

HELTON GONÇALVES MARTINS DE PAULA

**VALIDAÇÃO DO MODELO EX VIVO PARA TREINAMENTO
DA SUTURA VASCULAR DE PONTE CORONARIANA SEM
CIRCULAÇÃO EXTRACORPÓREA (OFF PUMP CABG)**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
FACULDADE DE MEDICINA
BELO HORIZONTE, MG
2021**

HELTON GONÇALVES MARTINS DE PAULA

**VALIDAÇÃO DO MODELO EX VIVO PARA TREINAMENTO DA SUTURA
VASCULAR DE PONTE CORONARIANA SEM
CIRCULAÇÃO EXTRACORPÓREA (OFF PUMP CABG)**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Aplicadas à Cirurgia e à Oftalmologia, da Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Minas Gerais, como parte dos requisitos para a obtenção do Grau de Mestre em Medicina.

Área de Concentração: Cirurgia e Oftalmologia

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Magaldi de Oliveira

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
FACULDADE DE MEDICINA
BELO HORIZONTE, MG
2021**

Paula, Helton Gonçalves Martins de.
P324v Validação do modelo Ex vivo para treinamento da Sutura Vascolar de Ponte Coronariana sem circulação extracorpórea (OFF PUMP CABG) [manuscrito]. / Helton Gonçalves Martins de Paula. -- Belo Horizonte: 2021.
42f.: il.
Orientador (a): Marcelo Magaldi de Oliveira.
Área de concentração: Cirurgia e Oftalmologia.
Dissertação (mestrado): Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Medicina.

1. Ponte Miocárdica. 2. Treinamento por Simulação. 3. Educação Médica. 4. Cirurgia Torácica. 5. Dissertação Acadêmica. I. Oliveira, Marcelo Magaldi de. II. Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Medicina. III. Título.

NLM: WG 300

Bibliotecário responsável: Fabian Rodrigo dos Santos CRB-6/2697



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
FACULDADE DE MEDICINA
PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS APLICADAS À CIRURGIA E À OFTALMOLOGIA

FOLHA DE APROVAÇÃO

**VALIDAÇÃO DO MODELO EX VIVO PARA TREINAMENTO DA SUTURA VASCULAR DO BYPASS
CORONARIANO SEM CIRCULAÇÃO EXTRA-CORPÓREA (OFF PUMP CABG)**

HELTON GONÇALVES MARTINS DE PAULA

Dissertação de Mestrado defendida e aprovada, no dia **trinta de agosto de dois mil e vinte e um**, pela Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em CIÊNCIAS APLICADAS À CIRURGIA E À OFTALMOLOGIA da Universidade Federal de Minas Gerais constituída pelos seguintes professores:

PROF. CHARLES SIMÃO FILHO

UFMG

PROF. ARTHUR ADOLFO NICOLATO

FAMINAS

PROF. MARCELO MAGALDI RIBEIRO DE OLIVEIRA - Orientador

UFMG

Belo Horizonte, 30 de agosto de 2021.



Documento assinado eletronicamente por **Arthur Adolfo Nicolato, Usuário Externo**, em 05/10/2021, às 16:55, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Charles Simão Filho, Professor do Magistério Superior**, em 08/10/2021, às 14:12, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Marcelo Magaldi Ribeiro de Oliveira, Professor do Magistério Superior**, em 12/10/2021, às 18:36, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0995483** e o código CRC **32235F8F**.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

Reitora

Prof^a. Dra. Sandra Regina Goulart Almeida

Vice-Reitor

Prof. Dr. Alessandro Fernandes Moreira

Pró-Reitor de Pós-graduação

Prof. Dr. Fabio Alves da Silva Junior

Pró-Reitor de Pesquisa

Prof. Dr. Mário Fernando Montenegro Campos

Diretor da Faculdade de Medicina

Prof. Dr. Humberto José Alves

Vice-Diretora da Faculdade de Medicina

Prof^a. Dra. Alamanda Kfoury Pereira

Coordenador do Centro de Pós-Graduação

Prof^a. Dr. Tarcizo Afonso Nunes

Subcoordenadora do Centro de Pós-Graduação

Prof. Dra. Eli lola Gurgel Andrade

Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Cirurgia em Ciências aplicadas à Cirurgia e à Oftalmologia

Prof^a. Dra. Vivian Resende

Chefe do Departamento de Cirurgia

Prof. Dr. Marco Antônio Gonçalves Rodrigues

Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Cirurgia em Ciências aplicadas à Cirurgia e à Oftalmologia

Prof^a Dra. Vivian Resende (Coordenadora)

Prof. Dra. Túlio Pinho Navarro (Subcoordenador)

Prof. Dr. Sebastião Cronemberger Sobrinho

Prof. Dr. Marcio Bittar Nehemy

Prof. Marco Antônio Percope

Artur William Caldeira Abreu Veloso (Representante Discente)

Se eu vi mais longe, foi por estar sobre ombros de gigantes.

Isaac Newton, 1675.

Letter from Sir Isaac Newton to Robert Hooke. Historical Society of Pennsylvania

A Deus, pela possibilidade diária de ser instrumento de
atenção e cuidado para meus pacientes.
A minha família, pelo apoio, pelo carinho e cuidados durante toda
minha caminhada de vida e profissional.

AGRADECIMENTOS

Ao professor Dr. Marcelo Magaldi, sujeito principal e idealizador deste plano de excelência no treinamento vascular, pela orientação neste trabalho.

A Dra. Isabella Resende Pontes, fundamental para realização deste trabalho.

À acadêmica do laboratório, Pollyana Costa, que se dedicou e auxiliou neste trabalho com afinco, sendo essencial na realização deste projeto.

RESUMO

INTRODUÇÃO: A cirurgia de ponte coronariana com enxerto (CRVM) requer técnicas cirúrgicas específicas adquiridas com treinamento intensivo. A realização de tais cirurgias sem circulação extracorpórea (CEC) exige prática adicional devido à sutura vascular em uma superfície instável. Um simulador de alta fidelidade, eticamente correto, acessível e disponível poderia ser usado para ensinar anastomose vascular a cirurgiões sem experiência técnica e manter a habilidade profissional, se os resultados da validação forem significativos, constituindo o objetivo do nosso estudo. **MATERIAIS E MÉTODOS:** Dissecção de vasos, arteriotomia, anastomose vascular e anastomose vascular dentro de uma superfície pulsátil realizada em simulador de placenta humana e bovina reproduziu as principais tarefas cirúrgicas da cirurgia de ponte coronariana com enxerto sem bomba de CEC. Dez participantes aderiram voluntariamente ao estudo para realizar a validade de construto e concorrente após vivenciar o simulador, sendo os dados adquiridos submetidos à análise estatística. **RESULTADOS:** Placentas humanas e bovinas são adequadas para simular aspectos técnicos da CRVM sem CEC. A validade de construção destacou a fidelidade do simulador, estratificando o nível de competência cirúrgica com $p < 0.05$ entre os cirurgiões com e sem experiência em CRVM. A validade concorrente enfrentou simulador de placenta ex vivo com modelos de animais vivos e mortos, enfatizando as vantagens e limitações do modelo proposto. **CONCLUSÃO:** A CRVM sem CEC pode ser tecnicamente simulada em um modelo ex vivo com parâmetros de validação positivos. As vantagens em relação aos simuladores existentes são a disponibilidade, fidelidade e aceitação ética sem a necessidade de infraestrutura específica para sua execução, potencializando seu uso global. Estudos de validade preditiva são obrigatórios para traduzir esta pesquisa em significância clínica.

Palavras-chave: Ponte coronariana, Ponte coronariana sem CEC, simulação cirúrgica, educação cirúrgica, cirurgia cardiotorácica

ABSTRACT

INTRODUCTION: Coronary artery bypass grafting (CABG) surgery requires specific surgical techniques acquired with intensive training. Off pump conditions demands additional practice due to vascular suture in an unstable surface. A high fidelity, ethically correct, affordable and available simulator could be used to teach vascular anastomosis to novice surgeons and maintain professional ability, if validation results are significant, constituting the aim of our study. **MATERIAL AND METHODS:** Vessel dissection, arteriotomy, vascular anastomosis and vascular anastomosis within a pulsatile surface performed in human and bovine placenta simulator reproduced off pump CABG main surgical tasks. Ten participants voluntarily joined the study to conduct construct and concurrent validity after experiencing the simulator, with acquired data submitted to statistical analysis. **RESULTS:** Human and bovine placentas are suitable to simulate technical aspects of off pump CABG. Construct validity highlighted simulator fidelity, stratifying surgical competence level with a $p .005$ among surgeons with and without CABG experience. Concurrent validity faced placenta ex vivo simulator with synthetic, live and dead animal models, emphasizing proposed model advantages and limitations. **CONCLUSION:** Off pump CABG can be technically simulated in an ex vivo model with positive validation parameters. Advantages over existing simulators are availability, fidelity and ethical acceptance without any specific infra-structure required to be executed, potentially promoting its global usage. Predictive validity studies are mandatory to translate this research into clinical significance.

