

Andressa Cristina Sposato Louzada

**TREINAMENTO EM CIRURGIA ENDOVASCULAR ROBÓTICA:
a experiência endovascular prévia importa?**

Tese apresentada à Faculdade Israelita de Ciências da Saúde Albert Einstein para a obtenção do título de Doutora em Ciências da Saúde.

São Paulo

2025

Andressa Cristina Sposato Louzada

**TREINAMENTO EM CIRURGIA ENDOVASCULAR ROBÓTICA:
a experiência endovascular prévia importa?**

Tese apresentada à Faculdade Israelita de Ciências da Saúde Albert Einstein para a obtenção do título de Doutora em Ciências da Saúde.

Orientador: Prof. Dr. Nelson Wolosker

Coorientador: Prof. Dr. Felipe Nasser

São Paulo

2025

Louzada, Andressa Cristina Sposato

Treinamento em cirurgia endovascular robótica : a experiência endovascular prévia importa? / Andressa Cristina Sposato Louzada. -- São Paulo, 2025.

xi, 47 f.

Tese (Doutorado) – Faculdade Israelita de Ciências da Saúde Albert Einstein. Instituto Israelita de Ensino e Pesquisa Albert Einstein. Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde.

Título em inglês: *Robotic endovascular peripheral arterial interventions: a proposal of a new learning model.*

1. Procedimentos endovasculares. 2. Angioplastia. 3. Procedimentos cirúrgicos robóticos. 4. Modelos cardiovasculares. 5. Tutoria.

Elaborada pelo Sistema Einstein Integrado de Bibliotecas

FACULDADE ISRAELITA DE CIÊNCIAS DA SAÚDE ALBERT EINSTEIN

Coordenador do curso de pós-graduação: Prof. Dr. Luciano Cesar Pontes de Azevedo

Andressa Cristina Sposato Louzada

**TREINAMENTO EM CIRURGIA ENDOVASCULAR ROBÓTICA:
a experiência endovascular prévia importa?**

Presidente da banca: Prof. Dr. Nelson Wolosker

BANCA EXAMINADORA

Membros titulares:

Prof. Dr. Sérgio Eduardo Alonso Araujo

Dra. Inez Ohashi Torres Ayres

Prof. Dr. Helcio Kanegusuku

Membros suplentes:

Dr. Lucas Lembrança Pinheiro

Dra. Maria Fernanda Cassino Portugal

Aprovada em: 24/03/2025.

Dedicatória

Dedico esta tese à minha família maravilhosa.

À minha irmã incrível, Camilla Louzada, que, desde que nasceu, me motivou a ser a minha melhor versão, sempre torceu por mim e me apoiou, inclusive nos momentos mais difíceis, sem a qual eu sequer estaria aqui. Agradeço profundamente por tudo o que fez por mim. Ao meu marido, Rafael Astolfi, meu grande companheiro e exemplo de ser humano, médico e cirurgião, que não só sempre me incentivou a buscar a excelência na minha profissão e na vida acadêmica, mas também fez de tudo para que isso fosse possível. Ao meu excelente pai, Roberto Louzada, que desde sempre estimulou minha curiosidade e busca por conhecimento, me ensinou a ter organização e planejamento, inclusive me ajudando no planejamento do modelo de treinamento usado neste estudo, mesmo não sendo sua área. À minha querida mãe, Vera Louzada, que sempre se sacrificou para cuidar tão bem de mim, me permitindo e incentivando a me aperfeiçoar na vida profissional e acadêmica.

Agradecimentos

Agradeço ao meu orientador, professor Nelson Wolosker, o professor que individualmente mais me ensinou e meu grande exemplo de cirurgião vascular e pesquisador. Obrigada por ter me acolhido e acreditado em mim.

Agradeço ao meu coorientador, professor Felipe Nasser, grande cirurgião endovascular, por me inspirar e viabilizar o trabalho.

Agradeço também ao Pedro Henrique Araujo Souza, ótimo aluno de medicina que agora se torna um caro colega de profissão, Dr. Marcelo Passos Teivelis, outro exemplo de cirurgião vascular e pesquisador, que sempre me ensinou muito, professor Pedro Alves Lemos Neto, cardiologista e hemodinamicista de excelência, que também me inspirou e me ajudou a viabilizar o trabalho.

Agradeço aos queridos colegas vasculares e intervencionistas que aceitaram participar do estudo. Agradeço à maravilhosa equipe de enfermagem da Radiointervenção do Hospital Israelita Albert Einstein, que me deu todo o suporte necessário. Agradeço à biomédica Bruna Failla, que ajudou muito a desenvolver o modelo 3D. Agradeço ao estatístico Rogério Ruscitto, que há anos me guia muito bem nas análises estatísticas.

Por fim, agradeço ao Dr. Nelson Hamerschlak e toda a equipe de Hematologia que tem cuidado muito bem de mim.

Sumário

Dedicatória	v
Agradecimentos.....	vi
Lista de tabelas	ix
Lista de abreviaturas	x
Resumo	xi
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Objetivos.....	4
2 MÉTODOS	5
2.1 População.....	5
2.2 Materiais	6
2.3 Procedimentos.....	11
2.4 Desfechos.....	13
2.5 Análise estatística.....	13
2.6 Aspectos éticos	14
3 RESULTADOS	16
3.1 Participantes.....	16
3.2 Angioplastias convencionais.....	16
3.3 Angioplastias robóticas.....	19
4 DISCUSSÃO	25
4.1 Limitações	27
5 CONCLUSÕES	29
6 APRESENTAÇÃO DO ARTIGO	30
7 MÉTRICAS	31
7.1 Métricas do periódico	31
7.1.1 Fator de impacto.....	31
7.2 Métricas do artigo	32
7.2.1 Citações.....	32
7.2.2 Altimetria.....	32
7.3 Métricas do autor	32
7.3.1 Redes científicas	32
7.3.2 Trabalhos publicados.....	33

7.3.3 Mediana do fator de impacto dos trabalhos publicados completos	36
7.3.4 Citações recebidas	36
7.3.5 H-Index e m-quociente	37
8 ANEXOS.....	40
9 REFERÊNCIAS	46
Abstract	
Apêndice	

Lista de tabelas

Tabela 1. Características dos participantes	16
Tabela 2. Parâmetros das angioplastias convencionais	17
Tabela 3. Comparações dos desfechos das angioplastias convencionais.....	18
Tabela 4. Comparações múltiplas de Bonferroni das angioplastias manuais	18
Tabela 5. Parâmetros das angioplastias robóticas.....	21
Tabela 6. Comparações dos desfechos das angioplastias robóticas.....	22
Tabela 7. Comparações múltiplas de Bonferroni das angioplastias robóticas	22

Lista de abreviaturas

3D	Tridimensional
AF	Artéria fibular
ATA	Artéria tibial anterior
ATP	Artéria tibial posterior
CAS	Angioplastia carotídea com <i>stent</i>
DAP	Produto dose-área
OTW	<i>Over-the-wire</i> (sobre o fio-guia)
RX	Rápida troca

Resumo

Introdução: A incorporação da tecnologia robótica à cirurgia endovascular é a nova vanguarda da especialidade, apresentando benefícios potenciais não somente para os pacientes, mas também para a equipe cuidadora. Faz-se, portanto, necessário capacitar cirurgiões endovasculares nessa nova tecnologia. **Objetivos:** Testar um modelo adequado para o treinamento de intervenções vasculares periféricas assistidas por robô e examinar as curvas de aprendizado de cirurgiões endovasculares com diferentes níveis de experiência prévia e foco principal de trabalho, analisando o tempo do procedimento, o tempo de fluoroscopia, o uso de contraste e a emissão de radiação. **Métodos:** Dezesesseis cirurgiões (Novatos e Especialistas) endovasculares com diferentes níveis de experiência prévia e treinamento realizaram nove angioplastias manuais e 18 angioplastias robóticas usando a plataforma CorPath GRX em um fantoma arterial infragenicular impresso tridimensionalmente em tamanho real e imerso em água. **Resultados:** Todos os participantes consideraram o modelo confiável. Ao analisar os resultados da angioplastia manual, os Novatos levaram significativamente mais tempo para realizar angioplastias do que os Especialistas ($p=0,044$). Entre os Especialistas, os intervencionistas foram mais rápidos apenas na primeira angioplastia ($p=0,046$). A análise dos resultados da angioplastia robótica mostrou que apenas um Novato não conseguiu canular uma das artérias-alvo uma vez. A duração total, o tempo de fluoroscopia e a emissão de radiação não diferiram entre Novatos e Especialistas ($p=0,095$, $p=0,60$ e $p=0,64$, respectivamente). Além disso, as curvas de aprendizado para o benefício máximo exigiram duas tentativas para a duração do procedimento, uma para o tempo de fluoroscopia e três para a emissão de radiação. Não houve diferenças significativas entre os Especialistas cirurgiões vasculares e intervencionistas. Entre os Novatos, os residentes tiveram uma duração de procedimento significativamente menor ($p=0,042$) e emissão de radiação ($p=0,046$) apenas para a primeira angioplastia. **Conclusões:** O treinamento em fantoma arterial infragenicular com práticas distribuídas foi adequado e as curvas de aprendizado em cirurgia endovascular robótica foram curtas e sem diferenças em relação a experiência prévia e foco de atuação.

Descritores: Procedimentos endovasculares; Angioplastia; Procedimentos cirúrgicos robóticos; Modelos cardiovasculares; Tutoria

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, as terapias cirúrgicas têm avançado em direção a técnicas minimamente invasivas, proporcionando uma redução nas complicações pós-operatórias, como complicações de feridas e dor pós-operatória, diminuindo, conseqüentemente, o tempo de recuperação e de internação hospitalar. Esses benefícios provaram-se verdadeiros também para a cirurgia endovascular, a modalidade minimamente invasiva da cirurgia vascular. Além disso, a abordagem minimamente invasiva na cirurgia vascular levou a resultados que incluem até mesmo uma melhora na sobrevida, como é o caso do reparo aórtico endovascular para aneurismas da aorta abdominal roto, atualmente considerado o reparo padrão ouro⁽¹⁾ e também foi possível oferecer revascularizações endovasculares e tentativa de salvamento de membro a pacientes clinicamente graves, inaptos a serem submetidos a cirurgias abertas de ponte vascular, que antes eram oferecidas a amputação somente.⁽²⁾

Apesar de todos esses grandes benefícios, que revolucionaram a cirurgia vascular como um todo, a cirurgia endovascular ainda apresenta limitações importantes, como exposição ocupacional à radiação, levando a lesões ortopédicas secundárias ao uso do equipamento de proteção individual de chumbo, e lesões pela radiação ionizante, como cataratas precoces e de difícil tratamento, além de neoplasias, como de tireoide, sistema nervoso central e hematológicas.⁽³⁻⁷⁾ Além disso, a cirurgia endovascular apresenta muitas limitações anatômicas e seu sucesso é muito dependente das habilidades do cirurgião endovascular.

A incorporação da robótica à cirurgia endovascular representa a nova fronteira da inovação cirúrgica vascular e promete superar várias limitações da cirurgia endovascular.⁽⁸⁾

Os primeiros passos da robótica endovascular foram dados com os cateteres robóticos, idealizados para superar as limitações dos cateteres padrão, que possuem pontas fixas, rotação de eixo único e baixa estabilidade, tornando o sucesso da cateterização vascular muito dependente das habilidades do cirurgião endovascular.⁽⁸⁾

O maior exemplo de cateter robótico destinado a procedimentos vasculares foi o Magellan Robotic System (Hansen Medical, Inc. Mountain View, CA, USA), nomeado em homenagem ao navegador português Fernão de Magalhães. O sistema era composto por um braço robótico, que fica fixo à maca cirúrgica, acoplado a

um cateter dirigível, estéril, controlado remotamente por um console, posicionado longe da radiação. O sistema permitia avançar, retrain e angular a ponta do cateter com precisão, alcançando até 90° ou 180° dependendo da versão, e rotações de até 360°, com um total de 7° de liberdade em sua movimentação.⁽⁸⁾ Houve relatos de seu emprego com êxito em procedimentos de reparo endovascular de aneurisma da aorta abdominal com prótese fenestrada^(9,10) e em reparos de estenose carotídea,^(11,12) exaltando sua alta estabilidade.⁽¹²⁾ No entanto, limitações como incompatibilidade com o material endovascular padrão, curva de aprendizado relativamente longa⁽¹³⁾ e alto custo levaram à descontinuação de sua comercialização.

