e avanço da perfusão extracorpórea na cirurgia cardiovascular.** Revista Saúde Integrada, v. 12, n. 25, p. 21-24, 2019 – Edição Especial Anais da I Semana Acadêmica de Biomedicina. Disponível em: <http://local.cneccsan.edu.br/revista/index.php/saude/index>. Acesso em: 26 mar. 2020.