Key words: CABG, off pump CABG, surgical simulation, surgical education, cardiothoracic surgery

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Simulador de CABG ex vivo sem CEC	30
Figura 2 - Placenta humana	30
Figura 3 - Vasos de placenta bovina	30
Figura 4 - A patência da anastomose	30
Figura 5 – Simulação de CRVM	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Comparação de simuladores CRVM	17
Tabela 2 - Dados obtidos com modelo de revascularização do miocárdio ex vivo sem bomba em dois grupos: com experiência prévia de CRVM (E) e sem experiência em CRVM (N) - Validade do trabalho	33

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ATI	Artéria Torácica Interna
CRVM	Cirurgia de Revascularização do Miocárdio
CEC	Circulação Extracorpórea
cm	Centímetro
CRVM	Cirurgia de Revascularização do Miocárdio
mm Hg	milímetro de Mercúrio
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. REVISÃO DA LITERATURA	16
3. OBJETIVOS	27
4. MATERIAIS E MÉTODOS	28
5. RESULTADOS	32
6. DISCUSSÃO	33
7. CONCLUSÃO	40
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41
ANEXO 1 – Tabela de Revisão Bibliográfica	42
ANEXO 2 – Pesquisa: Número de Artigos Encontrados: Simulação CRVM	43

1. INTRODUÇÃO

Simuladores de cirurgia cardiotorácica são utilizados em alguns centros acadêmicos para auxiliar no treinamento técnico cirúrgico. O padrão-ouro em simulação de cirurgia de ponte coronariana com enxerto (CRVM) é executado em coração suíno vivo, mas requer regulamentações específicas para utilização de animais em laboratório e infraestrutura disponíveis apenas em alguns centros em todo o mundo. Essas desvantagens estimulam a criação e o desenvolvimento de novos métodos de treinamento que devem possuir alta fidelidade e resultados de validação positivos para justificar sua aceitação científica.

Baseado em publicações anteriores de DE OLIVEIRA, Marcelo Magaldi Ribeiro *et al.* (2019), esta pesquisa utilizou placentas humanas e bovinas devido às suas características. Esses tecidos *ex vivo* nunca foram descritos como um possível modelo de treinamento para cirurgia cardíaca. A placenta humana foi descrita pela primeira vez como uma ferramenta de treinamento microcirúrgico vascular em 1979 e a placenta bovina como um modelo cirúrgico vascular em 2017. Com a crescente limitação de acesso a cadáveres e o questionamento ético do treinamento de cirurgiões em formação em pacientes vivos, a utilização da placenta para treinamento de microcirurgia vascular tem fundamental papel. Com um baixo custo e acessível, uma vez que as placentas são descartadas após o nascimento e o volume de peças é alto, em serviços hospitalares com maternidade, e somada a realidade do tecido vascular fresco para simulação cirúrgica de vasos, a placenta vem se tornando ferramenta fundamental para facilitar e agregar a formação dos cirurgiões vasculares.

Com a circulação extracorpórea consegue-se uma situação mais próxima do ideal para realização de ponte coronariana com enxerto, já que nesse caso, o cirurgião lida com coração em parada circulatória. Porém, a exposição do sangue à superfície não endotelial do circuito da circulação extracorpórea desencadeia uma reação inflamatória importante (sistêmica e endotelial) e pode causar danos ao tecido sanguíneo, como

microembolos de gás, danos aos elementos figurados do sangue, como relatado por AULER JR, José Otávio Costa; CHIARONI, Silvia (2000).

A CRVM sem CEC tem como pioneiro no Brasil o Prof^o Dr. Enio Buffolo (UNIFESP, 1982) e recebeu grandes contribuições do Prof^o Dr. Ricardo de Carvalho Lima (UFPE). A técnica utiliza-se de dispositivos que promovem estabilidade ao vaso e fixador cardíaco, que se acopla à ponta do coração. Conta ainda com utilização de shunt (pequeno tubo de silicone, flexível, transparente, com diâmetro variando de 1 a 3 milímetros), que permanece na luz do vaso durante a feitura da anastomose entre o enxerto e a coronária. A utilização do shunt oferece mais segurança ao paciente, por dispensar o uso da circulação extracorpórea e, conseqüentemente, os seus malefícios, além de evitar isquemia do miocárdio durante a anastomose e mantendo um campo cirúrgico sem sangue, facilitando, assim, a realização da anastomose.

A Cirurgia de Revascularização do Miocárdio sem CEC requer maior habilidade cirúrgica do que CRVM com CEC, mas possui a vantagem de não usar a circulação extracorpórea. O maior desafio do cirurgião em realizar este procedimento é a dificuldade de realizar sutura vascular em superfície móvel, mesmo que estabilizada em sua quase totalidade. A crítica relatada em publicações que confrontam as duas técnicas reside em resultados inferiores e mais complicações com a técnica de CRVM com CEC. Ferramentas de treinamento prático ao vivo e sintéticas enfrentam barreiras como questões éticas, custos, fidelidade e infraestrutura necessária. Se um simulador pudesse reduzir e melhorar a curva de aprendizado de maneira prática e pudesse ser reproduzida globalmente, provavelmente atrairia a atenção para o uso generalizado em modelos de treinamento.

Nosso grupo propôs um modelo de treinamento de sutura vascular do CRVM sem CEC que é biológico, ex vivo, que não utiliza animais sacrificados, com possível reprodução e de alta fidelidade das tarefas principais do procedimento. A descrição e validação desse modelo foi realizada visando justificar futuros estudos prospectivos maiores.

2. REVISÃO DA LITERATURA

A relevância do tema sobre a importância de se encontrar instrumentos para treinamento de cirurgiões em formação, que não conflitam com questões éticas, exposição do paciente a profissional sem treinamento completo, custo elevado com materiais e animais vivos ou mortos e eficácia dos modelos criados impulsionaram pesquisadores a inovarem modelos com animais vivos e mortos, sintéticos e até virtuais. Neste trabalho, realizou-se revisão sistemática da literatura no Pubmed no período de 29 de junho de 2020 a 31 de julho de 2021 (Tabela 1). Foram utilizadas as seguintes palavras-chave: *CABG, off pump CABG, surgical simulation, surgical education, cardiothoracic surgery*; em ambos os idiomas, português e inglês. Na busca (Anexo 2) surgiram 142 artigos publicados entre 1983 a 2020, havendo o maior índice de publicações em 2015 e 2016 com 21 artigos sobre o tema. A partir da pesquisa, os artigos foram filtrados por relevância e preenchimento dos seguintes critérios: custo e disponibilidade, preocupações éticas, descrição técnica (ex.: virtual, sintético, animal vivo ou morto, cadáver), checagem de patência pós-sutura, simulação de sangramento, se encaixar como simulador de revascularização sem CEC, validação, possibilidade de ser modelo pulsátil, fidelidade do modelo, semelhança da dissecação com cirurgia real, simulação de complicações.

Dos onze artigos selecionados e abordados neste trabalho, temos seis modelos sintéticos, um modelo placentário, outros cinco artigos com animais mortos, havendo apenas um com animal vivo e um com modelo virtual. Um trabalho apresentou tipos variados de modelos.

Há de se destacar que os modelos placentário e sintético apresentam custos de reprodutibilidade mais baixos. Entretanto, nos sintéticos foram utilizados vasos de poliuretano, silicone e hidrogel que demonstraram uma discrepância da sutura vascular dos demais modelos, tendo similaridade inferior ao modelo placentário.

Tabela 1- Comparação de simuladores CRVM

Autor e simulador descritos	Tarefas de parte da anastomose vascular (descrição do modelo)	Simulador de Resvascularização sem CEC	Validação*	Modelo Pulsátil	Fidelidade	Custo/ Disponibilidade
<i>Reuthebuch O, et al. 2002.</i>	Modelo de coração humano de poliuretano, inserido no tórax de um manequim. Através de um conector ligado à veia cava inferior, ar pode ser injetado na cavidade, simulando o batimento cardíaco	Sim	4 (Validado)	Pulsátil	Não cita	Não cita / Disponível
<i>Trehan K, et al. 2014.</i>	Apresenta diversos modelos (human performance simulator, simple bench model, virtual reality simulator)	Sim	4 (Validado)	Não-pulsátil	“boa”	Não cita / Disponível
<i>Izzat MB, et al. 1998.</i>	Coronária de porco é colocada sobre plataforma flutuante que simula o epicárdio. Uma engrenagem abaixo da plataforma projeta rodas denteadas que fazem a plataforma se movimentar simulando os batimentos cardíacos	Sim	3 (Validado)	Não-pulsátil	Limitada	Custo baixo / Disponível
<i>Ito J, et al. 2013.</i>	Vaso sanguíneo Sintético (silicone) preso em uma plataforma conectada a uma mesa de bater (beat, youcan)	Sim	5 (Validado)	Não-pulsátil	Não cita	Não cita / Disponível
<i>Fann JI, et al. 2008.</i>	Sintético (vasos de silicone e modelo de coração pulsátil com vasos na posição anatômica real)	Sim	3 (Utilizado por número limitado de residentes)	Pulsátil	Não cita	Menor que o custo com órgãos de animais / Apenas para número limitado de residentes
<i>Saba P, et al. 2020.</i>	Modelo de coração de hidrogel feito a partir de impressora 3D, usando dimensões e anatomia de um coração humano	Sim	5 (Validado)	Pulsátil	Modelo altamente fidedigno	15\$ de material primas e 15\$ de suprimentos para cada unidade do modelo / Disponível
<i>Wu, Song; et al. 2020.</i>	Coração isolado de porcos pulsátil (inserção de um balão intra-aórtico ligado a uma máquina de pressão) e não pulsátil. Para realização da pontes, são usados restos de sanefas humanas	Sim	4 (Disponível apenas para realização do trabalho)	Pulsátil	Fidedigno	Não cita / Disponível apenas para realização do trabalho
<i>Kasai, Mio; et al. 2020.</i>	Coração suíno conectado a fios elétricos e estabilizado por um suporte de plástico	Sim	5 (Validado. Disponível protótipo)	Pulsátil	Alta fidelidade	Baixo Custo / Disponível protótipo
<i>Xiaopeng Liu, et al. 2016.</i>	Utiliza mini porcos chineses vivos	Sim	5 (Validado)	Pulsátil	Alta fidelidade	Não cita / Disponível
<i>Maluf, Miguel Angel; et al. 2020.</i>	Quatro modelos apresentados: tubos de silicone, manequim humano com coração de plástico, manequim humano com coração bovino estático, manequim humano e coração de porco pulsátil.	Sim	4 (Validado. No momento da publicação, estavam disponíveis apenas protótipos)	Não-pulsátil / Pulsátil	Simulam movimento do coração e calibre das artérias	Não cita / Apenas protótipos disponíveis
<i>Paul S. Ramphal, et al. 2005.</i>	Coração de porco posicionado em cavidade torácica de manequim, acoplado a um computador que comanda a simulação de diferentes situações clínicas (dentro do coração são inseridos balões conectados a bombas controladas pelo computador)	Sim	4 (Modelo ainda sendo aprimorado)	Pulsátil	O modelo permite interação com tecidos de forma fidedigna, expondo o residente a situações realísticas	Não cita / Indisponível

*Itens Likert de 5 pontos: 5, muito semelhante; 4, semelhante; 3, alguma semelhança; 2, pouca semelhança; 1, não é semelhante.