Para superar essas limitações, principalmente relacionadas à compatibilidade com materiais endovasculares padrão e ao alto custo, novas tecnologias, mais complexas, foram desenvolvidas, culminando no surgimento das plataformas robóticas endovasculares. Entre elas, a mais completa e bem estudada é a plataforma robótica CorPath (Corindus, uma empresa Siemens Healthineers, Waltham, Massachusetts, EUA). Sua última versão, CorPath GRX, consiste em um braço robótico e um console remoto. O braço robótico é articulado, fixo à beira da maca, e a ele é acoplado um cassete estéril de uso único compatível com materiais endovasculares padrão: fios-guia 0,014", cateteres-balão e *stents* de rápida troca (RX) compatíveis com fios-guia 0,014", além de cateteres de 5Fr. Já o console remoto, posicionado longe da fonte de radiação, consiste em telas que reproduzem as imagens obtidas pela escopia, pedais para acionamento das imagens da escopia, e uma central de controle que conta com 2 *joysticks* para avanço, rotação e retração: o *joystick* da direita controla o cateter e o do centro controla o fio-guia. Um terceiro *joystick* à esquerda é utilizado para avançar e retrain o cateter-balão ou o *stent*. Uma tela adicional auxilia os movimentos, permitindo avanço ou retração dos dispositivos com precisão milimétrica. Essa tela adicional conta ainda com o *software* technIQ™ *series*, que adiciona recursos inteligentes de automação de procedimentos ao controle do fio-guia, como "*rotate on retract*" (girar ao retrain), melhorando a navegação e o cateterismo seletivo; "*wiggle*" e "*spin*" (rotações constantes, em velocidades e amplitudes diferentes), reduzindo danos à parede do vaso; e "*constant speed*" (velocidade constante), que permite medir com precisão a extensão de uma lesão. Além disso, o *software* ativa ou desativa o movimento de cada dispositivo; por exemplo, possibilitando travar o fio-guia enquanto se move o cateter balão para frente ou para trás, aumentando assim a estabilidade e a precisão. Além disso, o console também possui um botão acelerador, projetado para acelerar a retração do material endovascular.⁽⁸⁾

Estudos sobre procedimentos vasculares periféricos robóticos utilizando a plataforma CorPath relataram maior segurança do paciente, maior sucesso técnico, menor tempo de procedimento e de fluoroscopia, bem como menor uso de contraste.^(14–16) Além disso, essas plataformas robóticas reduzem muito os riscos ocupacionais da radiação ionizante, não apenas ao médico na estação remota, mas também a toda a equipe, que pode se afastar da fonte principal de radiação durante as etapas cirúrgicas robóticas, que podem corresponder à maior parte do procedimento. Além disso, essas plataformas também permitem tratamentos remotos,⁽⁷⁾ o que pode permitir uma intervenção mais segura em pacientes em isolamento infeccioso,⁽¹⁷⁾ e oferecer tratamentos de vanguarda em áreas carentes.⁽¹⁸⁾

Uma vez disponível uma tecnologia promissora como essa, o próximo passo deve focar em capacitação de profissionais para o seu uso.

Cheung et al.,⁽¹³⁾ ao estudarem a curva de aprendizado do uso do cateter Magellan (Hansen Medical, Inc.), observaram que cirurgiões endovasculares experientes tiveram um desempenho inferior com o robô em comparação à técnica manual, sugerindo que esses cirurgiões experientes poderiam precisar “desaprender” manobras habituais para operar o cateter robótico. Embora seja um sistema diferente, é possível que, para o uso do sistema CorPath, maior experiência em cirurgia endovascular também não reflita necessariamente em melhor desempenho com o robô.

Abbas et al.⁽¹⁹⁾ estudaram retrospectivamente 14 procedimentos consecutivos de angioplastia carotídea com *stent* (CAS) usando o sistema CorPath e observaram que, após apenas cinco CAS, os tempos de procedimento e de fluoroscopia dos neurointervencionistas melhoraram significativamente. No estudo PRECISE,⁽²⁰⁾ os hemodinamicistas conseguiram reduzir o tempo do procedimento e a emissão de radiação após apenas três intervenções coronárias robóticas usando o CorPath. Assim, as curvas de aprendizado pareceram curtas para o uso do CorPath, entretanto, não houve nesses estudos o desenvolvimento de um modelo de treinamento, o foco foi em cardiointervenção e em neurointervenção, e as curvas de aprendizado foram estudadas retrospectivamente a partir de dados de cirurgias realizadas em humanos por hemodinamicistas e neurointervencionistas experientes e em centros de alto volume.

Pelo que sabemos, não há estudos específicos sobre a curva de aprendizado em cirurgia endovascular robótica para angioplastias periféricas, que são realizadas tanto por radiointervencionistas quanto por cirurgiões vasculares e endovasculares. Não existem modelos validados para o treinamento endovascular

robótico e também desconhecemos o melhor momento e a melhor estratégia para a introdução do treinamento em robótica para cirurgiões endovasculares.

1.1 Objetivos

1. Testar um modelo adequado para capacitar e avaliar a curva de aprendizado da angioplastia periférica robótica realizada por cirurgiões endovasculares.

2 MÉTODOS

2.1 População

Convidamos no ano de 2022, aleatória e consecutivamente, cirurgiões endovasculares afiliados ao Hospital Israelita Albert Einstein, envolvidos na residência de cirurgia vascular e/ou na especialização em angiorradiologia e intervenção endovascular do mesmo hospital. Além disso, convidamos também residentes de cirurgia vascular e de radiointervenção do último ano. Foram incluídos no estudo os participantes com um mínimo de 100 procedimentos endovasculares prévios, mas sem formação em angioplastia robótica.

Todos os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Anexo 1) e foram divididos em dois grupos: Especialista e Novato, conforme detalhado a seguir.

O Grupo Especialista incluiu profissionais certificados em cirurgia endovascular e/ou angiorradiologia e radiologia intervencionista, com cinco anos ou mais de experiência autônoma na área. Os Especialistas também foram classificados de acordo com seu foco principal de atividade profissional, seja em cirurgia vascular e endovascular ou em cirurgia endovascular e radiologia intervencionista.

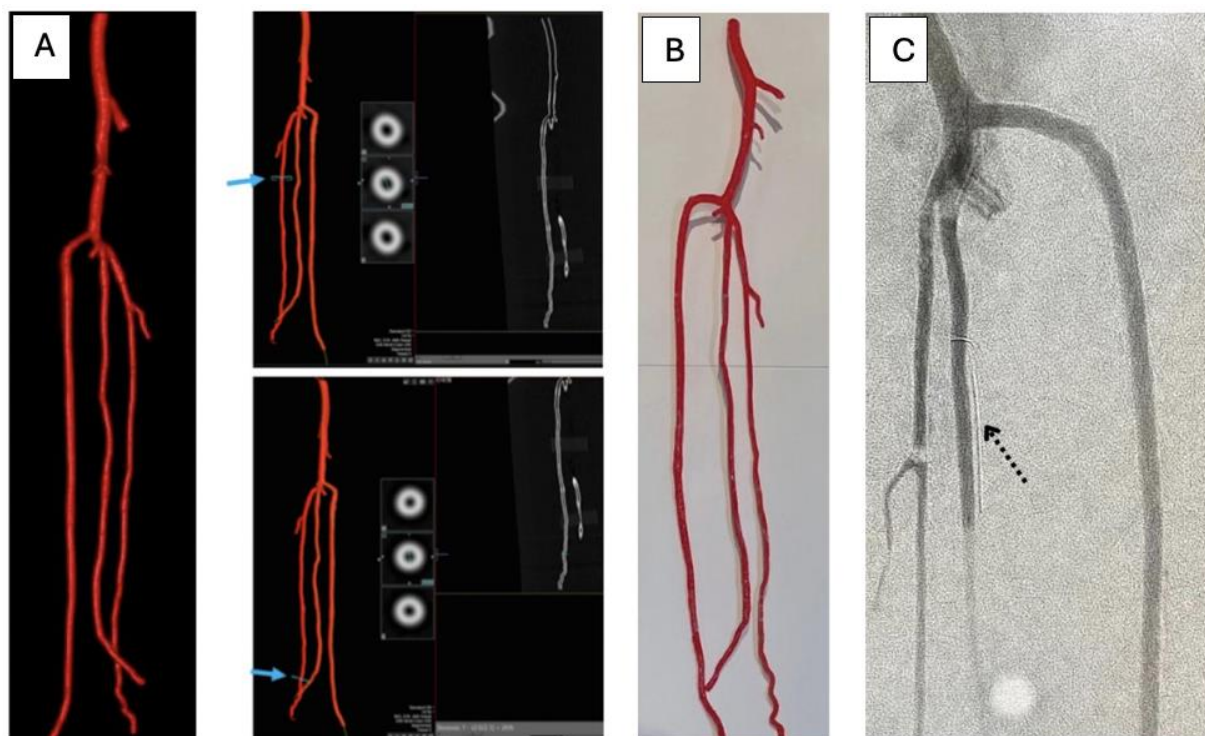
O Grupo Novato incluiu cirurgiões e intervencionistas com menos de cinco anos de experiência autônoma (não supervisionada) em cirurgia endovascular e/ou radiologia intervencionista. Os Novatos também foram classificados de acordo com o fato de ainda estarem em treinamento (residentes médicos) ou não. É importante observar que mesmo os residentes atenderam a todos os critérios de inclusão, pois consideramos o implante de cateteres de longo prazo como um tipo de cirurgia endovascular, fornecendo conhecimento suficiente sobre o manuseio de materiais endovasculares e a realização de procedimentos guiados por fluoroscopia. Adicionalmente, todos os participantes Novatos referiram ter realizado angioplastias periféricas como cirurgião principal previamente. Não exigimos um número mínimo de angioplastias periféricas para inclusão neste estudo.

2.2 Materiais

A partir de uma angiotomografia computadorizada de membros inferiores de um paciente anônimo sem arteriopatía, foi criado um modelo tridimensional (3D) das artérias infrageniculares usando os programas Mimics (Nordbo Robotics, Dinamarca), 3-matic (Materialise, Bélgica), Blender (Blender Foundation, Holanda) e Meshmixer (Autodesk, Estados Unidos da América). Posteriormente, o modelo arterial foi impresso em tamanho real, em ácido polilático usando uma impressora Sethi3D versão S3 (Sethi3D, São Paulo, Brasil), conforme mostrado na figura 1, gerando um modelo com alta verossimilhança anatômica e baixo custo.

Um modelo de artérias infrageniculares foi escolhido porque o robô CorPath é compatível com estenose arterial, com fios-guia de 0,014" e dispositivos RX, adequados para artérias de diâmetros pequenos, além de haver relatos na literatura de casos bem-sucedidos de angioplastia periférica robótica em humanos.^(14–16)

Embora o foco principal tenha sido nas artérias tibiais anterior e posterior (ATA e ATP) e na artéria fibular (AF), alguns ramos arteriais foram preservados em sua origem para trazer maior confiabilidade ao modelo, permitindo que os cirurgiões endovasculares cateterizassem artérias não-alvo, como pode ocorrer na vida real. O arco plantar foi removido para permitir o escoamento do contraste. Pedacos de fio radiopaco foram colados externamente em cada artéria-alvo para indicar o local da estenose: o terço distal da ATA, o terço proximal da AF e o terço médio da ATP. As imagens de pós-processamento, o modelo arterial impresso em 3D e a aquisição angiográfica correspondente durante os procedimentos de treinamento são mostrados na figura 1.



A: imagens pós-processamento 3D da angiotomografia de membros inferiores para construção do modelo infragenicular, setas azuis mostram áreas externas e internas (lúmen); B: fantoma arterial infragenicular impresso em tamanho real tridimensional; C: aquisição angiográfica após injeção de contraste no fantoma, mostrando os vasos-alvo, os ramos arteriais e a indicação de estenose (seta tracejada, imagem à direita).

Fonte: Louzada AC, Souza PH, Teivelis MP, Lemos Neto PA, Nasser F, Wolosker N. Robotic endovascular peripheral arterial interventions: a proposal of a new learning model. *einstein* (São Paulo). 2024;22:eAO1058. Figure 1. Post-processing images after acquisition (two on the left), showing external and internal areas (blue arrows), three-dimensional life-size printed infragenicular arterial phantom post-processing (middle-right) and its angiographic acquisition showing the target vessels, arterial branches, and the indication of stenosis (dashed arrow, right image); p. 3.⁽²¹⁾

Figura 1. Pós-processamento 3D, modelo arterial impresso em 3D e aquisição angiográfica

Esse modelo arterial foi fixado a uma placa de vidro com fitas adesivas e posicionado no fundo de uma caixa de vidro retangular com dimensões de 100×40×16cm (comprimento × largura × profundidade) preenchida com 30 litros de água para mimetizar um ambiente hidrofílico e diluir o contraste injetado após cada angiografia, eliminando a necessidade de substituição da água após cada procedimento.

Como as artérias-alvo eram infrageniculares com diâmetros de lúmen de aproximadamente 2mm, e uma bainha longa reta de 6Fr foi posicionada na artéria poplítea em sua terceira porção, concluiu-se que não haveria necessidade de se prover fluxo pulsátil. A imersão no meio aquoso foi considerada suficiente para mimetizar as condições de uma angioplastia infragenicular.

Todos os procedimentos foram realizados na sala de cirurgia da unidade do Centro de Medicina Intervencionista do Hospital Israelita Albert Einstein,

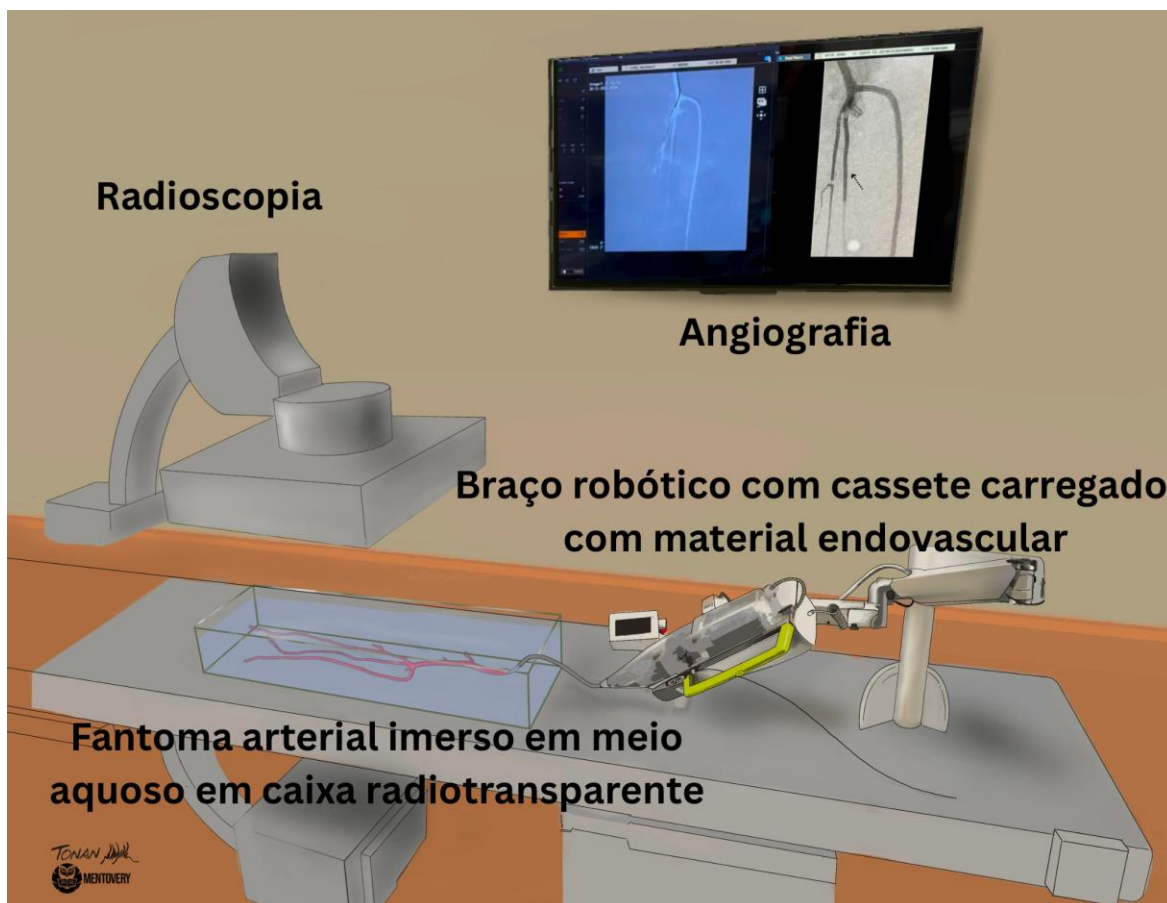
utilizando um equipamento de raios X e fluoroscopia da Philips (Philips, Amsterdã, Holanda).

Para todas as angioplastias, foi utilizado um introdutor reto 6Fr de 45cm de comprimento, cuja ponta distal estava localizada na artéria poplítea em sua terceira porção, e um cateter vertebral 5Fr, seringa insufladora (Boston Medical Devices, Massachusetts, EUA) e contraste iodado Omnipaque 300mg/ML (GE HealthCare, Chicago, EUA).

Para as angioplastias manuais (convencionais) foram utilizados fios-guia hidrofílicos de ponta curva de 0,014" x 300cm e cateteres-balão de 2,5mm de diâmetro do tipo *over-the-wire* (Terumo, Tóquio, Japão).

Para as angioplastias robóticas foram utilizados fios-guia hidrofílicos de ponta curva de 0,014" x 190cm e cateteres-balão de 2,5mm de diâmetro do tipo rápida-troca (Terumo, Tóquio, Japão), cassete CorPath GRX (Corindus, Siemens Healthineers Company, Massachusetts, EUA) e uma válvula hemostática (Abbott, Chicago, EUA) que permite acoplar o cateter vertebral ao cassete.

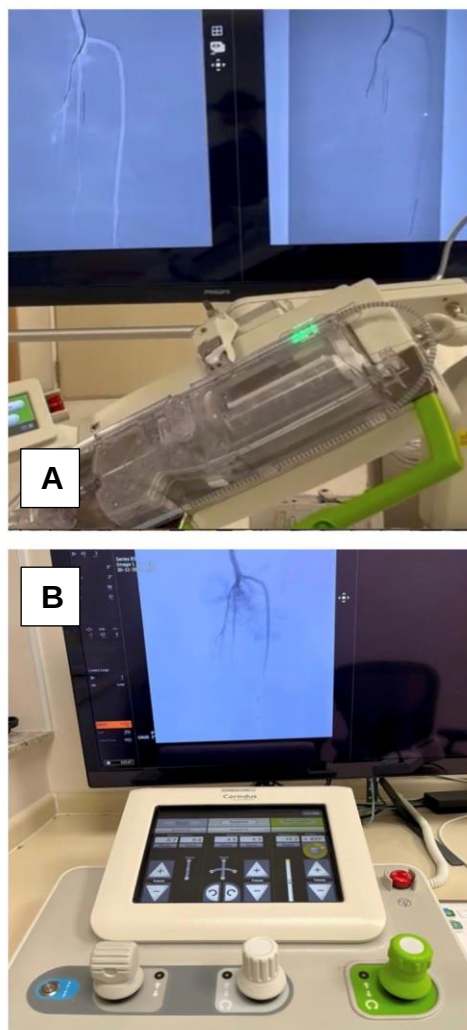
A configuração da sala do treinamento robótico está ilustrada nas figuras 2 e 3.



O modelo é imerso em uma caixa radiotransparente preenchida de água. Na tela mostrada, é possível ver a imagem real da angiografia de subtração do modelo arterial, com uma seta indicando o local da estenose. No lado esquerdo, o *roadmap* obtido a partir da angiografia orienta o procedimento. Ilustrado por Tonan, Mentoverly.

Fonte: Traduzido de Louzada AC, Souza PH, Teivelis MP, Lemos Neto PA, Nasser F, Wolosker N. Robotic endovascular peripheral arterial interventions: a proposal of a new learning model. *einstein* (São Paulo). 2024;22:eAO1058. Figure 2. Illustration of the hybrid room featuring a robotic arm and a cassette loaded with the endovascular material used in the plain balloon angioplasty of the arterial phantom. The phantom is immersed in a radiotransparent box filled with water. On the screen shown, the actual image of the subtraction angiography of the arterial phantom can be seen, with an arrow indicating the location of the stenosis. On the left side, there is a roadmap guiding the procedure; p. 3.⁽²¹⁾

Figura 2. Sala híbrida com um braço robótico e um cassete carregado com o material endovascular usado na angioplastia com balão do modelo arterial



A: braço robótico do CorPath GRX, nas telas, a artéria tibial posterior sendo canulada usando um cateter vertebral e um fio-guia de 0,014"; B: console remoto do CorPath GRX.

Fonte: Louzada AC, Souza PH, Teivelis MP, Lemos Neto PA, Nasser F, Wolosker N. Robotic endovascular peripheral arterial interventions: a proposal of a new learning model. *einstein* (São Paulo). 2024;22:eAO1058. Figure 3. Robot-assisted endovascular procedure. Above, the robotic arm of the CorPath GRX, on the screens, the posterior tibial artery being cannulated using a vertebral catheter and a 0.014" guidewire. Below, the CorPath remote console; p. 4.⁽²¹⁾

Figura 3. Procedimento endovascular assistido por robô

2.3 Procedimentos

Os procedimentos foram realizados entre maio de 2022 e junho de 2023.

Todos os participantes foram orientados a realizar as angioplastias como normalmente, na vida real. Todo procedimento já se iniciava com o introdutor longo na terceira porção da artéria poplítea e era concluído após a remoção do material endovascular.

Cada angioplastia de cada vaso alvo foi realizada de forma independente, seguindo uma ordem fixa: a ATA era tratada primeiro, seguida pela AF e pela ATP. Cada conjunto de angioplastias dessas três artérias-alvo foi repetido três vezes, em momentos distintos, com intervalos de pelo menos duas semanas. No total, foram realizadas nove angioplastias convencionais e 18 angioplastias robóticas.

O número total de procedimentos robóticos foi planejado com base em estudos prévios de intervenção robótica coronariana e neurointervenção,^(19,20) que sugerem de três a cinco procedimentos mínimos para atingir a otimização na curva de aprendizado. Também foi considerada uma revisão de 26 estudos sobre curvas de aprendizado em cirurgia robótica geral, que apontam a necessidade de 8 a 20 procedimentos para treinamento em cirurgia robótica gastrointestinal.⁽²²⁾

Um pesquisador fixo atuou como primeiro auxiliar das angioplastias, tanto convencionais quanto robóticas.

Em todas as angioplastias, o pesquisador auxiliar foi responsável por injetar o contraste e insuflar a seringa acoplada ao cateter-balão conforme o pedido do cirurgião. Esses procedimentos foram realizados manualmente, mesmo com o uso da plataforma robótica, pois o robô não realiza esses passos.

Nas angioplastias manuais, o auxiliar também instrumentava, fornecendo ao cirurgião o fio-guia, o cateter vertebral ou o cateter-balão, conforme solicitado, além de ajudar a manter o material endovascular seguro para manobras de avanço e retração (*pull-back*).

Já nas angioplastias robóticas, coube ao pesquisador primeiro auxiliar somente injetar o contraste e insuflar o cateter-balão conforme o pedido do cirurgião, conforme mencionado anteriormente. Isso porque o procedimento robótico não iniciava apenas com o introdutor longo na artéria poplítea, mas também com o cateter vertebral

no interior do introdutor longo, com sua extremidade posicionada de modo coincidente à do introdutor e a outra extremidade do cateter já conectada à válvula hemostática inserida dentro do cassete. Além de essa conexão ser necessária para início do procedimento robótico, o controle robótico do cateter 5Fr tem a limitação de permitir movimentação de avanço ou retração de no máximo 15 a 20cm. Adicionalmente, o fio-guia hidrofílico e o cateter-balão também já iniciavam carregados no cassete e posicionados no início do introdutor longo, já que para esses não há limitação de distância de movimento, como padrão dos procedimentos robóticos endovasculares.

As angiografias foram padronizadas com a injeção de 4mL de contraste iodado diluído em 16mL de solução salina. Essa diluição padrão foi necessária para obter a melhor imagem e um escoamento adequado, dado que se tratava de um modelo em ácido polilático. Assim sendo, a medida da quantidade de contraste foi prejudicada e analisada indiretamente pelo número de angiografias realizadas.

Todos os participantes realizaram 9 angioplastias independentes, 3 em cada artéria infragenicular, em cada um de três momentos.

No primeiro momento, os participantes realizaram angioplastias usando a técnica endovascular convencional e foram instruídos apenas a realizar angioplastias das artérias-alvo nos locais indicados, na ordem estabelecida e sem orientação prévia sobre como usar os materiais ou equipamentos. Isso foi feito para estabelecer uma linha de base entre os grupos de participantes e para validar o modelo como adequado para a realização de angioplastias e permitir curvas de aprendizado, além de familiarizar os participantes com o modelo arterial polilático. Para avaliar a verossimilhança do modelo arterial para angioplastias, todos foram perguntados se consideraram o modelo realístico, sendo a resposta binária (sim ou não).

No segundo momento, os participantes assistiram a um vídeo contendo orientação sobre as indicações e limitações da plataforma do robô CorPath GRX e sobre como usar todos os recursos de seu console controlador. Em seguida, foram realizadas angioplastias no mesmo modelo arterial empregado nas angioplastias convencionais, porém agora utilizando a plataforma robótica e dispositivos RX.

O terceiro momento foi uma repetição exata do segundo momento, realizado pelo menos após duas semanas.

2.4 Desfechos

A falha na canulação do vaso alvo foi definida como canulação com duração superior a 10 vezes o tempo do procedimento manual, que foi o dobro da quantidade observada por Cheung et al.⁽¹³⁾ quando seus participantes usaram o robô em comparação com a técnica manual. Essa definição também se baseou na suposição de que, se os cirurgiões levarem mais de 10 vezes a duração de uma cirurgia endovascular convencional, eles provavelmente converteriam o procedimento para reduzir os danos ao paciente.