A perfusão dos modelos foi simulada com infusão de soluções salinas, aquosas e com corantes, destacando-se os modelos placentário e sintéticos com verificação da patência através da infusão de solução sob pressão.

Nos modelos com animais vivos, as complicações foram decorrentes do organismo vivo, tendo como limitação arritmias cardíacas, durante o treinamento, a serem discutidas posteriormente por este trabalho. Por meio de programação prévia do software alguns modelos sintéticos permitiram a simulação de complicações. O modelo placentário demonstrou eficácia ao simular sangramento.

Em 2002, em Zurique, REUTHEBUCH, Oliver *et al.* (2002) propuseram um modelo de treinamento cirúrgico com coração pulsátil para aumentar a segurança e a precisão desse procedimento. Nesse trabalho, o grupo da Universidade de Zurique, criou um modelo de coração humano em poliuretano, inserido no tórax de um manequim. A cobertura usada neste modelo é uma réplica 1:1 da parede torácica humana com estruturas esqueléticas opcionalmente incorporadas. Permite realização de esternotomia, endoscopia ou toracotomia lateral, possui pulmões com possibilidade de insuflação, além do coração univentricular com grandes vasos. E ainda, com pericárdio suturável, levando a simulação de exposição das artérias a serem operadas, com variabilidade da espessura das paredes arteriais. Através de um conector ligado à veia cava inferior, o ar pode ser injetado na cavidade, simulando o batimento cardíaco. Sem utilizar nenhum modelo animal, o trabalho permite simulação de dissecação e checagem de patência de sutura realizada através da infusão de solução salina sob pressão. Coronárias artificiais descartáveis de tamanho, qualidade da parede ou espessura variáveis são incorporadas ao miocárdio sintético. Vasos de duas camadas, que podem simular a dissecação, estão disponíveis. As coronárias / pontes, bem como parte da aorta ascendente, são herméticas e podem ser lavadas com solução salina. Os pulmões podem ser inflados. O modelo conta também com uma bomba construída especificamente para induzir o movimento do coração com volume sistólico ajustável ou

aleatório. Era possível treinar com o coração pulsátil ou não. O tempo necessário para uma anastomose foi semelhante à experiência clínica. Cada tecido artificial mostrou suas qualidades naturais e individuais. Vários graus de dificuldade podem ser selecionados, de acordo com o volume sistólico, frequência cardíaca, arritmia, tamanho do vaso e qualidade do vaso. O modelo pode ser configurado de forma rápida e fácil e é totalmente reutilizável. Após ser testado por 30 cirurgiões, em um curso 'Wet-Lab', e validado como opção de treinamento gradual (iniciado com anastomose latero-terminal ou termino-terminal e evoluindo para revascularização com coração em repouso até o treinamento com batimentos), percebeu-se que o tempo de aprendizado no modelo sintético e em humanos é semelhante e foi disponibilizado para compra na internet. O modelo tem um custo acessível, além de possibilitar a substituição de peças (artérias de poliuretano) desgastadas ou danificadas pelo uso no treinamento.

O grupo de cirurgia torácica do Hospital Johns Hopkins, em Baltimore, em 2014, TREHAN, Kanika; KEMP, Clinton D; YANG, Stephen C. (2014), focado em reduzir os riscos associados às operações complexas de cirurgia cardiotorácica, realizou uma busca abrangente de todas as publicações relativas à simulação de procedimentos cirúrgicos cardiotorácicos usando PubMed, fornecendo uma visão geral de todos os modelos de simulação. Apesar da ampla gama de simuladores disponíveis, poucos modelos foram formalmente avaliados quanto à validade e valor educacional. Sobre o redução dos riscos em cirurgias cardio-torácicas, o treinamento prévio em simuladores de desempenho humano, modelos de bancada simples ou simuladores de realidade virtual, defendido na revisão de TREHAN, Kanika; KEMP, Clinton D; YANG, Stephen C. (2014) mostraram-se eficientes e uniformes para formação e treinamento de *fellows* e residentes. Relata que desde o século XIX, cirurgiões já se utilizavam de cadáveres de animais para treinamento, e nas últimas décadas esses treinamentos evoluíram para modelos artificiais, como modelos constituídos por coração de porco preenchido com balão insuflável, controlado por software, que simula os batimentos cardíacos com

variação de frequência e pressão, perfundido por sangue artificial que ocupa todo sistema e permite a checagem de sangramento após sutura. Ainda, cita modelo estático, elástico, realístico, de borracha, apoiado em bancada, afirmando que todos modelos relatados possuem limitações, que são essenciais para o treinamento e a transição segura na curva de aprendizado, mas não eliminam a necessidade do contato com o paciente em situação de cirurgia real.

IZZAT, Mohammad Bashar; EL-ZUFARI, Mohammad Hazem; YIM, Anthony P. C. (1998) descreve um simulador da artéria coronária (geralmente utilizando uma artéria mamária porcina), montado em uma plataforma flutuante, que simula a superfície epicárdica. Com um motor, embaixo da plataforma, com rodas projetadas e espaço entre elas ajustável, imita os batimentos cardíacos com as rotações do motor e a elevação intermitente da plataforma pelas rodas. Há possibilidade de se ajustar a velocidade das rotações e reproduzir frequências cardíacas entre 40 e 150 batimentos / min, além de variar a distância entre as rodas projetadas, podendo simular várias arritmias. Ainda, é possível ajustar o grau de dificuldade da plataforma para tornar o procedimento mais desafiador. Informa que uma versão avançada do modelo com controles eletrônicos, capazes de simular arritmias específicas (por exemplo, extrassístole, bigeminia, fibrilação atrial), está em desenvolvimento pelo grupo. A dificuldade da abordagem da coronária no coração em movimento, na CRVM sem CEC, é descrita por IZZAT, Mohammad Bashar; EL-ZUFARI, Mohammad Hazem; YIM, Anthony P. C. (1998) relatando inúmeros instrumentos criados para estabilizar o seguimento a ser operado. Ainda, defendem um treinamento prévio para cirurgiões, uma vez que o trauma durante abertura da caixa torácica, fora do tempo principal cirúrgico, possa ser mais danoso para o paciente que a própria cirurgia no coração. Discute, ainda, que modelos utilizando animais são boas ferramentas de treinamento, mas pouco acessíveis, com custo relativamente alto; que artéria mamária de animais vivos, quando reparada, rapidamente, induz fibrilação atrial,

limitando o tempo de trabalho para a prática da bypass sem CEC e cirurgia minimamente invasiva com coração pulsátil, em razão da arritmia causada.

O trabalho japonês de ITO, Joji *et al.* (2013), do departamento de cirurgia cardiovascular do Hospital Central de Kurashiki, criou um novo sistema de simulador "BEAT, YOU CAN" com 2 componentes. Um modelo de vaso de silicone descartável com estrutura de 3 camadas, que imita a artéria torácica interna e uma mesa de batimento com suporte compatível com a peça de silicone. Os vasos de silicone descartáveis, que simulam a artéria coronária, são incluídos em uma peça de silicone amarela de 4 x 7 cm. O padrão arbitrário de batimento cardíaco e o ângulo são compatíveis com o controlador. No simulador, quatro residentes de cirurgia cardiovascular, sem experiência em cirurgia de revascularização do miocárdio, realizaram anastomose término-lateral com polipropileno 7-0, simulando a anastomose mamária à coronária. Foram registrados para cada anastomose, o tempo para completar a anastomose, o número de suturas colocadas e o número de problemas. ITO, Joji *et al.* (2013) apresenta também um modelo que possui controle eletrônico manual, compacto, com vaso sanguíneo de silicone realísticos, com 3 camadas, elasticidade semelhante ao real e cerca de 30% mais frágil que uma artéria torácica interna humana, entremeado em uma placa de silicone de 4 x 7 cm, colocada em mesa móvel com possibilidade de mudança da angulação e ritmo dos batimentos. Comparou as suturas dos cirurgiões inexperientes previamente e após o treinamento. Observou melhora na curva de aprendizado, na regularidade entre as distâncias das suturas, na tensão dos pontos e redução no número de eventos adversos, como lesão do vaso. Entretanto, alerta sobre a limitação do modelo com a relação clínica do cirurgião em treinamento em situações reais de cirurgia.