As seguintes medidas foram registradas para cada angioplastia: duração total do procedimento, cronometrada por um pesquisador fixo, contraste total utilizado (medido indiretamente pelo número de angiografias realizadas, uma vez que a diluição foi padronizada), contada pelo mesmo pesquisador fixo, tempo de fluoroscopia e radiação total emitida, avaliada indiretamente pelo produto dose-área (DAP), esses dois últimos parâmetros eram fornecidos pelo dispositivo de fluoroscopia da sala.

2.5 Análise estatística

As variáveis, incluindo o tempo total do procedimento e da fluoroscopia e a quantidade de radiação, foram testadas quanto à normalidade e provaram ser compatíveis com uma distribuição gama. As comparações entre participantes Novatos e Especialistas, bem como intragrupos – Novatos (residentes *versus* graduados) e Especialistas (intervencionistas *versus* cirurgiões vasculares) foram feitas usando um modelo de equação de estimação generalizada, que permite análise complexa, considera a distribuição gama e funções de ligação de identidade, além de abranger correlações entre repetições e artérias. Nesse modelo, aplicamos o teste Chi-quadrado de Wald, com controle consistente para as diferentes artérias, uma vez que artérias têm anatomias variáveis e não foram o foco da análise, e então uma análise *post-hoc* das variáveis com diferenças estatisticamente significativas foi realizada usando comparações múltiplas de Bonferroni. O nível de significância adotado foi de 0,05.

Para o cálculo amostral, consideramos a análise dessas três variáveis contínuas (duração total do procedimento, tempo de fluoroscopia e emissão de radiação) em 27 angioplastias (nove convencionais e 18 robóticas) e teste bicaudal, pois não há

na literatura comparação do aprendizado em angioplastia periférica robótica nem em qualquer tipo de cirurgia endovascular robótica entre diferentes níveis de experiência. O único estudo que encontramos comparando desempenho em procedimentos endovasculares convencionais e robóticos⁽¹³⁾ observou uma variação de 4,58 a 6,49 minutos para a cateterização robótica em relação à manual, resultando em um desvio estimado de 1,43. Considerando que incluímos diferentes níveis de experiência e foco de atuação, estimamos uma possível diferença de pelo menos 2 minutos entre profissionais. Assim, para um poder de 80 e 95% de confiança, chegamos a uma amostra final necessária de oito participantes em cada grupo de experiência (Novato e Especialista).

Todos os cálculos foram realizados com o *software* SPSS Statistics para Windows, Versão 23.0 (Armonk, NY; IBM Corp), os participantes foram anonimizados para análise, porém os grupos não.

2.6 Aspectos éticos

Revisão independente: o presente estudo foi registrado no Sistema Gerenciador de Projetos de Pesquisa (SGPP: 4713-21) do Hospital Israelita Albert Einstein. O Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital Israelita Albert Einstein, de acordo com a Resolução CNS no 466 de 2012 e Norma Operacional no 001 de 2013 do CNS, manifesta-se pela aprovação do projeto de pesquisa proposto (CAAE 48289221.5.0000.0071).

Valor social: a avaliação da curva de aprendizado em cirurgia robótica endovascular permite planejamento da capacitação dos profissionais que realizarão esse tipo de procedimento, promovendo maior segurança tanto ao paciente quanto à equipe cirúrgica.

Validade científica: todos os procedimentos, desde a modificação da imagem tomográfica para impressão 3D até as angioplastias manuais e robóticas estão bem documentados para garantir reprodutibilidade. Foram incluídos cirurgiões endovasculares de diferentes formação e atuação, a fim de buscar boa amostragem. A amostra foi calculada estatisticamente.

Seleção justa: foram convidados cirurgiões vasculares e radiointervencionistas com mais de 100 procedimentos endovasculares, o que se espera

que seja atingido no 1º semestre de formação em cirurgia vascular, vinculados ao Hospital Israelita Albert Einstein e ao ensino da Sociedade Beneficente Israelita Brasileira Albert Einstein. Os convites incluíram explicações sobre os procedimentos, riscos e benefícios e a todos foram entregues Termos de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). No total foram incluídos 16 cirurgias endovasculares, 8 em cada grupo, incluindo tanto radiointervencionistas quanto cirurgias vasculares, sem discriminação por idade, gênero ou qualquer outro fator que não o vínculo à instituição e ao ensino e aos critérios de experiência prévia.

Risco-benefício favorável: os potenciais riscos incluíram risco de perda de confidencialidade e exposição à radiação durante os procedimentos endovasculares convencionais. Para minimizá-los, os pesquisadores empregaram anonimização dos dados antes da análise, apenas um pesquisador foi responsável pelo registro dos dados e outro pesquisador foi responsável pela análise dos dados, já anônimos, junto ao estatístico. Além disso, para redução da exposição à radiação, todos os participantes receberam equipamentos de proteção individuais de chumbo. Já os benefícios incluíram contribuição para geração de conhecimento e para o ensino, além da capacitação individual de cada participante em cirurgia endovascular robótica utilizando a plataforma CorPath GRX.

Consentimento informado: todos os participantes foram convidados para o estudo, esclarecidos sobre os procedimentos envolvidos, objetivos propostos e receberam duas vias do TCLE. A participação foi voluntária e pôde ser retirada sem nenhum prejuízo. O consentimento informado foi obtido de todos os participantes.

Respeito aos indivíduos: os participantes foram tratados com dignidade, justiça e tiveram sua autonomia preservada e respeitada. Quem não aceitou participar, não teve nenhum prejuízo. Quem assinou o TCLE e aceitou participar, o fez no horário de sua preferência dentre os horários possíveis de disponibilidade da sala de radiointervenção, teve seu anonimato preservado, recebeu todos os cuidados para minimizar a exposição à radiação e recebeu capacitação em cirurgia endovascular robótica no robô CorPath GRX.

3 RESULTADOS

3.1 Participantes

Um total de vinte cirurgiões endovasculares foi convidado a participar do estudo. Desses, um Novato não respondeu, um Novato recusou o convite, e dois desistiram devido a conflitos de agenda que impossibilitaram a realização dos procedimentos nas datas disponíveis, sendo um novato e um especialista. Assim, 16 participantes compuseram a amostra final: oito no Grupo Especialista, dos quais dois eram mulheres, e quatro trabalhavam primariamente com radiointervenção; e oito no Grupo Novato, três eram do sexo feminino e dois estavam no último ano de residência em cirurgia vascular e endovascular. Características demográficas dos grupos constam na tabela 1.

Tabela 1. Características dos participantes

Dados demográficos (n=16)	Grupo Especialista	Grupo Novato
Sexo masculino	75%	62,5%
Anos de atuação autônoma em cirurgia endovascular	20 (5 – 34) ^a	1,5 (0 – 3) ^a
Foco principal em radiointervenção	50%	n/a
Cursando residência médica	n/a	25%

(^a): dados expressos em mediana e amplitude.

Todos os participantes consideraram o modelo arterial confiável para as angioplastias.

3.2 Angioplastias convencionais

Dois participantes do Grupo Novato e um do Grupo Especialista realizaram uma angiografia adicional em comparação aos demais. Vale a pena ressaltar que esses três participantes fizeram essa angiografia adicional em sua primeira tentativa de cateterizar a ATP.

Nenhum participante solicitou ajustes na angulação, magnificação ou colimação da radioscopia.

Os tempos totais de procedimento e de fluoroscopia, bem como os valores de DAP para cada angioplastia arterial estão apresentados na tabela 2. As comparações iniciais entre esses dados encontram-se detalhadas na tabela 3. As comparações *post-hoc* das variáveis em que se encontrou diferença estatística no Chi-quadrado de Wald encontram-se na tabela 4.

Tabela 2. Parâmetros das angioplastias convencionais

Variável/ Artéria	Grupo Novato			Grupo Especialista		
	Angioplastias manuais			Angioplastias manuais		
	1a	2a	3a	1a	2a	3a
Duração total (s)						
ATA	375 ± 108	261 ± 68	286 ± 60	387 ± 146	264 ± 38	253 ± 50
AF	321 ± 118	245 ± 19	261 ± 43	291 ± 40	242 ± 28	256 ± 61
ATP	437 ± 255	384 ± 157	391 ± 110	343 ± 154	264 ± 48	264 ± 60
Tempo de fluoroscopia (s)						
ATA	123 ± 54	84 ± 37	113 ± 39	152 ± 47	89 ± 22	73 ± 40
AF	114 ± 70	65 ± 29	79 ± 26	95 ± 26	82 ± 29	94 ± 35
ATP	232 ± 198	203 ± 175	175 ± 162	158 ± 90	91 ± 15	138 ± 92
DAP (mGy.cm ²)						
ATA	1957 ± 806	1722 ± 1073	1548 ± 566	2222 ± 941	1882 ± 611	1663 ± 464
AF	1765 ± 1082	1443 ± 547	1391 ± 374	2183 ± 1036	1853 ± 791	1866 ± 688
ATP	2807 ± 2712	1854 ± 869	1909 ± 890	2499 ± 1355	1845 ± 1055	2461 ± 1853

Dados expressos como média ± desvio padrão. O tempo total de procedimento e de fluoroscopia foi medido em segundos (s) e a dose-área de produto em miligramas por centímetro quadrado (mGy.cm²).

ATA: artéria tibial anterior; AF: artéria fibular; ATP: artéria tibial posterior; DAP: produto dose-área.

Fonte: Traduzido de Louzada AC, Souza PH, Teivelis MP, Lemos Neto PA, Nasser F, Wolosker N. Robotic endovascular peripheral arterial interventions: a proposal of a new learning model. *einstein* (São Paulo). 2024;22:eAO1058. Table 1. Conventional endovascular procedures' outcomes; p. 5.⁽²¹⁾

Tabela 3. Comparações dos desfechos das angioplastias convencionais

Parâmetro	Chi2 Wald	Valor-p
Duração total		
Experiência (Novato <i>versus</i> Especialista) (s)	4,066	0,044
Artéria	11,184	0,004
Repetição	23,508	<0,001
Interação (curva de aprendizado)	0,148	0,929
Foco atuação (Especialistas)	13,772	0,001
Graduação (Novatos)	0,372	0,542
Tempo de fluoroscopia (s)		
Experiência (Novato <i>versus</i> Especialista)	0,162	0,687
Artéria	16,392	<0,001
Repetição	6,428	0,04
Interação (curva de aprendizado)	0,093	0,955
Produto dose-área (mGy.cm ²)		
Experiência (Novato <i>versus</i> Especialista)	1,32	0,251
Artéria	5,234	0,073
Repetição	11,424	0,003
Interação (curva de aprendizado)	0,521	0,771
Foco atuação (Especialistas)	0,288	0,591
Graduação (Novatos)	0,41	0,522

Equação de estimativa geral com distribuição gama e função de ligação identidade, assumindo uma correlação AR(1) entre repetições e artérias; artérias controladas em todas as análises.

Tabela 4. Comparações múltiplas de Bonferroni das angioplastias manuais

Variável	Comparação		Diferença média	Erro padrão	Valor-p	IC 95%	
						Inferior	Superior
Duração total	Novato <i>versus</i> Especialista		36,9	18,3	0,044	1	72,7
	Angioplastia (todos)						
	1a	2a	82,4	17,6	<0,001	40,3	124,4
Duração total (s)	1a	3a	72,1	18,3	<0,001	28,2	115,9
	2a	3a	-10,3	15,3	>0,99	-47,0	26,4
	1a	2a	40,2	15,9	0,034	2,2	78,3
Tempo de fluoroscopia (s)	1a	3a	29,7	16,8	0,23	-10,5	69,9
	2a	3a	-10,5	13,3	>0,99	-42,3	21,2
	1a	2a	442,7	138,4	0,004	111,4	774,0
DAP (mGy.cm ²)	1a	3a	450,1	152,3	0,009	85,6	814,7
	2a	3a	7,4	118,6	>0,99	-276,5	291,3
	Angioplastia (Especialista)						
	1a	2a	100,1	33,8	0,046	0,93	199,3
Duração total (s)	1a	3a	-8,02	25,8	>0,99	-83,8	67,7
	2a	3a	0,34	25,8	>0,99	-75,4	76,1

As artérias foram controladas em todas as análises.

Fonte: Traduzido e adaptado de Louzada AC, Souza PH, Teivelis MP, Lemos Neto PA, Nasser F, Wolosker N. Robotic endovascular peripheral arterial interventions: a proposal of a new learning model. *einstein* (São Paulo). 2024;22:eAO1058. Table 2. Conventional endovascular procedures' comparisons; p. 6.⁽²¹⁾

Em relação à experiência, ao compararmos os parâmetros endovasculares convencionais entre Especialistas e Novatos, observamos uma

diferença significativa apenas na duração total do procedimento ($p=0,044$), com os participantes Novatos realizando os procedimentos 12% mais lentamente. Os tempos de fluoroscopia e a emissão de radiação não foram significativamente diferentes (respectivamente $p=0,69$ e $p=0,25$).