FANN, James *et al.* (2008) criaram estações de trabalho portáteis com um grupo de 8 residentes com o objetivo de avaliar a prática cirúrgica usando uma estação de tarefas portátil e a experiência em um modelo de coração pulsátil no treinamento de anastomose coronária. Realizaram 2 anastomoses término-laterais com a estação de

trabalho, seguidas de 2 anastomoses término-laterais na artéria descendente anterior usando o modelo de coração batendo a 70 batimentos / min. Os residentes levaram para casa a estação de tarefas, registrando os tempos de prática. Em 1 semana, os residentes realizaram 2 anastomoses na estação de tarefas e 2 anastomoses no modelo de coração batendo. Desempenhos da anastomose foram cronometrados e revisados. As pontuações de classificação de desempenho mostraram uma melhoria em todos os componentes. Por uma validação aparente (*face validity*), 88% dos residentes concordaram que o posto de trabalho é um bom método de treinamento e 100% concordaram que o modelo de coração batendo é um bom método de treinamento. O tempo limitado de treinamento dos residentes, o custo do treinamento, segurança do paciente operado por um cirurgião em treinamento, mesmo sob assistência e vigilância da preceptoria, foi discutido por FANN, James *et al.* (2008). Por meio de um modelo portátil, que os residentes, divididos por tempos distintos de formação, puderam levar para prática domiciliar com tarefas específicas, verificou que houve redução do tempo de sutura e melhoria na qualidade das suturas. Após o treinamento domiciliar, que proporcionava ambiente tranquilo e o *trainee* descansado, foi confirmado, em um modelo de coração pulsátil simulando cirurgia real, na sala cirúrgica, o crescimento na curva de aprendizado, gravado por vídeo e avaliada a performance por cirurgiões formados. O autor critica o número reduzido de cirurgiões avaliados (6 residentes) e a limitação de tempo e custo para esse tipo de modelo de treinamento.

O trabalho norteamericano, SABA, Patrick *et al.* (2020), realizado pelo Laboratório de Inovação de Simulação, pelo Departamento de Urologia e pela Divisão de Cirurgia Cardíaca, do Centro Médico da Universidade de Rochester, buscou criar uma plataforma de simulação que unisse os benefícios do tecido de alta fidelidade com a acessibilidade de simuladores não perigosos. Sabendo do potencial educacional dos modelos impressos tridimensionais (3D), mas com limitação dos materiais irreais com feedback tátil pobre, desenvolveram uma técnica que usa moldes impressos em 3D e hidrogel de

álcool polivinílico. Produziram hidrogel altamente realístico, com tecidos não perigosos que podem ser dissecados, cauterizados e suturados. Os tecidos são a base para uma plataforma de simulação altamente personalizável, realista e fácil de usar. A partir de imagens de tomografia computadorizada foi utilizada a anatomia desejada para criar moldes negativos, que foram impressos em 3D (Ultimaker, Utrecht, Holanda), preenchidos com hidrogel de álcool polivinílico e processados para replicar as propriedades mecânicas do miocárdio suíno e do tecido aórtico. A fabricação levou aproximadamente 10 horas com um custo de 15 dólares de matéria-prima, 15 dólares de suprimentos, uma impressora 3D comercial e um freezer. Vários modelos puderam ser fabricados simultaneamente e os moldes reutilizados indefinidamente, aumentando as economias de escala e reduzindo os tempos de produção para reproduzir os modelos estabelecidos. A utilidade da plataforma na simulação de um *bypass* foi avaliada por 3 cirurgiões cardíacos e 5 residentes cardiotorácicos do primeiro ao sexto ano de residência. Um dos fatores mais importante de limitação dos modelos é o custo. Afirma que os modelos em cadáveres e porcos vivos são padrão-ouro para o aprimoramento, mas pouco acessíveis, com questionamento ético importante e com alto custo. E, assim, defendem o modelo como sem questionamento ético-legal e acessível, produção em larga escala, com possibilidade de ajuste da ferramenta em diferentes níveis de dificuldade das técnicas sem uso de material biológico.

Em 2020, em Pequim, WU, Song; LING, Yun-Peng; ZHAO, Hong. (2020), do Departamento de Cirurgia Cardíaca do Hospital da Universidade de Pequim, inseriu o balão do balão intra-aórtico (BIA) no ventrículo esquerdo de um coração de porco isolado para formar um simulador de batimento cardíaco. Este modelo simulou a cirurgia de revascularização do miocárdio sem CEC, e o modelo de coração sem batimento simulou a cirurgia de revascularização do miocárdio com CEC para treinamento de cirurgiões. Entre 2017 e 2019, 60 cirurgiões em treinamento foram divididos aleatoriamente em grupos de treinamento de simulador de coração não pulsátil e

pulsátil. O treinamento durou 3 meses. O desempenho da anastomose foi avaliado no início (após 1 mês), ponto médio (após 2 meses) e no final da avaliação (após 3 meses). Os trainees obtiveram melhora do seu desempenho na anastomose da artéria coronária, após 3 meses de treinamento, independentemente de terem sido treinados no simulador de coração batendo ou não ($p < 0,05$). Em ambos os testes de simulador de coração não pulsátil e pulsátil, os trainees obtiveram melhora da performance cirúrgica. Entretanto, no grupo de modelo pulsátil tiveram melhor desempenho do que aqueles no grupo de modelo não pulsátil no uso de instrumentos microcirúrgicos, qualidade anastomótica e velocidade anastomótica após 3 meses de treinamento ($p < 0,05$).

Contraopondo as limitações de trabalhos que não permitem checagem de patência pós-sutura, não permitem dissecação e simulação de sangramento, WU, Song; LING, Yun-Peng; ZHAO, Hong. (2020) utilizando-se de coração suíno e restos de safenas humanas, com inserção de balão intra-órtico, ligado a uma máquina de pressão, desenvolveram um modelo pulsátil, com regulação de frequência e pressão das pulsações, e não-pulsátil para realização de pontes coronarianas. Mas afirma que é limitado para a simulação das pressões psicológicas durante situações reais de cirurgia.

KASAI, Mio; OSAKO, Motohiko; YOSHINO, Hideki. (2020), do Centro Cardiovascular e de Arritmia na Organização Nacional Hospitalar do Centro Médico de Tóquio, construíram um simulador composto de materiais facilmente disponíveis. Um motor com aproximadamente 2 cm de tamanho com pequenas asas de plástico colocadas em ambos os lados ao lado do braço de plástico. O porta-coração é composto por um porta-fios e um estabilizador cardíaco. Um coração suíno é usado para o procedimento, e o simulador de revascularização do miocárdio sem CEC é inserido no ventrículo esquerdo cortado. Os corações foram obtidos em matadouros de animais mortos para consumo. Nenhum dos animais foi sacrificado especificamente para uso neste exercício. Com alta fidelidade, custo baixo, portátil e permitindo o treinamento de dissecação, KASAI, Mio; OSAKO, Motohiko; YOSHINO, Hideki. (2020) inovaram com coração suíno conectado

a fios elétricos e estabilizado por um suporte de plástico. Como há um aproveitamento do coração de porcos abatidos para consumo, entendem que o questionamento ético-legal fica diminuído, já que não ocorre morte dos animais somente para o treinamento de CRVM sem CEC.

Com o objetivo de criar simuladores de alta fidelidade, LIU, Xiaopeng *et al.* (2016), na China, utilizou-se de animais vivos. A artéria torácica interna esquerda (ATI) de 3 porcos chineses em miniatura foi enxertada na artéria coronariana descendente anterior esquerda usando uma anastomose término-lateral. O segmento livre do ATI foi fixado na superfície do ventrículo, tornando-o artéria coronariana, simulando batimentos cardíacos em sincronia com o coração. Um total de 6 a 8 anastomoses de treinamento foram feitas em cada ATI. No total, 19 cirurgiões residentes, com pelo menos 3 anos de experiência profissional em cirurgia cardíaca, foram treinados com o novo modelo. Suas performances foram gravadas e revisadas. As emergências ocorridas durante o processo de treinamento incluíram hipotensão (7 procedimentos), taquiarritmia (4 procedimentos) e baixa saturação de oxigênio no sangue (1 procedimento). Concluíram que a utilização da artéria torácica interna, por ser longa, oferece chance de maior número de repetições da técnica, com calibre e lúmen adequados para simular artérias coronarianas anteriores, principalmente em CRVM sem CEC de pacientes idosos e de alto risco, com coração pulsátil. A utilização desse modelo de animais vivos revelou-se importante para treinamento de residentes, uma vez que potencializa a simulação de um paciente vivo, levando exposição do *trainee* a fatores não somente técnicos, com o também, habilidades cognitivas e experiência em lidar com situações de emergência. E o uso de porco oferece uma anatomia cardíaca muito semelhante à humana e a manipulação da artéria torácica interna não produz arritmia cardíaca e morte precoce do animal, como quando se realiza o reparo da coronária relatado por IZZAT, Mohammad Bashar; EL-ZUFARI, Mohammad Hazem; YIM, Anthony P. C. (1998).

O estudo brasileiro de MALUF, Miguel Angel *et al.* (2020) envolveu residentes da UNIFESP na realização de anastomoses coronarianas, com objetivo de avaliar suas habilidades e certificar os resultados, utilizando o Simulador de Anastomose Arroio e modelos cirúrgicos da UNIFESP. Os residentes do primeiro ao sexto ano (3 residentes do primeiro ano, um do quarto ano, três do quinto ano e três do sexto ano de residência de cardiovascular) frequentaram um programa semanal de formação técnica em anastomose coronária. O teste de avaliação foi composto por 10 itens, utilizando uma escala de 1 a 5 pontos em cada um deles, gerando um escore global de no máximo 50 pontos. O desempenho técnico do candidato apresentou melhora em todos os itens, principalmente habilidade manual e progresso técnico, senso crítico do trabalho executado, confiança no procedimento e redução do tempo necessário para realização da anastomose após 12 semanas de prática. Apresentando quatro modelos: (1) tubos de silicones (Simulador de Arroyo), (2) manequim humano com coração de plástico, (3) manequim humano com coração bovino estático e (4) manequim humano e coração de porco pulsátil. Em todos os simuladores, foram utilizados solução aquosa e corante para simular sangramento. MALUF, Miguel Angel *et al.* (2020), em sua conclusão, que tais modelos de treinamento, com possibilidade de exposição do *treinee* a dificuldades técnicas progressivas, são essenciais para formação e aperfeiçoamento das habilidades técnicas do cirurgião cardiovascular em formação e redução dos riscos para o paciente, tornando as cirurgias de CRVM mais seguras.

Com um modelo realista RAMPHAL, Paul *et al.* (2005) do Departamento de Cirurgia, Universidade das Índias Ocidentais, na Jamaica, desenvolveram um simulador baseado em tecido, assistido por computador, desenvolvido para uso no treinamento de residentes de cirurgia cardíaca na condução de uma variedade de procedimentos cirúrgicos cardíacos em uma unidade de cirurgia cardiorácica de baixo volume. O simulador também pode ser usado para demonstrar a função de tecnologia específica para procedimentos cirúrgicos cardíacos de uma forma que antes só era possível por

meio da realização de um procedimento em um animal ou ser humano vivo. Utiliza-se de um coração suíno em um novo ambiente de sala de cirurgia simulada com monitoramento hemodinâmico simulado em tempo real e fluxo sanguíneo coronário, nos modos de coração parado e batendo. O modelo foi usado como uma ferramenta de treinamento para residentes de cirurgia. Os procedimentos de revascularização do miocárdio padrão e do coração batendo, a substituição da válvula aórtica, a substituição do homoenxerto aórtico e os procedimentos de autoenxerto pulmonar podem ser simulados com alto grau de realismo e com a sobreposição de cenários clínicos adversos que requerem tomada de decisão válida e julgamentos clínicos a serem feitos pelo estagiários. Nos serviços em que o volume cirúrgico é reduzido, RAMPHAL, Paul *et al.* (2005) reforçam ainda mais a necessidade de utilização dos modelos de simulação para treinamento dos residentes. Sendo assim, criou seu modelo a partir do coração explantado de suínos abatidos para consumo e controlado por software, no qual um coração de porco é posicionado em cavidade torácica de manequim, acoplado a um computador que comanda a simulação de diferentes situações clínicas (dentro do coração são inseridos balões conectados a bombas controladas pelo software). Além da simulação de sangramento, utilizando líquido com pigmento, a situação de cirurgia foi simulada em bloco cirúrgico, com cumprimento de protocolos para cirurgia segura e monitorização do ato operatório, que contribuíram para a formação dos residentes com um modelo realístico e sem questionamento ético-legal.

3. OBJETIVOS

Descrever e validar quanto a face, conteúdo e constructo, modelo ex vivo para treinamento de sutura vascular de ponte coronariana sem CEC.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

O projeto de pesquisa foi aprovado pelo comitê de ética e pesquisa, da Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). O trabalho foi desenvolvido no laboratório de Microcirurgia da Faculdade de Medicina da UFMG, no período de março de 2019 a dezembro de 2020. O termo de consentimento da gestante, para a utilização da placenta, foi obtido na prática ambulatorial. Após a análise patológica da placenta e certificação da ausência de doenças infecto contagiosas da gestante, a placenta (oriunda de parto a termo) era encaminhada ao laboratório para desenvolvimento do projeto.

Após aprovação da pesquisa pelo comitê de ética, foram realizadas simulações no Placentarium com 20 placentas, sendo 10 humanas e 10 bovinas. Todas as placentas foram lavadas em água doce e tiveram seus vasos do cordão umbilical cortados e canulados com cateter urinário número 4 french, para vasos de placenta humana, e número 10 french, para vasos de placenta bovina. Foi infundida solução salina no tecido ex vivo com pressão de 90 mm HG para remoção de todos os coágulos sanguíneos dos vasos.

Os materiais necessários para conduzir o estudo incluíram as placentas referidas, cateteres urinários, pinças cirúrgicas, tesoura, porta-agulha, pinça hemostática, luva cirúrgica, bomba de infusão, seda 0, náilon 6-0, solução salina, cola, porta-braço de mesa e lente de 3 X de aumento. As placentas humanas foram obtidas no departamento de patologia após os partos de mães com triagem completa de doenças infecciosas, que assinaram formulários de consentimento, e foram utilizadas para simular o vaso coronário receptor. Placentas bovinas adquiridas em matadouros credenciados pelo Ministério da Saúde foram mantidas em freezer Placentarium até o uso, para simulação de vasos doadores (enxerto).

Dez cirurgiões cardiotorácicos com 5 anos de prática independente preencheram 2 grupos, com e sem experiência prévia em CRVM com ponte de artéria mamária, ingressando na pesquisa após consentimento na liberação dos dados obtidos. Os autores confirmaram que todos os cirurgiões escolhidos tinham algum grau de prática de anastomose vascular, mas com diferenças marcantes de habilidade dos grupos, visto que o grupo sem experiência em revascularização do miocárdio se dedica mais a implantes endovasculares e implantes de marcapasso. Os outros 5 profissionais realizam CRVM com Ponte de Artéria Mamária regularmente.

A construção do simulador de CRVM ex vivo sem CEC seguiu 3 etapas (Fig. 1):

1 - Luva cirúrgica cheia de água e conectada à bomba de infusão por cateter 10 French amarrado com seda na abertura da luva. Um dedo da luva foi perfurado com agulha, de modo que a maior parte da água foi mantida dentro da luva, mas o vazamento permitiu o reabastecimento do sistema sem inflar a luva.

2 - A superfície do estroma da placenta humana foi colada por cima da luva.

3- Placenta bovina posicionada ao lado da placenta humana colada à luva.

Uma artéria da placenta bovina com calibre semelhante ao da artéria torácica interna(ATI) foi dissecada ao longo de 20 cm da membrana alantóide e transposta sobre a placenta humana. A bomba de infusão ligada forneceu pulsos de solução salina sob pressão para a luva, resultando em 60 ciclos por minuto de expansão e retração conforme a água vazava do dedo da luva perfurado. O suporte de braço preso à mesa do laboratório fixou firmemente a pinça cirúrgica que comprimia a placenta humana sobre a luva, em torno de um vaso de diâmetro semelhante ao da artéria interventricular anterior (Fig. 1).

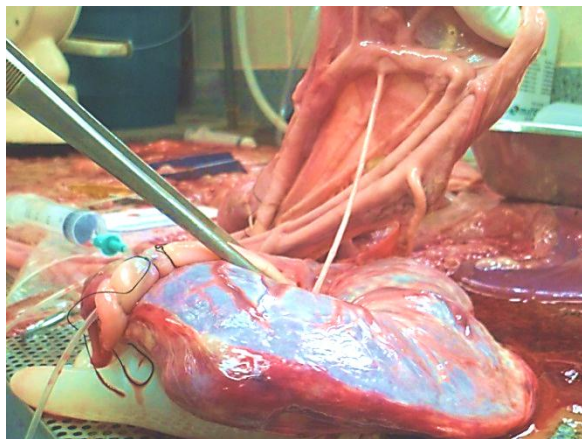


Figura 1: **Simulador de CRVM ex vivo sem CEC** - A simulação da pulsação do coração usando placenta humana é feito dobrando a placenta sobre um balão de borracha. Um mecanismo de válvula com água irrigadora dentro de um balão ou luva cirúrgica permite uma pulsação de 60 bpm.

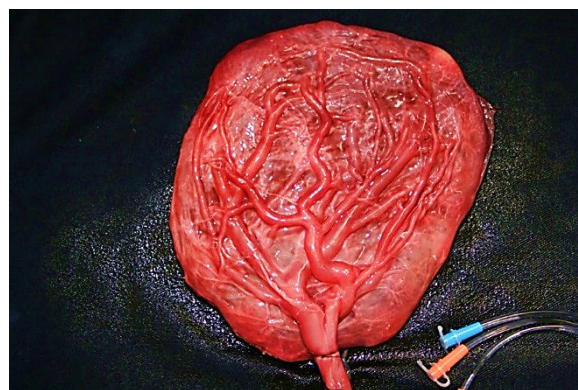


Figura 2: *Placenta humana após limpeza de todos os vasos de coágulos sanguíneos.*

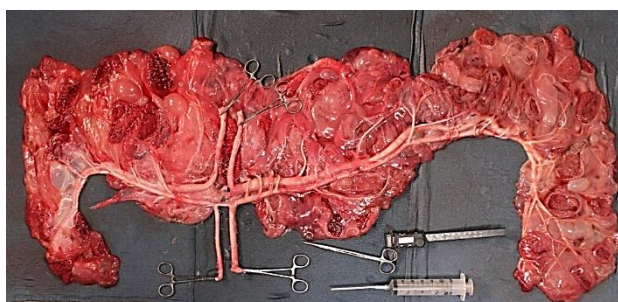


Figura 3: *Vasos de placenta bovina.*

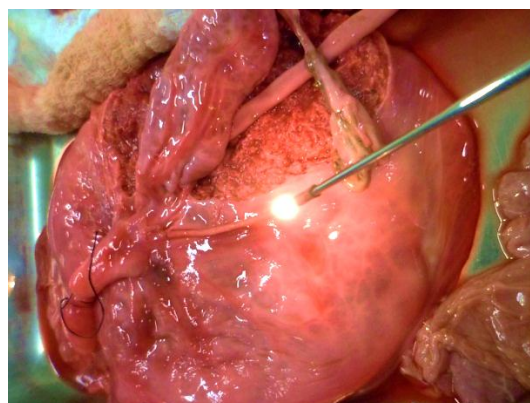


Figura 4: *A patência da anastomose, a estenose da artéria alvo e a presença de coágulos sanguíneos ao redor das suturas das artérias foram avaliadas: perfundindo o modelo com sangue fresco de animal, fazendo um estudo microscópico do corte suturado da artéria após o procedimento e realizando um exame endoscópico para avaliação da luz do vaso.*