Os grupos não diferiram na interação, o que significa que a familiarização em relação ao modelo foi semelhante entre os grupos ($p=0,93$ para duração total; $p=0,96$ para tempo de fluoroscopia; $p=0,77$ para DAP).

Ambos os grupos demonstraram melhorias significativas em todos os parâmetros nas repetições ($p<0,001$ para duração total; $p=0,04$ para tempo de fluoroscopia; $p=0,003$ para DAP), havendo melhora significativa dos parâmetros após a primeira angioplastia convencional, sem diferenças entre a segunda e a terceira angioplastia convencional.

Entre os Novatos, não houve diferença estatística entre os dois residentes e os outros seis Novatos em relação à duração total, tempo de fluoroscopia e ao DAP ($p>0,05$ para todos).

Entre os Especialistas, observamos uma diferença estatisticamente significativa no tempo total de procedimento ($p=0,001$), com aqueles que dedicam a maior parte de sua atividade profissional à radiointervenção sendo mais rápidos. A análise *post-hoc* demonstrou que os intervencionistas foram mais rápidos apenas na primeira angioplastia ($p=0,046$), mas não apresentaram diferença significativa nas segunda ou terceira angioplastias ($p>0,99$ para ambas).

3.3 Angioplastias robóticas

Apenas um participante do Grupo Novato não conseguiu realizar uma das angioplastias robóticas. Em sua primeira tentativa de cateterizar a ATP com o sistema CorPath, esse cirurgião levou mais de 40 minutos sem sucesso, o que foi pré-definido como falha. Todas as outras tentativas de cateterização robótica foram bem-sucedidas.

Nenhum participante solicitou angulação, magnificação ou colimação da radioscopia. Além disso, nenhum participante realizou angiografia adicional, portanto o total de uso de contraste foi o mesmo para todas as angioplastias robóticas.

Um participante Novato e um especialista utilizaram mais de um fio-guia para realizar a cateterização robótica, ambos enquanto tentavam cateterizar a ATP e danificando a extremidade do fio-guia. Todas as outras cateterizações robóticas de cada artéria foram realizadas com um mesmo fio-guia.

Dois Especialistas e quatro Novatos, sendo dois destes residentes, utilizaram o recurso do botão de aceleração desde sua primeira angioplastia robótica. Os demais participantes experimentaram essa função apenas após uma ou duas tentativas.

A duração total do procedimento, o tempo de fluoroscopia e os valores de DAP para cada angioplastia robótica e repetição estão sumarizados na tabela 5. As comparações iniciais entre esses dados encontram-se detalhadas na tabela 6. As comparações *post-hoc* das variáveis em que se encontrou diferença estatística no Chi-quadrado de Wald encontram-se na tabela 7.

Tabela 5. Parâmetros das angioplastias robóticas

Variável/Artéria	Angioplastias robóticas – Grupo Novato					
	1a	2a	3a	4a	5a	6a
Duração total (s)						
ATA	258 ± 66	203 ± 76	152 ± 29	171 ± 44	118 ± 15	135 ± 18
AF	155 ± 60	126 ± 38	113 ± 36	121 ± 50	135 ± 62	96 ± 13
ATP	338 ± 120	217 ± 111	255 ± 185	209 ± 195	179 ± 106	178 ± 58
Tempo de fluoroscopia (s)						
ATA	172 ± 50	124 ± 65	92 ± 26	118 ± 30	64 ± 17	83 ± 19
AF	93 ± 51	69 ± 33	57 ± 25	63 ± 37	77 ± 47	44 ± 9
ATP	264 ± 113	153 ± 110	202 ± 186	150 ± 196	123 ± 106	124 ± 48
DAP (mGy.cm ²)						
ATA	1730 ± 633	1379 ± 601	1105 ± 322	990 ± 257	695 ± 222	845 ± 292
AF	1319 ± 651	1006 ± 321	929 ± 394	656 ± 278	761 ± 293	612 ± 181
ATP	2044 ± 621	1496 ± 664	1925 ± 1179	1110 ± 906	1008 ± 609	1140 ± 398
Variável/Artéria	Angioplastias robóticas – Grupo Especialista					
	1a	2a	3a	4a	5a	6a
Duração total (s)						
ATA	229 ± 79	164 ± 45	166 ± 53	165 ± 51	113 ± 29	112 ± 26
AF	156 ± 54	129 ± 36	127 ± 45	127 ± 46	97 ± 27	121 ± 45
ATP	209 ± 79	216 ± 134	162 ± 94	129 ± 48	132 ± 57	128 ± 67
Tempo de fluoroscopia (s)						
ATA	137 ± 34	112 ± 46	115 ± 58	99 ± 28	68 ± 23	70 ± 18
AF	96 ± 33	82 ± 24	75 ± 31	82 ± 44	58 ± 24	74 ± 37
ATP	158 ± 77	159 ± 114	116 ± 87	83 ± 51	92 ± 53	85 ± 53
DAP (mGy.cm ²)						
ATA	1520 ± 663	1258 ± 573	1392 ± 781	884 ± 382	771 ± 269	806 ± 238
AF	1215 ± 468	1091 ± 406	865 ± 323	845 ± 365	688 ± 157	826 ± 308
ATP	1729 ± 946	1647 ± 1135	1257 ± 415	911 ± 430	953 ± 407	931 ± 505

Os dados foram expressos como média ± desvio padrão. O tempo foi medido em segundos (s) e a dose-área-produto em mili-Grays por centímetro quadrado (mGy.cm²). ATA: artéria tibial anterior; AF: artéria fibular; ATP: artéria tibial posterior; DAP: produto dose-área.

Fonte: Louzada AC, Souza PH, Teivelis MP, Lemos Neto PA, Nasser F, Wolosker N. Robotic endovascular peripheral arterial interventions: a proposal of a new learning model. *einstein* (São Paulo). 2024;22:eAO1058. Table 3. Robotic endovascular procedures' parameters; p. 6.⁽²¹⁾

Tabela 6. Comparações dos desfechos das angioplastias robóticas

	Chi2 Wald	Valor-p
Duração total		
Experiência (Novato <i>versus</i> Especialista) (s)	2,796	0,095
Artéria	28,069	<0,001
Repetição	41,623	<0,001
Interação (curva de aprendizado)	4,226	0,517
Foco atuação (Especialistas)	2,758	0,097
Graduação (Novatos)	4,142	0,042
Tempo de fluoroscopia (s)		
Experiência (Novato <i>versus</i> Especialista)	0,281	0,596
Artéria	38,347	<0,001
Repetição	29,617	<0,001
Interação (curva de aprendizado)	5,837	0,322
Foco atuação (Especialistas)	1,355	0,244
Graduação (Novatos)	2,665	0,103
DAP (mGy.cm ²)		
Experiência (Novato <i>versus</i> Especialista)	0,213	0,644
Artéria	19,897	<0,001
Repetição	64,602	<0,001
Interação (curva de aprendizado)	3,503	0,623
Foco atuação (Especialistas)	0,12	0,729
Graduação (Novatos)	3,983	0,046

Equação de estimativa geral com distribuição gama e função de ligação identidade, assumindo uma correlação AR(1) entre repetições e artérias; artérias controladas em todas as análises. DAP: produto dose-área.

Tabela 7. Comparações múltiplas de Bonferroni das angioplastias robóticas

Variável	Comparação: repetição (todos) – angioplastia robótica	Erro padrão	Valor-p	IC 95%	
				Inferior	Superior
Duração total	1a <i>versus</i> 2a	14,38	0,022	3,52	87,93
	3a	15,80	0,003	12,22	104,95
	4a	16,06	0,001	15,46	109,73
	5a	15,17	<0,001	40,27	129,31
	6a	14,08	<0,001	44,91	127,55
	2a <i>versus</i> 3a	11,86	>0,99	-21,97	47,68
	4a	13,34	>0,99	-22,28	56,02
	5a	12,83	0,035	1,40	76,73
	6a	12,54	0,019	3,69	77,32
	3a <i>versus</i> 4a	11,21	>0,99	-28,88	36,91
	5a	11,87	0,41	-8,64	61,05
	6a	12,05	0,33	-7,73	63,03
	4a <i>versus</i> 5a	10,29	0,47	-8,01	52,39
	6a	11,55	0,61	-10,29	57,55
	5a <i>versus</i> 6a	9,28	>0,99	-25,79	28,67
Tempo de fluoroscopia	1a <i>versus</i> 2a	12,49	0,14	-4,17	69,16
	3a	13,59	0,032	1,90	81,65
	4a	13,82	0,025	2,94	84,07
	5a	13,00	<0,001	21,00	97,29
	6a	12,12	<0,001	26,66	97,79
	2a <i>versus</i> 3a	9,96	>0,99	-19,97	38,53
	4a	11,19	>0,99	-21,84	43,85
	5a	10,62	0,18	-4,52	57,81
	6a	10,31	0,059	-0,53	59,98
	3a <i>versus</i> 4a	9,35	>0,99	-25,72	29,17

continua...

...continuação

	5a	9,71	>0,99	-11,13	45,87
	6a	9,75	0,54	-8,16	49,06
	4a versus 5a	8,49	0,98	-9,28	40,56
	6a	9,39	0,69	-8,85	46,30
	5a versus 6a	7,38	>0,99	-18,58	24,74
DAP	1a versus 2a	0,10	0,096	-0,02	0,59
	3a	0,12	0,029	0,02	0,71
	4a	0,11	<0,001	0,33	0,99
	5a	0,11	<0,001	0,43	1,06
	6a	0,10	<0,001	0,41	1,01
	2a versus 3a	0,09	>0,99	-0,18	0,34
	4a	0,09	0,001	0,11	0,65
	5a	0,09	<0,001	0,19	0,74
	6a	0,09	<0,001	0,15	0,70
	3a versus 4a	0,08	0,001	0,07	0,52
	5a	0,09	<0,001	0,13	0,63
	6a	0,09	0,002	0,08	0,61
	4a versus 5a	0,06	>0,99	-0,09	0,26
	6a	0,07	>0,99	-0,16	0,26
	5a versus 6a	0,06	>0,99	-0,21	0,13
Variável	Comparação: repetição (Novatos) – angioplastia robótica	Erro padrão	Valor-p	IC 95%	
				Inferior	Superior
Duração total	1a versus 2a	0,53	<0,001	0,62	4,23
	3a	0,41	0,193	-0,16	2,59
	4a	0,43	0,688	-0,34	2,53
	5a	0,39	>0,99	-1,22	1,39
	6a	0,39	>0,99	-1,33	1,29
DAP	1a versus 2a	0,25	0,013	0,09	1,79
	3a	0,20	>0,99	-0,20	1,17
	4a	0,20	>0,99	-0,33	1,07
	5a	0,19	>0,99	-0,75	0,52
	6a	0,16	>0,99	-0,63	0,47

As artérias foram controladas em todas as análises. DAP: produto dose-área.

Fonte: Traduzido e adaptado de Louzada AC, Souza PH, Teivelis MP, Lemos Neto PA, Nasser F, Wolosker N. Robotic endovascular peripheral arterial interventions: a proposal of a new learning model. *einstein* (São Paulo). 2024;22:eAO1058. Table 4. Robotic endovascular procedures' multiple comparisons of Bonferroni; p. 7.⁽²¹⁾

A duração total, o tempo de fluoroscopia e o DAP dos procedimentos robóticos não diferiram entre os participantes Novatos e Especialistas ($p=0,095$, $p=0,60$ e $p=0,65$, respectivamente), mas diferiram significativamente ao longo das repetições ($p<0,001$ para as interações).

Observamos que a duração total do procedimento melhorou significativamente com apenas duas angioplastias com auxílio robótico, sem melhoria estatisticamente significativa a partir da terceira angioplastia. Uma única repetição foi suficiente para otimizar o tempo de fluoroscopia, com estabilização nos valores posteriores, enquanto três angioplastias robóticas foram suficientes para minimizar ao máximo a emissão de radiação.

Entre os Novatos, observamos que os residentes realizaram os procedimentos com uma duração significativamente menor ($p=0,042$) e com menor emissão de radiação ($p=0,046$). A análise *post-hoc* demonstrou que essa diferença ocorreu exclusivamente na primeira angioplastia robótica ($p<0,001$); sem diferenças estatísticas ao comparar com as repetições subsequentes.

Não foram observadas diferenças significativas entre os cirurgiões Especialistas na duração total do procedimento ($p=0,097$), tempo de fluoroscopia ($p=0,24$) ou DAP ($p=0,73$).

4 DISCUSSÃO

Este é o primeiro estudo a propor um treinamento para avaliar as curvas de aprendizado na realização de angioplastia periférica robótica por cirurgiões endovasculares com diferentes níveis de experiência, treinamento e foco de atuação.