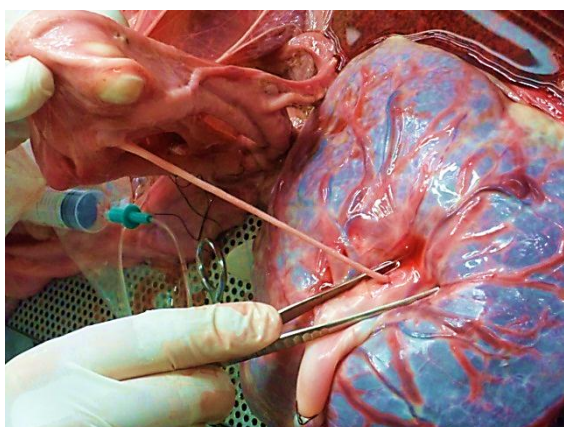


Figura 5: *A cirurgia de revascularização do miocárdio sem circulação extracorpórea foi reproduzida com a mesma abertura, utilizada em cirurgia real, na cavidade torácica simulada. O vaso-alvo no coração é estabilizado para anastomose usando uma pinça cirúrgica para fazer a anastomose vascular.*

A dissecação dos vasos da placenta humana e bovina e a preparação para anastomose seguiram a técnica regular de CRVM. Anastomose vascular término-lateral com náilon 6-0, sob lente de aumento 3 X, conectou a artéria bovina (simulação de ATI) ao vaso da placenta humana (artéria interventricular anterior). Durante a anastomose, a luva continuou pulsando, mas o movimento da superfície foi atenuado pela pinça cirúrgica comprimindo a placenta humana. Uma solução salina em bolsa conectada ao cordão umbilical da placenta bovina foi colocada 2 metros acima do modelo fornecendo pressão intra-vaso constante de 70 mm Hg, e outra solução salina em bolsa foi conectada à placenta humana 40 cm acima do modelo ex vivo fornecendo pressão intra-vaso de 30 mm Hg. O *clamp* feito com a pinça hemostática, no cordão umbilical da placenta humana e bovina anulou o fluxo durante a anastomose, sendo reiniciado ao final da simulação para verificar o vazamento da anastomose.

Validação de face, conteúdo e constructo foi realizada. As duas primeiras foram baseadas em respostas dadas pelos participantes sobre o grau de fidelidade do modelo de acordo com a pergunta: o simulador proposto reproduz sutura vascular em revascularização cardíaca em todos os detalhes? As opções de respostas conceituais foram: sim com alta fidelidade técnica, sim com baixa fidelidade técnica ou não.

Todos os participantes realizaram a simulação proposta duas vezes para validação do modelo, com registro do tempo, estenose do vaso após o procedimento e vazamento. A análise estatística com valores médios de tempo usando o teste exato de Fisher comparou todos os dados obtidos (Tabela 2). Para que as tarefas propostas fossem bem sucedidas, era obrigatório menos de 10% de estenose do vaso e nenhum vazamento importante ao final do procedimento.

Utilizamos o Teste Exato de Fisher, teste de significância estatística utilizado na análise de tabelas de contingência, empregado quando os tamanhos das amostras são pequenos. O teste forneceu estimativas com o número correto em cada categoria estudada.

5. RESULTADOS

As peças de placentas humanas e bovinas foram eficazes na reprodução da anastomose vascular sem bomba de CEC, com propriedades biológicas similares aos vasos humanos, permitindo treinamento cirúrgico háptico e realista, de acordo com 10 participantes, durante validação do modelo. O fluxo intravascular simulado com diferentes gradientes de pressão resultou em situações hemodinâmicas semelhantes às anastomoses *in vivo*. A simulação do batimento cardíaco reproduziu a situação encontrada na cirurgia real com fidelidade das manobras técnicas necessárias para a realização dessa cirurgia.

O simulador *ex vivo* de revascularização do miocárdio sem bomba de CEC reproduziu tarefas essenciais encontradas em pacientes, como dissecação de vasos, arteriotomia, anastomose vascular e anastomose vascular com coração batendo. O *feedback* de todos os participantes revelou o grau de dificuldade da manobra cirúrgica principal com alto grau de semelhança com a operação real, positivando a validação de face e conteúdo.

O grupo de cirurgiões com menor experiência em cirurgia de ponte coronariana com enxerto foi mais desafiado pela anastomose vascular. Como a superfície do simulador apresentava algum grau de instabilidade, ocasionada pela inflação e esvaziamento da luva, os cirurgiões foram incapazes de terminar as tarefas com oclusão vascular completa da arteriotomia, significando que vazamentos estiveram presentes ao final em todas as 5 tentativas. Os resultados da validação de constructo evidenciaram diferença de tempo entre os dois grupos na execução da tarefa ($p < 0,05$). A estenose nos vasos ocorreu em 30% dos casos, sendo verificada pelas medidas do diâmetro do vaso antes e após a simulação (Tabela 2).

Os 5 cirurgiões com experiência em cirurgia de ponte coronariana com enxerto avaliaram positivamente o modelo quanto à anastomose vascular em esfera pulsante. Eles concordaram que a simulação exigia que fossem realizadas boas habilidades cirúrgicas e acharam útil ensinar e manter a prática.

Tabela 2 - Dados obtidos com modelo de revascularização do miocárdio ex vivo sem bomba em dois grupos: com experiência prévia em CRVM (E) e sem experiência em CRVM (N) - Validade do trabalho

Participante	Tempo para concluir a simulação (minutos)	Presença de Estenose no vaso anastomosado	Vazamento pós-sutura	Tarefas concluídas com competência*
1 – experiente (E)	12	Não	Não	Sim
2 – E	10	Não	Sim	Não
3 – E	13	Não	Não	Sim
4 - E	12	Não	Não	Sim
5 - E	14	Sim	Sim	Não
Média	12	Não	Não	3
6 – não-experiente (N)	28	Não	Sim	Não
7 - N	32	Sim	Sim	Não
8 - N	35	Não	Sim	Não
9 - N	30	Sim	Sim	Não
10 - N	32	Sim	Sim	Não
Média	32	Sim	Sim	0
p value (95% de significância)	p < 0.5			

* Competência significa estenose pós-sutura inferior a 10% e nenhum vazamento com alto fluxo.

6. DISCUSSÃO

A placenta humana foi descrita pela primeira vez para praticar anastomose de pequenos vasos em 1979. Nenhuma outra prática cirúrgica de uso da placenta humana foi feita até recentemente, exceto pelo orientador deste estudo. A placenta bovina nunca foi descrita como uma ferramenta de treinamento cirúrgico até onde sabemos.

Apesar da existência de muitos simuladores cirúrgicos, modelo de simulação ex vivo, biológico, de alta fidelidade e barato pode ter uma aplicabilidade importante. Cada simulador tem suas próprias vantagens e desvantagens. O simulador virtual é muito

bom para o aprendizado de anatomia, mas carece de sensação tátil. Os cadáveres humanos são muito realistas, mas são caros e os tecidos não têm boa elasticidade. Animais vivos são excelentes modelos de treinamento, mas existe uma preocupação ética além de serem caros, exigindo uma infraestrutura específica. Os modelos sintéticos não são idênticos aos biológicos e podem ser caros. Os modelos de placenta humana e de placenta bovina são simuladores degradáveis, não conseguem reproduzir a anatomia como os outros modelos, mas têm a notável vantagem de ser uma reprodução biológica de alta fidelidade do procedimento cirúrgico real.

A cirurgia de revascularização do miocárdio sem CEC está cada vez mais chamando a atenção dos cirurgiões cardíacos e requer mais treinamento cirúrgico para atingir os resultados ideais. A cirurgia com animais vivos e os modelos de treinamento sintético são os simuladores mais utilizados para ensinar e manter a qualidade cirúrgica deste procedimento específico.

O desenvolvimento de um modelo de treinamento de habilidades cirúrgicas progressivas tem a vantagem de permitir que o novato ou o cirurgião experiente aprenda e pratique todas as etapas do procedimento cirúrgico seguindo uma curva de aprendizado semelhante à cirurgia do paciente real.

O modelo ex vivo da placenta humana e da placenta bovina pode ser potencialmente aplicado a diferentes níveis de educação cirúrgica, com uma variedade de objetivos. A Tabela 2 resume as aplicações desse modelo na educação médica de graduação, treinamento de residência e manutenção de certificados de conselho de qualidade de especialista.

Os resultados obtidos neste trabalho com modelo de revascularização do miocárdio ex vivo sem bomba, alocados em 2 grupos, com experiência prévia de CRVM (E) e sem experiência em CRVM (N), demonstram que a diferença no tempo para concluir a simulação (minutos) foi estatisticamente significativo entre os dois grupos. O grupo composto por 5 cirurgiões com experiência apresentou uma média de tempo para conclusão da tarefa de 12 minutos, enquanto o grupo de 5 participantes não-experientes

apresentou média de 32 minutos. Já a presença de estenose nos vasos anastomosados foi mais frequente no grupo não-experiente com 60% das suturas realizadas, em contraste com 20% no grupo E. As anastomoses realizadas pelo grupo N apresentou vazamento pós-sutura em todos os vasos, em contrapartida ao grupo E com 40% de sutura com vazamento. Na avaliação das tarefas concluídas houve competência significativa com estenose pós-sutura inferior a 10% e nenhum vazamento maior no grupo de cirurgiões experientes.

O modelo de aprendizado progressivo proposto precisará de validação para mostrar sua utilidade em uma variedade de programas de educação cirúrgica. Este modelo sozinho não atende a todos os requisitos necessários para a compreensão real de um simulador completo, mas pode adicionar aspectos valiosos do modelo de treinamento háptico de habilidades cirúrgicas.