O treinamento, que consistiu em 18 angioplastias robóticas realizadas em modelo de artérias infrageniculares impresso em 3D em tamanho real e ácido polilático e imerso em meio aquoso, após uma familiarização dos participantes com o modelo, distribuídas em dois momentos intervalados por pelo menos duas semanas, mostrou-se adequado e válido tanto subjetiva quanto objetivamente.

Nas angioplastias convencionais, os participantes com menor experiência demandaram mais tempo em comparação aos Especialistas, enquanto os intervencionistas experientes apresentaram desempenho superior na primeira angioplastia em relação aos demais Especialistas. Isso demonstra que o modelo tem validade de construção, isto é, é capaz de diferenciar níveis de experiência, sendo adequado para treinamento. Ao avaliarmos as repetições, para todos os grupos houve melhora significativa em todos os parâmetros após a primeira angioplastia, mas não houve diferença entre segunda e a terceira angioplastia manual. Isso sugere que os cirurgiões rapidamente se familiarizaram com o modelo. Além disso, todos os participantes consideraram-no fidedigno para angioplastia periférica, demonstrando validade de face. Apesar de o material em ácido polilático ser diferente da constituição arterial, ele foi adequado e suficiente, além de ir ao encontro das tendências atuais de treinamento, que priorizam modelos simuladores para garantir a segurança do paciente. De fato, modelos arteriais 3D impressos em escala real têm se mostrado ferramentas valiosas para o treinamento de diversas cirurgias endovasculares.^(23,24)

Nas angioplastias robóticas, embora tenha havido uma falha de cateterização robótica entre os Novatos, essa foi uma ocorrência isolada. Não foram observadas diferenças significativas entre Novatos e Especialistas em relação a sucesso de cateterização, duração total de procedimento, tempo de fluoroscopia, uso de contraste, emissão de radiação ou curva de aprendizado. Porém, foi possível estudar a curva de aprendizado de todos os participantes e também observar diferenças entre os Novatos. Não foram observadas diferenças entre os Especialistas.

A ausência de diferença no desempenho de Novatos e Especialistas reforça que uma maior experiência prévia em procedimentos endovasculares convencionais não se reflete em melhor desempenho em procedimentos endovasculares robóticos utilizando a plataforma CorPath GRX.⁽¹³⁾ Além disso, evidencia que a plataforma é intuitiva e rápida de aprender, como também já demonstraram outros autores.^(19,20) Essa ausência de diferença entre Novatos e Especialistas não reduz a validade do modelo de treinamento, pois eram todos Novatos em relação a angioplastia robótica e, além disso, conseguimos observar diferenças significativas nas repetições, compondo a curva de aprendizado, e também diferenças entre os Novatos.

Notavelmente, entre os Novatos, os residentes apresentaram tempos totais de procedimento e emissões de radiação significativamente menores em suas primeiras angioplastias robóticas, se igualando aos demais participantes nas angioplastias robóticas subsequentes. Esse achado pode ser explicado por diversos fatores. Primeiramente, 100% dos residentes utilizaram o botão de aceleração desde a sua primeira angioplastia robótica. Em segundo lugar, cirurgiões em treinamento tendem a ser mais propensos a experimentar e adotar novas técnicas. Por fim, especula-se que a relativa inexperiência possa estar associada a uma atitude mais ousada, o que, por sua vez, pode aumentar o risco potencial de lesões na parede dos vasos.

É importante destacar que o sistema CorPath não oferece um *feedback* háptico, tátil, confiável. O console emite sinais visuais e sonoros quando o cateter ou o fio-guia avança por uma área de estenose crítica, mas não impede necessariamente a progressão do dispositivo, o que pode comprometer a segurança do paciente ao gerar lesão vascular. O mais importante avanço em plataformas robóticas envolve a integração de mecanismos de *feedback* tátil confiáveis, que podem mitigar os potenciais riscos associados a lesões de vasos. No entanto, esses mecanismos ainda estão em fase de investigação, e plataformas com esses recursos ainda não estão disponíveis comercialmente.^(25,26)

Até que um mecanismo de *feedback* tátil confiável seja implementado, acreditamos que o treinamento endovascular robótico deva ser adiado até que os residentes compreendam plenamente os riscos envolvidos no manuseio de materiais endovasculares (ver mais em Apêndice 1).

Por fim, em relação às curvas de aprendizados, tanto os Novatos quanto os Especialistas alcançaram um platô na duração total do procedimento após a segunda angioplastia, platô no tempo de fluoroscopia após a primeira angioplastia,

sendo a terceira repetição necessária para mínima emissão de radiação, o que está de acordo com os achados da curva de aprendizado já descritos para intervenções robóticas coronarianas (três procedimentos) e carotídeas (cinco procedimentos) utilizando o CorPath.^(19,20)

4.1 Limitações

Uma comparação direta entre os resultados das angioplastias manuais e robóticas contribuiria para ampliar o conhecimento sobre o treinamento e a curva de aprendizado robótico; no entanto, isso não foi possível neste estudo por vários motivos. As angioplastias periféricas manuais foram realizadas de forma padrão, utilizando-se dispositivos OTW, que exigem retirada completa e troca dos dispositivos. Em contraste, as angioplastias robóticas foram realizadas com dispositivos RX, e o console do CorPath permite a fixação do fio-guia enquanto o cateter ou o balão são retirados, além de contar com um botão acelerador do processo de retirada do material endovascular. Além disso, as angioplastias manuais e robóticas foram realizadas em salas cirúrgicas diferentes, com radioscópios compatíveis, mas diferentes entre si, portanto, pode ter havido uma diferença mínima de emissão de radiação relacionada aos dispositivos.

Outra limitação foi a obtenção das curvas de aprendizado por meio de angioplastias em um modelo de artéria em ácido polilático, o que pode não refletir perfeitamente a curva de aprendizado em humanos. Lesões vasculares, como dissecação e perfuração, por exemplo, não puderam ser avaliadas. No entanto, nossos resultados mostraram similaridade com os dados obtidos em intervenções robóticas carotídeas e coronarianas em humanos.^(19,20)

Adicionalmente, os parâmetros utilizados para avaliação de curva de aprendizado foram somente sucesso de cateterização, além de critérios de tempo e de emissão de radiação, que podem ser insuficientes para refletir a compreensão do procedimento e a qualidade de desempenho. Entretanto, ainda não há instrumentos de avaliação validados na literatura para angioplastias robóticas.

Por fim, a pequena amostra é outra limitação do presente estudo. No entanto, incluímos uma amostra previamente calculada e observamos diferenças estatisticamente significativas tanto entre os grupos quanto dentro de cada grupo.

Essas limitações representam oportunidades para estudos futuros, que poderão expandir e aprofundar o conhecimento nesta área emergente.

Com benefícios promissores tanto para os pacientes quanto para a equipe cirúrgica, além da facilidade de uso dessa plataforma robótica, estudos futuros devem focar em tornar essa tecnologia mais acessível, ampliando seu uso clínico, e ainda mais segura, com aprimoramentos que reduzam os riscos e otimizem os resultados.

5 CONCLUSÕES

1. O treinamento em angioplastia robótica foi inovador, adequado e fidedigno para angioplastias periféricas robóticas, usando um modelo arterial infragenicular em ácido polilático imerso em meio aquoso e práticas distribuídas;

2. As curvas de aprendizado nas angioplastias periféricas robóticas foram curtas, havendo estabilidade nos parâmetros de tempo total de procedimento e de fluoroscopia, além de mínima emissão de radiação após a terceira angioplastia robótica. Esses resultados não diferiram em relação a experiência prévia ou ao principal foco de atuação dos participantes, evidenciando a eficiência e a facilidade de adaptação à tecnologia robótica.

6 APRESENTAÇÃO DO ARTIGO

Louzada AC, Souza PH, Teivelis MP, Lemos Neto PA, Nasser F, **Wolosker N**. Robotic endovascular peripheral arterial interventions: a proposal of a new learning model. *einstein* (São Paulo). 2024;22:eAO1058. doi: 10.31744/einstein_journal/2024AO1058

7 MÉTRICAS

7.1 Métricas do periódico

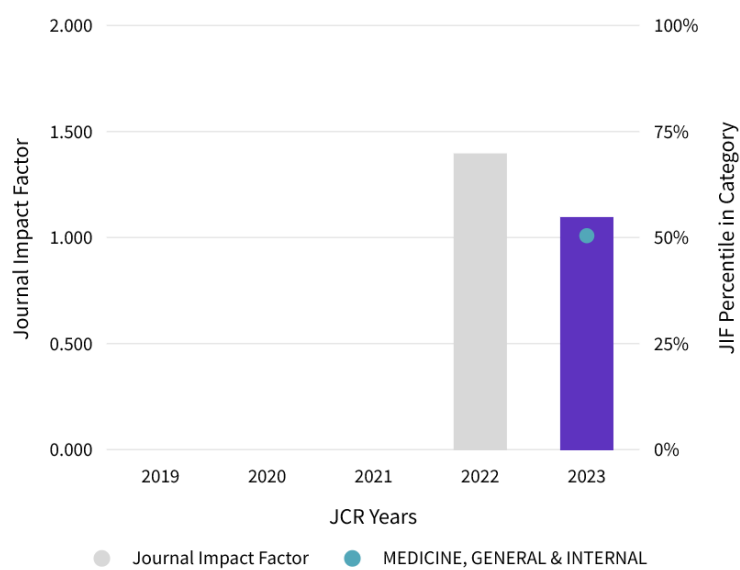
Métricas do periódico nos últimos cinco anos.

7.1.1 Fator de impacto

Periódico: einstein (São Paulo)

ISSN: 1679-4508

Fator de impacto: 1.1



Fonte: *Journal Citation Report*.

7.2 Métricas do artigo

7.2.1 Citações

Não foram encontradas citações para o artigo nas bases de dados *Scopus*, *Web of Science* e *Google Scholar*.

Avaliação realizada em 21/02/2025.

7.2.2 Altimetria

Não foram encontrados dados altmétricos. Avaliação realizada em 21/02/2025.

7.3 Métricas do autor

7.3.1 Redes científicas

Participação do autor nas redes científicas e seus respectivos endereços eletrônicos, onde o autor registra e disponibiliza suas publicações.

Rede científica	Link para acesso ao perfil
ORCID	https://orcid.org/0000-0002-4133-3798
Currículo Lattes	http://lattes.cnpq.br/8995468223398307
Scopus ID	https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56781527800
ResearchGate	https://www.researchgate.net/profile/Andressa-Louzada
Google Scholar	https://scholar.google.com/citations?user=TJoZDhYAAAAJ&hl=pt-BR&authuser=1
Academia.edu	https://independent.academia.edu/LouzadaAndressa

7.3.2 Trabalhos publicados

Trabalhos publicados e indexados na base de dados referencial *Web of Science*.

Publicações				
Ano	FI	Categoria	Referência	Citações
2024	5.7	Article	Portela FS, Louzada AC , Silva MF, Teivelis MP, Kuzniec S, Wolosker N . Editor's choice - analysis of lower limb amputations in Brazil's public health system over 13 years. <i>Eur J Vasc Endovasc Surg</i> . 2024;68(1):91-8.	4
2024	1.0	Case report	Wolosker N , Portela FS, Louzada AC , Galastri FL, Affonso BB, Nasser F. Robot-assisted endovascular treatment of hepatic artery aneurysm: a case report. <i>Vascular</i> . 2024:17085381241246322.	0
2024	2.2	Article	Sakugawa LS, Portela FS, Louzada AC , Portugal MF, Teivelis MP, Mendes CA, et al. Polidocanol-foam treatment of varicose veins: quality-of-life impact compared to conventional surgery. <i>Clinics (Sao Paulo)</i> . 2024;79:100346.	0
2024	1.1	Case report	Poffo R, Louzada AC , Curcio SA, Teivelis MP, Wolosker N . Robotic cardiac surgery for removal of iliac venous stent embolized in the right cardiac chambers: a case report. <i>Einstein (Sao Paulo)</i> . 2024;22:eRC0943.	0
2024	1.1	Case report	Ponte BJ, Dib VG, Louzada AC , Ferreira JF, Pinheiro LL, Mendes CA, et al. Chronic spontaneous non-aneurysmal aortic rupture treated with endovascular surgery. <i>Einstein (Sao Paulo)</i> . 2024;22:eRC1113.	0
2024	1.1	Article	Louzada AC , Souza PH, Teivelis MP, Lemos Neto PA, Nasser F, Wolosker N . Robotic endovascular peripheral arterial interventions: a proposal of a new learning model. <i>Einstein (Sao Paulo)</i> . 2024;22:eAO1058.	0
2024	1.4	Article	Silva MF, Portela FS, Louzada AC , Teivelis MP, Amaro Junior E, Wolosker N . National cross-sectional epidemiological analysis of the impact of pandemic COVID-19 on vascular procedures in public health system: 521,069 procedures over 4 years. <i>Ann Vasc Surg</i> . 2024;98:7-17.	3
2024	1.0	Article	Louzada AC , Leiderman DB, Silva MF, Portugal MF, Guerra JC, Teivelis MP, et al. Epidemiology of the use of inferior vena cava filters in Brazil between 2008 and 2019. <i>Vascular</i> . 2024;32(5):1092-8.	0
2023	7.9	Article	Louzada AC , Silva MF, Portugal MF, Teivelis MP, Jerussalmy CS, Amaro E Junior, et al. Nationwide cross-sectional analysis of endoscopic thoracic sympathectomy to treat hyperhidrosis over 12 years in Brazil: epidemiology, costs, and mortality. <i>Ann Surg</i> . 2023;277(2):e483-7.	1