Os modelos sintéticos, na maior parte das vezes, não oferecem uma similaridade na reprodução da dissecação de vasos, em comparação ao tecido humano, enquanto o modelo placentário demonstra melhor reprodutibilidade de dissecação. Há viabilidade no modelo sintético, assim como no modelo placentário, sendo que esse apresenta menor custo. Enquanto o modelo sintético apresenta fidelidade limitada, no modelo de placenta se observa alta fidelidade, já que a sutura é feita em vasos humanos. Modelos sintéticos permitem verificação da patência da sutura através de infusão de salina sob pressão. O modelo de placenta permite, também, tal checagem. Alguns permitem simulação de complicações através da programação do software do modelo, enquanto o modelo de placenta permite simulação de complicações através do preparo da peça.

Os modelos que utilizam animal vivo permitem dissecação semelhante a cirurgia real, porém são inferiores ao modelo de placenta que oferece a possibilidade de dissecação de vasos humanos. A reprodutibilidade é limitada, em função de custo alto e questões éticas, enquanto o modelo de placenta apresenta custo menor e maior disponibilidade. Apresentam fidelidade menor quando comparada ao modelo de placenta, já que nesse,

a sutura é realizada em vasos humanos. Permitem checagem de patência e perfusão do vaso anastomosado, bem como o modelo de placenta. No animal vivo, as complicações são variáveis e inerentes ao organismo vivo. Já no modelo de placenta, as complicações podem ser simuladas e controladas através do preparo da peça.

Nos modelos com animal morto, a dissecação apresenta semelhança com a cirurgia real, na maior parte dos casos, porém é inferior ao modelo de placenta, nesse aspecto. O custo é alto, quando comparado ao modelo de placenta, além de questões éticas que envolvem o uso de animais em pesquisas. Possuem alta fidelidade que pode ser alterada em função do tempo de armazenamento do tecido do animal morto, enquanto no modelo de placenta temos uma maior fidelidade e menor tempo de armazenamento da peça cirúrgica. Permitem checagem da patência e perfusão através da infusão de solução com corante, bem como o modelo de placenta. Além disso, possuem limitações na simulação de complicações, fato que pode ser controlado no modelo de placenta, através do preparo da peça.

No modelo virtual, não é possível a experiência sensorial tátil, diferentemente do modelo de placenta que apresenta alta fidelidade, uma vez que a sutura é realizada em tecidos humanos frescos. E ainda, não permite dissecação, já que o aprendizado se dá pela observação. No modelo de placenta há possibilidade de dissecação em tecidos humanos. O modelo virtual permite reprodução ilimitada, uma vez que o material é gravado. Já no placentário depende da disponibilidade das placentas, que é alta. O virtual permite apenas a observação dos processos nos modelos gravados. O modelo placentário permite checagem de patência e perfusão utilizando solução aquosa com corante. O modelo virtual permite apenas a observação de complicações ocorridas no procedimento filmado ou simulado. No modelo de placenta inúmeras complicações podem ser simuladas com o preparo da peça.

Realizamos o enquadramento das validações dos artigos conforme o item de Likert (1930). Dos 11 artigos selecionados por este trabalho, 09 se utilizaram da “validade

aparente” (*face validity*) como forma de avaliação dos resultados obtidos em seus modelos. A partir do item de Likert, 4 estudos obtiveram 5 pontos, 5 trabalhos se enquadram em 4 pontos e apenas 1 modelo foi considerado com alguma semelhança, 3 pontos, e fidelidade limitada. Tal instrumento de validação deve ser considerado como limitação dos trabalhos, uma vez que não é a melhor prática para avaliar e validar os modelos por falta de fundamentação como processo científico (Cattell, 1964; Cureton, 1951; Mosier, 1947) e com viés de interpretação pelos próprios pesquisadores, contrapondo validações contemporâneas, como SAMBA, 2019; Messick, 1993; Kane, 2001, 2006; Cole, Zieky, 2001; Zieky, 2002; Bennett, Bejar, 1997; Cronback, 1971; *American Educational Research Association*, 1999; Hambleton, 2005.

Nosso estudo em comparação com REUTHEBUCH, Oliver *et al.* (2002) apresentou superioridade na reprodução das características com o tecido humano, uma vez que a placenta é possui tecido vascular verdadeiro.

Alinhado com o grupo de TREHAN, Kanika; KEMP, Clinton D; YANG, Stephen C. (2014), nosso trabalho demonstrou a simulação cirúrgica como uma poderosa ferramenta educacional cada vez mais importante no treinamento de cirurgiões e a necessidade de desenvolvimento de instrumento padronizado e objetivo de avaliar o treinamento em simulação cirúrgica em comparação com o modelo de aprendizagem atual.

O modelo mecânico de IZZAT, Mohammad Bashar; EL-ZUFARI, Mohammad Hazem; YIM, Anthony P. C. (1998) possibilita simulações de batimentos cardíacos, assim como nosso trabalho. Entretanto, a utilização de motor com rodas eleva o custo do simulador que utiliza artérias mamárias porcinas, que pode ter questionamento ético, além do custo com os animais mortos. O trabalho com a utilização de placentas tem baixo custo e sem questionamento ético, uma vez que a doação de placentas é autorizada pela doadora e a peça seria descartada.

Assim como no modelo placentário, ITO, Joji *et al.* (2013) desenvolveu um modelo eficaz de treinamento para cirurgiões sem experiência para cirurgia cardiovascular com a possibilidade de repetição dos procedimentos no modelo e redução do tempo de curva de aprendizado dos estagiários. Mas como todo modelo sintético, é limitado para simular a veracidade tissular do material de treinamento.

Por uma validação aparente (*face validity*) entendemos, assim como FANN, James *et al.* (2008), que os modelos de treinamento sozinhos não são os únicos elementos para a formação do cirurgião, necessitando de conhecimento técnico e prática durante cirurgias reais. Em nosso modelo, existe a necessidade de realização do treinamento em laboratório, que disponibiliza microscopia para aprimoramento de microcirurgia, o que no modelo portátil possui a limitação desse aperfeiçoamento em ambiente domiciliar. O trabalho da Universidade de Stanford ainda acrescenta que nem todos os residentes obtiveram melhora da técnica e redução do tempo das anastomoses, demonstrando a existência de limitação individual e o grau de facilidade de aprendizado de cada residente.

Uma plataforma de simulação, usando impressão 3D e moldagem por injeção de hidrogel, demonstra alto realismo e eficácia educacional promissora para o treinamento de residentes cardiorácicos, desenvolvida por SABA, Patrick *et al.* (2020). Comparada com o trabalho do modelo de placenta o custo é alto e o realismo dos vasos é inferior aos vasos de tecido humano. A validação aparente (*face validity*) do estudo foi realizada no pós-operatório. Todos os participantes completaram uma pesquisa com a escala Likert de 5 pontos para avaliar o modelo como uma ferramenta de treinamento. Afirmaram que considerando que os modelos de tecido vivo requerem muito tempo e planejamento para organizar e realizar uma simulação, o modelo norteamericano pode ser armazenado diretamente em laboratórios, escritórios ou até mesmo em residências de residentes, diminuindo drasticamente as barreiras para uso dentro de programações clínicas e ordens de horário de trabalho. Mas declaram que é necessária uma validação

adicional para avaliar a incorporação deste modelo em programas cardiotorácicos como um suplemento às modalidades de treinamento atuais.

O simulador japonês construído por WU, Song; LING, Yun-Peng; ZHAO, Hong. (2020), demonstrou aprimoramento satisfatório dos cirurgiões em treinamento para reprodução de cirurgias com movimento (batimentos cardíacos) ou em peça estática. E ainda, o simulador de coração batendo foi melhor do que o do simulador de coração não batendo para treinamento de cirurgiões durante a residência. Entretanto, a utilização de corações de porcos cria um questionamento ético, além do custo com os animais, diferente da utilização de modelos com placentas.

O modelo de KASAI, Mio; OSAKO, Motohiko; YOSHINO, Hideki. (2020), com pequeno motor e utilizando-se corações de porcos necessita de materiais com fácil disponibilidade questionada, já que fios elétricos, braço plástico, rolamentos e pequenas asas de plástico, conforme demonstrados nas figuras do trabalho, não estão facilmente acessíveis em ambientes de laboratórios cirúrgicos. Além disso, a montagem do modelo possui um grau moderado a elevado de complexidade de engenharia, diferente da simplicidade do modelo placentário que utiliza materiais de fácil acesso em ambientes médicos e hospitalares, e a existência de questionamento ético no uso de corações de porcos.

Com uso de animais vivos, LIU, Xiaopeng *et al.* (2016), defendeu que seu estudo demonstrou a segurança e a viabilidade em modelo de porco vivo no treinamento de cirurgiões residentes. Entretanto, o questionamento ético e sanitário, devido ao uso de animais vivos, e o custo são limitações importantes comparadas com o trabalho de modelo placentário com nenhum custo das peças e disponibilidade ampla em razão do volume de doadoras.

Os quatro modelos de simuladores de MALUF, Miguel Angel *et al.* (2020) foram testados apenas por residentes em formação, sem validação por cirurgiões experiente, além de

se utilizar de coração de porco e bovino com elevado questionamento ético e custo do trabalho em relação ao modelo placentário.

RAMPHAL, Paul *et al.* (2005) ao se utilizar de coração suíno para desenvolver seu modelo realista em ambiente simulado de sala de cirurgia, gera custos elevados e até mesmo inviabilidade para a reprodutibilidade do instrumento de aprendizado. Ao realizar os treinamento em ambiente cirúrgico gera a necessidade de disponibilidade, sendo possível apenas em centros cirúrgicos com reduzido volume cirúrgico. E ainda, esbarra nos questionamentos éticos ao usar peças de animais mortos em comparação com o modelo que utiliza placenta, de baixo custo, em ambiente de laboratório próprio para realização de treinamento com aparato microcirúrgico com possibilidade de simulação realista.

7. CONCLUSÃO

A CRVM sem CEC pode ter a técnica de sutura vascular simulada em modelo ex vivo com parâmetros de validação de face, conteúdo e constructo positivos. As vantagens em relação aos simuladores existentes são a disponibilidade, custo baixo, fidelidade e aceitação ética sem a necessidade de infraestrutura específica para sua execução, potencializando seu uso global. Estudos de validade preditiva são obrigatórios para traduzir esta pesquisa em significância clínica.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FANN, James *et al.* **Improvement in coronary anastomosis with cardiac surgery simulation.** J Thorac Cardiovasc Surg. 2008 Dec;136(6):1486-91. doi: 10.1016/j.jtcvs.2008.08.016. Epub 2008 Oct 23. PMID: 19114195.
- ITO, Joji *et al.* **Impact of novel off-pump coronary artery bypass simulator on the surgical training.** Gen Thorac Cardiovasc Surg. 2013 May;61(5):270-3. doi: 10.1007/s11748-013-0211-y. Epub 2013 Feb 2. PMID: 23378015.
- AULER JR, José Otávio Costa; CHIARONI, Silvia. **Circulação Extra-Corpórea: Prevenção e Manuseio de Complicações.** Revista Brasileira de Anestesiologia. 2000. Vol. 50. Num. 6. Nov-Dez. 2020.
- IZZAT, Mohammad Bashar; EL-ZUFARI, Mohammad Hazem; YIM, Anthony P. C. **Training model for "beating-heart" coronary artery anastomoses.** Ann Thorac Surg.1998;66:580-1.
- KASAI, Mio; OSAKO, Motohiko; YOSHINO, Hideki. **Novel Low-Cost, High-Fidelity, Portable Simulation Device for Off-Pump Coronary Artery Bypass Graft.** Ann Thorac Surg ; 109(5): e387, 2020 05.
- LIU, Xiaopeng *et al.* **A Secure and High-Fidelity Live Animal Model for Off-Pump Coronary Bypass Surgery Training.** J Surg Educ. 2016 Jul-Aug;73(4):583-8. doi: 10.1016/j.jsurg.2016.02.004. Epub 2016 May 8. PMID: 27168385.
- MALUF, Miguel Angel *et al.* **Cardiovascular Surgery Residency Program: Training Coronary Anastomosis Using the Arroyo Simulator and UNIFESP Models.** Rev Bras Cir Cardiovasc [Internet]. 2015 Oct [cited 2020 Nov 12] ; 30(5): 562-570. Available from: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-76382015000500562&lng=en. <https://doi.org/10.5935/1678-9741.20150058>.
- RAMPHAL, Paul *et al.* **A high fidelity tissue-based cardiac surgical simulator.** Eur J Cardiothorac Surg. 2005 May;27(5):910-6. doi: 10.1016/j.ejcts.2004.12.049. PMID: 15848335.
- REUTHEBUCH, Oliver *et al.* **Advanced training model for beating heart coronary artery surgery: the Zurich heart trainer.** Eur J Cardiothor Surg 2002;22244–8.
- SABA, Patrick *et al.* **Development of a high-fidelity coronary artery bypass graft training platform using 3-dimensional printing and hydrogel molding.** J Thorac Cardiovasc Surg. 2020 Jun 24:S0022-5223(20)31548-8. doi: 10.1016/j.jtcvs.2020.05.106. Epub ahead of print. PMID: 32711997.
- TREHAN, Kanika; KEMP, Clinton D; YANG, Stephen C. **Simulation in cardiothoracic surgical training: where do we stand?** J Thorac Cardiovasc Surg. 2014 Jan;147(1):18-24.e2. doi: 10.1016/j.jtcvs.2013.09.007. PMID: 24331908.
- WU, Song; LING, Yun-Peng; ZHAO, Hong. **Experience with porcine beating heart simulator for coronary artery bypass surgery residency training.** J Thorac Cardiovasc Surg ; 2020 Mar 14.
- DE OLIVEIRA, Marcelo Magaldi Ribeiro *et al.* **Development and validation of the Skills Assessment in Microsurgery for Brain Aneurysms (SAMBA) instrument for predicting proficiency in aneurysm surgery.** J Neurosurg. 2019 Jun 14:1-7. doi: 10.3171/2018.7.JNS173007. Epub ahead of print. PMID: 31200371.
- BESSA, Nícia M. **Validade - O conceito, a pesquisa, os problemas de provas geradas pelo computador.** Estudos em avaliação educacional, v. 18, n. 37, maio/ago. 2007.
- LIMA, Ricardo de Carvalho *et al.* **Diretrizes da cirurgia de revascularização miocárdica valvopatias e doenças da aorta.** Arquivos Brasileiros de Cardiologia [online]. 2004, v. 82, suppl 5 [Acessado 1 Setembro 2021] , pp. 1-20.

ANEXO 1

Artigo	Custo	Disponibilidade	Preocupações éticas	Fidelidade	Tarefas parciais	Descrição Técnica (ex.: virtual, sintético, animal vivo ou morto, cadáver)	Permite dissecação	Sangramento	Cheragem de patência pós-sutura
<i>Reuthebuch O, et al. 2002.</i>	NC	Disponível	Não há. Não é utilizado nenhum tecido animal	NC	Não há	Modelo de coração humano de poliuretano, inserido no tórax de uma manequim. Através de um conector ligado à veia cava inferior, ar pode ser injetado na cavidade, simulando o batimento cardíaco	Sim	NC	Realizada através da infusão de solução salina sob pressão
<i>Trehan K, et al. 2014.</i>	NC	Disponível	Não há	"boa"	NC	Apresenta diversos modelos (human performance simulator, simple bench model, virtual reality simulator)	Alguns dos modelos permitem	NC	Não especificado
<i>Izzat MB, et al. 1998.</i>	Baixo Custo	Disponível	Utilizada apenas mamas de porcos	Limitada	Não há	Coronária de porco é colocada sobre plataforma flutuante que simula o epicárdio. Uma engrenagem abaixo da plataforma projeta rodas denteadas que fazem a plataforma se movimentar simulando os batimentos cardíacos	Não	Não	Não permite checagem da patência da sutura
<i>Ito J, et al. 2013.</i>	NC	Disponível	Não há (não utiliza tecido animal)	NC	NC	Vaso sanguíneo sintético (silicone) preso em uma plataforma conectada a uma mesa de bater (beat, youcan)	Não	Não	Não
<i>Fann JI, et al. 2008.</i>	Menor que o custo com órgãos de animais	Apenas para número limitado de residentes	NC	NC	Não há	Sintético (vasos de silicone e modelo de coração pulsátil com vasos na posição anatômica real)	Não	Não	Sim
<i>Saba P, et al. 2020.</i>	15\$ de material primas e 15\$ de suprimentos para cada unidade do modelo	Disponível	Não há	Modelo altamente fidedigno	Necessita de avaliação objetiva de sua utilidade e necessidade de comparação com modelos que utilizam coração suíno	Modelo de coração de hidrogel feito a partir de impressora 3D, usando medidas e anatomia de um coração humano	Sim	NC	NC
<i>Wu, Song; et al. 2020.</i>	NC	Disponível apenas para realização do trabalho	Utiliza coração suíno e resto de sanefas humanas	Fidedigno	NC	Coração isolado de porcos pulsátil (inserção de um balão intra-aórtico ligado a uma máquina de pressão) e não pulsátil. Para realização das pontes, são usados restos de sanefas humanas	Sim	Sim	Sim
<i>Kasai, Mio; et al. 2020.</i>	Baixo Custo	Disponível protótipo	Utiliza coração de porcos abatidos para consumo	Alta fidelidade	NC	Coração suíno conectado a fios elétricos e estabilizado por um suporte de plástico	Sim	NC	NC
<i>Xiaopeng Liu, et al. 2016.</i>	NC	Disponível	Utiliza animais vivos, que são eutanasiados ao final do procedimento	Alta fidelidade	Não há	Utiliza mini porcos chineses vivos	Sim	Sim	Sim
<i>Maluf, Miguel Angel; et al. 2020.</i>	NC	No momento da publicação, estavam disponíveis apenas protótipos	Uso de vísceras de animais	Simulam movimento do coração e calibre das artérias	NC	Quatro modelos apresentados: tubos de soluçione, manequim humano com coração de plástico, manequim humano com coração bovino estático, manequim humano e coração de porco pulsátil.	Apenas nos modelos com coração bovino e suíno	NC	Em todos os modelos, com solução aquosa e corante
<i>Paul S. Ramphal, et al. 2005.</i>	NC	Modelo ainda em aprimoramento	Não há (utilizam coração de animais abatidos para consumo)	O modelo permite interação com tecidos de forma fidedigna, expondo o residente a situações realísticas	Não há	Coração de porco posicionado em cavidade torácica de manequim, acoplado a um computador que comanda a simulação de diferentes situações clínicas (dentro do coração são inseridos balões conectados a bombas controladas pelo computador)	Não	Utiliza líquido com pigmento para simular o sangue	De forma indireta (fazem a medida do lúmen do vaso anastomosado)

*NC - Não Consta

ANEXO 2

CONSULTA DA PESQUISA: SIMULAÇÃO CRVM	
ANO	Número de Artigos Encontrados
2020	7
2019	7
2018	7
2017	6
2016	11
2015	10
2014	6
2013	6
2012	9
2011	8
2010	7
2009	3
2008	6
2007	8
2006	9
2005	7
2004	1
2003	4
2002	5
2001	2
2000	3
1999	3
1998	2
1997	2
1994	1
1986	1
1983	1