2023	3.5	Article	Pitta RM, Queiroga L, Louzada AC , Ritti-Dias RM, Kaufmann OG, Wolosker N . What are the main risk factors associated with erectile dysfunction in the elderly? A cross-sectional study of 2436 Brazilian elderly men. Clin Interv Aging. 2023;18:1047-54.	4
2023	1.1	Article	Wolosker N , Louzada AC , Portela FS, Silva MF, Schettino GP, Corrêa LH, et al. Proposed public policies to improve outcomes in vascular surgery: an experts' forum. Einstein (Sao Paulo). 2023;21:eAE0241.	2
2022	3.7	Article	Pitta RM, Kaufmann O, Louzada AC , Astolfi RH, Queiroga L, Dias RM, et al. The association between physical activity and erectile dysfunction: A cross-sectional study in 20,789 Brazilian men. PLoS One. 2022;17(11):e0276963.	6
2022	1.4	Article	Silva MF, Louzada AC , Teivelis MP, Stabellini N, Leiderman DB, Campos JR, et al. Population-based analysis of the epidemiology of the surgical correction of hyperhidrosis in 1,216 patients over 11 years: a cross-sectional study. Sao Paulo Med J. 2022;140(6):775-80.	1
2022	0.9	Case report	Louzada AC , Wolosker MB, Astolfi RH, Colombo Junior JR, El Hayek OR, Teivelis MP, et al. One-step endovascular aortic aneurysm repair with CO2 contrast and robotic partial nephrectomy for renal cell carcinoma: case report. Vasc Endovascular Surg. 2022;56(8):812-6.	0
2022	1.5	Article	Silva MF, Louzada AC , Teivelis MP, Amaro Junior E, Wolosker N . Nationwide cross-sectional epidemiological analysis of 3,306 lower limb peripheral aneurysm repairs in Brazilian Public hospitals between 2008 and 2019: trends, mortality and costs. Ann Vasc Surg. 2022;84:21-7.	0
2022	2.6	Article	Biagioni RB, Louzada AC , Biagioni LC, Silva MF, Teivelis MP, Wolosker N . Cross-sectional analysis of 180,595 lower limb amputations in the state of Sao Paulo Over 12 Years. World J Surg. 2022;46(10):2498-506.	3
2022	1.4	Article	Silva MJ, Louzada AC , Silva MF, Portugal MF, Teivelis MP, Wolosker N . Epidemiology of 869,220 varicose vein surgeries over 12 years in Brazil: trends, costs and mortality rate. Ann Vasc Surg. 2022;82:1-6.	7
2022	2.6	Article	Louzada AC , Silva MF, Portugal MF, Stabellini N, Zerati AE, Amaro E, et al. Epidemiology of abdominal aortic aneurysm repair in Brazil from 2008 to 2019 and comprehensive review of nationwide statistics across the world. World J Surg. 2022;46(6):1485-92.	6
2022	1.4	Article	Silva MF, Louzada AC , Teivelis MP, Leiderman DB, Portugal MF, Stabellini N, et al. Varicose vein stripping in 66,577 patients in 11 years in public hospitals in São Paulo. Rev Assoc Med Bras (1992). 2022;68(12):1657-62.	1

2021	1.607	Article	Yazbek G, Ishy A, Silva MF, Louzada AC , Campos JR, Kauffman P, et al. Evaluation of compensatory hyperhidrosis after sympathectomy: the use of an objective method. <i>Ann Vasc Surg.</i> 2021;77:25-30.	6
2020	0.519	Article	Louzada A , Silva JM, Silva VF, Castro AC, Freitas RE, Cavalcante JB, et al. Multimodal HIIT is more efficient than moderate continuous training for management of body composition, lipid profile and glucose metabolism in the diabetic elderly. <i>Int J Morphol.</i> 2020;38(2):392-9.	5
2020	3.295	Article	Klabunde RA, Lazar Neto F, Louzada A , Moura RF, Calixto FM, Danaei G, et al. Prevalence and predictors of overweight and obesity in Brazilian immigrants in Massachusetts. <i>BMC Public Health.</i> 2020;20(1):42.	8
2018	4.627	Article	Damous LL, Carvalho AE, Nakamuta JS, Shiroma ME, Louzada AC , Soares-Jr JM, et al. Cell-free therapy with the secretome of adipose tissue-derived stem cells in rats' frozen-thawed ovarian grafts. <i>Stem Cell Res Ther.</i> 2018;9(1):323.	10
2018	1.582	Article	Lazar-Neto F, Louzada AC , Moura RF, Calixto FM, Castro MC. Depression and Its correlates among Brazilian immigrants in Massachusetts, USA. <i>J Immigr Minor Health.</i> 2018;20(4):832-40.	12
2016	0.961	Article	Louzada AC , Lim SJ, Pallazzo JF, Silva VP, Oliveira RV, Yoshio AM, et al. Biometric measurements involving the terminal portion of the thoracic duct on left cervical level IV: an anatomic study. <i>Anat Sci Int.</i> 2016;91(3):274-9.	8
2015	4.320	Article	Watson CY, Molina RM, Louzada A , Murdaugh KM, Donaghey TC, Brain JD. Effects of zinc oxide nanoparticles on Kupffer cell phagosomal motility, bacterial clearance, and liver function. <i>Int J Nanomedicine.</i> 2015;10:4173-84.	27

7.3.3 Mediana do fator de impacto dos trabalhos publicados completos

Fator de impacto das publicações	Mediana
0.519	1.450
0.900	
0.961	
1.000	
1.000	
1.100	
1.100	
1.100	
1.100	
1.400	
1.400	
1.400	
1.400	
1.500	
1.582	
1.607	
2.200	
2.600	
2.600	
3.295	
3.500	
3.700	
4.320	
4.627	
5.700	
7.900	

7.3.4 Citações recebidas

Publicações x Citações		
Ano	Publicações	Citações
2015	1	27
2016	1	8
2018	2	22
2020	2	13
2021	1	6
2022	8	24
2023	3	7
2024	8	7
Total	26	114

7.3.5 H-Index e m-quociente

Cálculo do H-Index	
Tópicos	Dados
Quantidade de publicações	26
Soma do número de citações	114
Artigos que receberam citações	18
Média de citações por item	4,3
H-Index	6

Cálculo do m-quociente		
h-index	6	0,5
Número de anos de publicação	11	

Publicações – H-Index				
Ano	FI	Categoria	Referência	Citações
2015	4.320	Article	Watson CY, Molina RM, Louzada A , Murdaugh KM, Donaghey TC, Brain JD. Effects of zinc oxide nanoparticles on Kupffer cell phagosomal motility, bacterial clearance, and liver function. Int J Nanomedicine. 2015;10:4173-84.	27
2018	1.582	Article	Lazar-Neto F, Louzada AC , Moura RF, Calixto FM, Castro MC. Depression and Its correlates among Brazilian immigrants in Massachusetts, USA. J Immigr Minor Health. 2018;20(4):832-40.	12
2018	4.627	Article	Damous LL, Carvalho AE, Nakamuta JS, Shiroma ME, Louzada AC , Soares-Jr JM, et al. Cell-free therapy with the secretome of adipose tissue-derived stem cells in rats' frozen-thawed ovarian grafts. Stem Cell Res Ther. 2018;9(1):323.	10
2020	3.295	Article	Klabunde RA, Lazar Neto F, Louzada A , Moura RF, Calixto FM, Danaei G, et al. Prevalence and predictors of overweight and obesity in Brazilian immigrants in Massachusetts. BMC Public Health. 2020;20(1):42.	8
2016	0.961	Article	Louzada AC , Lim SJ, Pallazzo JF, Silva VP, Oliveira RV, Yoshio AM, et al. Biometric measurements involving the terminal portion of the thoracic duct on left cervical level IV: an anatomic study. Anat Sci Int. 2016;91(3):274-9.	8
2022	1.4	Article	Silva MJ, Louzada AC , Silva MF, Portugal MF, Teivelis MP, Wolosker N . Epidemiology of 869,220 varicose vein surgeries over 12 years in Brazil: trends, costs and mortality rate. Ann Vasc Surg. 2022;82:1-6.	7
2022	3.7	Article	Pitta RM, Kaufmann O, Louzada AC , Astolfi RH, Queiroga L, Dias RM, et al. The association between physical activity and erectile dysfunction: a cross-	6

			sectional study in 20,789 Brazilian men. PLoS One. 2022;17(11):e0276963.	
2022	2.6	Article	Louzada AC , Silva MF, Portugal MF, Stabellini N, Zerati AE, Amaro E, et al. Epidemiology of abdominal aortic aneurysm repair in Brazil from 2008 to 2019 and comprehensive review of nationwide statistics across the world. World J Surg. 2022;46(6):1485-92.	6
2021	1.607	Article	Yazbek G, Ishy A, Silva MF, Louzada AC , Campos JR, Kauffman P, et al. Evaluation of compensatory hyperhidrosis after sympathectomy: the use of an objective method. Ann Vasc Surg. 2021;77:25-30.	6
2020	0.519	Article	Louzada A , Silva JM, Silva VF, Castro AC, Freitas RE, Cavalcante JB, et al. Multimodal HIIT is more efficient than moderate continuous training for management of body composition, lipid profile and glucose metabolism in the diabetic elderly. Int J Morphol. 2020;38(2):392-9.	5
2024	5.7	Article	Portela FS, Louzada AC , Silva MF, Teivelis MP, Kuzniec S, Wolosker N . Editor's choice - analysis of lower limb amputations in Brazil's public health system over 13 years. Eur J Vasc Endovasc Surg. 2024;68(1):91-8.	4
2023	3.5	Article	Pitta RM, Queiroga L, Louzada AC , Ritti-Dias RM, Kaufmann OG, Wolosker N . What are the main risk factors associated with erectile dysfunction in the elderly? A cross-sectional study of 2436 Brazilian elderly men. Clin Interv Aging. 2023;18:1047-54.	4
2024	1.4	Article	Silva MF, Portela FS, Louzada AC , Teivelis MP, Amaro Junior E, Wolosker N . National cross-sectional epidemiological analysis of the impact of pandemic COVID-19 on vascular procedures in public health system: 521,069 procedures over 4 years. Ann Vasc Surg. 2024;98:7-17.	3
2022	2.6	Article	Biagioni RB, Louzada AC , Biagioni LC, Silva MF, Teivelis MP, Wolosker N . Cross-sectional analysis of 180,595 lower limb amputations in the state of Sao Paulo Over 12 Years. World J Surg. 2022;46(10):2498-506.	3
2023	1.1	Article	Wolosker N , Louzada AC , Portela FS, Silva MF, Schettino GP, Corrêa LH, et al. Proposed public policies to improve outcomes in vascular surgery: an experts' forum. Einstein (Sao Paulo). 2023;21:eAE0241.	2
2023	7.9	Article	Louzada AC , Silva MF, Portugal MF, Teivelis MP, Jerussalmy CS, Amaro E Junior, et al. Nationwide cross-sectional analysis of endoscopic thoracic sympathectomy to treat hyperhidrosis over 12 years in Brazil: epidemiology, costs, and mortality. Ann Surg. 2023;277(2):e483-7.	1
2022	1.4	Article	Silva MF, Louzada AC , Teivelis MP, Stabellini N, Leiderman DB, Campos JR, et al. Population-based analysis of the epidemiology of the surgical correction of hyperhidrosis in 1,216 patients over 11 years: a cross-sectional study. Sao Paulo Med J. 2022;140(6):775-80.	1

2022	1.4	Article	Silva MF, Louzada AC , Teivelis MP, Leiderman DB, Portugal MF, Stabellini N, et al. Varicose vein stripping in 66,577 patients in 11 years in public hospitals in São Paulo. Rev Assoc Med Bras (1992). 2022;68(12):1657-62.	1
2024	1.0	Case report	Wolosker N , Portela FS, Louzada AC , Galastri FL, Affonso BB, Nasser F. Robot-assisted endovascular treatment of hepatic artery aneurysm: a case report. Vascular. 2024;17085381241246322.	0
2024	2.2	Article	Sakugawa LS, Portela FS, Louzada AC , Portugal MF, Teivelis MP, Mendes CA, et al. Polidocanol-foam treatment of varicose veins: quality-of-life impact compared to conventional surgery. Clinics (Sao Paulo). 2024;79:100346.	0
2024	1.1	Case report	Poffo R, Louzada AC , Curcio SA, Teivelis MP, Wolosker N . Robotic cardiac surgery for removal of iliac venous stent embolized in the right cardiac chambers: a case report. Einstein (Sao Paulo). 2024;22:eRC0943.	0
2024	1.1	Case report	Ponte BJ, Dib VG, Louzada AC , Ferreira JF, Pinheiro LL, Mendes CA, et al. Chronic spontaneous non-aneurysmal aortic rupture treated with endovascular surgery. Einstein (Sao Paulo). 2024;22:eRC1113.	0
2024	1.1	Article	Louzada AC , Souza PH, Teivelis MP, Lemos Neto PA, Nasser F, Wolosker N . Robotic endovascular peripheral arterial interventions: a proposal of a new learning model. Einstein (Sao Paulo). 2024;22:eAO1058.	0
2024	1.0	Article	Louzada AC , Leiderman DB, Silva MF, Portugal MF, Guerra JC, Teivelis MP, et al. Epidemiology of the use of inferior vena cava filters in Brazil between 2008 and 2019. Vascular. 2024;32(5):1092-8.	0
2022	0.9	Case report	Louzada AC , Wolosker MB, Astolfi RH, Colombo Junior JR, El Hayek OR, Teivelis MP, et al. One-step endovascular aortic aneurysm repair with CO2 contrast and robotic partial nephrectomy for renal cell carcinoma: case report. Vasc Endovascular Surg. 2022;56(8):812-6.	0
2022	1.5	Article	Silva MF, Louzada AC , Teivelis MP, Amaro Junior E, Wolosker N . Nationwide cross-sectional epidemiological analysis of 3,306 lower limb peripheral aneurysm repairs in Brazilian Public hospitals between 2008 and 2019: trends, mortality and costs. Ann Vasc Surg. 2022;84:21-7.	0

Anexo 1. Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

PROTOCOLO DE PESQUISA

Treinamento em endovascular robótica: a experiência endovascular prévia importa?

Nelson Wolosker

Versão 2 – julho/2021

Página 1 de 6

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido**Participantes com idade $\geq$ 18 anos****Introdução**

Você foi convidado(a) para participar voluntariamente do estudo intitulado: “**Treinamento em endovascular robótica: a experiência endovascular prévia importa?**”.

Se você decidir fazer parte dele, precisará saber das possibilidades de riscos e benefícios e confirmar sua participação através do termo de consentimento livre e esclarecido.

Este documento esclarece sobre o estudo que você deseja participar. Se você tiver qualquer pergunta, por favor, sinta-se à vontade para entrar em contato com o médico responsável pela condução do estudo ou com algum profissional que participa do estudo e que possa esclarecer suas dúvidas.

A decisão de fazer parte do estudo é **voluntária** e você pode recusar ou retirar-se do estudo a qualquer momento.

O objetivo dessa pesquisa é comparar o tempo total, quantidade de contraste, tempo de radioescopia, quantidade de radiação, e eficiência em procedimentos de angioplastia e embolização usando os mesmos modelos vasculares 3D por meio da técnica endovascular convencional e robô-assistida, realizados por profissionais “sênior”, isto é, com Título de Especialista em Angiorradiologia e Cirurgia Endovascular e/ou Radiologia Intervencionista e com mais de 5 anos de formação em Cirurgia Endovascular/Radiologia Intervencionista, e “júnior”, Cirurgiões Endovasculares e Radiologistas Intervencionistas com menos de 5 anos de formação em Cirurgia Endovascular/Radiologia Intervencionista, sem necessidade

Número: _____

Iniciais: ____ ____ ____

Rubrica: 1) Participante/Representante Legal/Testemunha Imparcial _____ 2) Responsável pelo consentimento _____

Versão 2_julho de 2021



PROTOCOLO DE PESQUISA

Treinamento em endovascular robótica: a experiência endovascular prévia importa?

Nelson Wolosker

Versão 2 – julho/2021

Página 2 de 6

de Título de Especialista em Angiorradiologia e Cirurgia Endovascular e/ou Radiologia, porém com experiência mínima de 100 procedimentos endovasculares.

Procedimentos realizados neste protocolo

Para desenvolvermos este estudo, utilizaremos os resultados de cada procedimento realizado nos modelos vasculares impressos em 3D, utilizando a técnica endovascular e robô-assistida, realizado por cada participante, a saber:

- 1) Angioplastia transluminal com balão do terço médio da artéria renal direita
- 2) Embolização do terço distal da artéria renal esquerda.
- 3) Cateterização da arcada pancreatoduodenal e embolização do seu ponto médio.
- 4) Angioplastia transluminal com balão do terço distal da artéria tibial anterior
- 5) Angioplastia transluminal com balão no terço médio da artéria tibial posterior
- 6) Angioplastia transluminal com balão no terço proximal da artéria fibular.

Tais procedimentos serão inicialmente realizados pela técnica endovascular convencional, repetidos 2 vezes, totalizando 3 realizações de cada procedimento, configurando o momento

1. Após, será disponibilizado vídeo com instruções de uso do robô. Duas semanas após o momento 1, os mesmos procedimentos serão realizados de modo robô-assistido, repetindo-se 4 vezes, totalizando 5 realizações de cada procedimento, configurando o momento 2. Quatro semanas após o momento 1, novamente os mesmos procedimentos serão realizados de modo robô-assistido, repetindo-se 4 vezes, totalizando mais 5 realizações de cada procedimento, configurando o momento 3. Ou seja, cada participante realizará cada procedimento 3 vezes utilizando a técnica endovascular convencional e 10 vezes de modo robô-assistido, metade destes será 2 semanas após o primeiro momento e metade 4 semanas após.

Número: _____

Iniciais: ____ ____ ____

Rubrica: 1) Participante/Representante Legal/Testemunha Imparcial _____ 2) Responsável pelo consentimento _____

Versão 2_julho de 2021



PROTOCOLO DE PESQUISA

Treinamento em endovascular robótica: a experiência endovascular prévia importa?

Nelson Wolosker

Versão 2 – julho/2021

Página 3 de 6

Seu nome não será divulgado. Não haverá nenhum tipo de benefício além do aprendizado em endovascular robótica para quem aceitar participar deste estudo. Da mesma maneira, caso você opte por não participar, não haverá nenhum tipo de prejuízo. A qualquer momento do estudo você pode retirar o seu consentimento e/ou se recusar a responder alguma questão e nós tiraremos os dados, sem nenhum prejuízo. A sua concordância em participar desta pesquisa significa que você concorda em realizar as tarefas propostas e nos autoriza a lhe incluir no grupo “sênior” ou “júnior” conforme sua titulação e anos de experiência em procedimento endovascular e a registrar e analisar os resultados dos seus procedimentos: tempo total, quantidade de contraste, tempo de radioescopia, quantidade de radiação, e eficiência.

Riscos e inconveniências

Existe um risco (muito pequeno) de quebra de sigilo, porém, nós pesquisadores, Andressa Cristina Sposato Louzada e Marcelo Passos Teivelis, tomaremos todo o cuidado para não divulgar nada que te identifique e só nós teremos acesso a esses dados. Além disso, os participantes estarão expostos a alguma radiação, porém contarão com EPIs, e a quantidade de radiação será muito pouca frente ao que já recebe no dia-a-dia profissional.

Benefício do tratamento

Como benefício do estudo, cada participante terá oportunidade de treinar procedimentos endovasculares robô-assistidos, e ainda contribuirá com a comunidade médica, propiciando um melhor entendimento sobre os desafios e oportunidades de melhora na capacitação em procedimentos endovasculares robóticos.

Número: _____

Iniciais: _____

Rubrica: 1) Participante/Representante Legal/Testemunha Imparcial _____ 2) Responsável pelo consentimento _____

Versão 2_ julho de 2021



PROTOCOLO DE PESQUISA

Treinamento em endovascular robótica: a experiência endovascular prévia importa?

Nelson Wolosker

Versão 2 – julho/2021

Página 4 de 6

Direitos do participante

Sua participação é voluntária e você pode retirar seu consentimento ou ainda descontinuar sua participação em qualquer momento, se assim o preferir, sem penalização e/ou prejuízo de qualquer natureza. Não haverá nenhum custo a você proveniente deste estudo, assim como não haverá qualquer tipo de remuneração pela sua participação. Ao assinar este termo você não abre mão de nenhum direito legal, incluindo o direito de buscar indenização em caso de dano decorrente de sua participação.

Confidencialidade

A equipe do estudo terá acesso a seus dados, no entanto, seu anonimato é garantido e possíveis publicações científicas resultantes deste estudo não o (a) identificarão em nenhuma circunstância como participante. Os dados obtidos serão tratados sob estritas condições de confidencialidade.

Os seus dados também poderão ser compartilhados com os seguintes grupos / pessoas associadas a este estudo de pesquisa ou envolvidos na revisão de pesquisas: outros funcionários da equipe de pesquisa dos Pesquisador Responsável, equipe do Centro de Pesquisa Clínica, o Comitê de Ética em Pesquisa e o Departamento Jurídico; e também os representantes do governo ou agências federais, quando exigido por lei. Caso surjam novas informações que possam ser importantes à sua decisão de continuar na pesquisa, você ou seu representante legal serão informados assim que os dados estejam disponíveis.

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP), cuja função é o de aprovar os estudos envolvendo seres humanos.

Para qualquer dúvida geral e/ou relacionada a direitos do participante (direito a informação clara, relacionado a custos, acompanhamento médico e hospitalar em caso de danos decorrentes da participação na pesquisa, confidencialidade de dados, acesso a resultados),

Número: _____

Iniciais: ____ ____ ____

Rubrica: 1) Participante/Representante Legal/Testemunha Imparcial _____ 2) Responsável pelo consentimento _____

Versão 2_julho de 2021



ALBERT EINSTEIN
INSTITUTO ISRAELITA DE
ENSINO E PESQUISA

PROTOCOLO DE PESQUISA

Treinamento em endovascular robótica: a experiência endovascular prévia importa?

Nelson Wolosker

Versão 2 – julho/2021

Página 5 de 6

entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital Israelita Albert Einstein localizado na Av. Albert Einstein, 627/701, Bloco A, 2º subsolo, Morumbi, São Paulo - SP, CEP: 05652-000, no telefone (11) 2151 3729/ FAX (11) 2151-0273 de segunda à sexta das 8h às 17h, por e-mail cep@einstein.br.

Para qualquer dúvida relacionada ao estudo, por favor, sinta-se a vontade para entrar em contato com os médicos responsáveis pela condução do estudo, Dra Andressa Louzada, e-mail drelouzada@gmail.com ou Dr. Nelson Wolosker no telefone: 11 2151-5423.

Assinaturas de Consentimento

Fui informado(a) de todos os detalhes relacionados ao estudo ao qual serei submetido.

Entendo que sou livre para aceitar ou não a participação e que posso retirar-me do estudo em qualquer ocasião, sem nenhum prejuízo.

Concordo que os dados coletados para o estudo serão usados para os fins descritivos acima, e que serão mantidos sob sigilo e confidencialidade.

Ao assinar este termo de consentimento não estarei abrindo mãos de meus direitos legais.

Li e entendi as informações apresentadas neste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Pude fazer perguntas e todas as minhas dúvidas foram esclarecidas. Sendo assim, CONCORDO em participar deste estudo.

Receberei uma via assinada e datada deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Número: _____

Iniciais: _____

Rubrica: 1) Participante/Representante Legal/Testemunha Imparcial _____ 2) Responsável pelo consentimento _____

Versão 2_julho de 2021



ALBERT EINSTEIN
INSTITUTO ISRAELITA DE
ENSINO E PESQUISA

PROTOCOLO DE PESQUISA

Treinamento em endovascular robótica: a experiência endovascular prévia importa?

Nelson Wolosker

Versão 2 – julho/2021

Página 6 de 6

Nome Completo do participante da pesquisa

_____ Data: __/__/__

Assinatura do participante da pesquisa

Nome completo e legível do pesquisador responsável

_____ Data: __/__/__

Assinatura do pesquisador responsável

Número: _____

Iniciais: _____

Rubrica: 1) Participante/Representante Legal/Testemunha Imparcial _____ 2) Responsável pelo consentimento _____

Versão 2_ julho de 2021

9 REFERÊNCIAS

1. Wanhainen A, Van Herzelee I, Bastos Goncalves F, Bellmunt Montoya S, Berard X, Boyle JR, et al.; ESVS Guidelines Committee; Document Reviewers. Editor's choice — European Society for Vascular Surgery (ESVS) 2024 clinical practice guidelines on the management of abdominal aorto-iliac artery aneurysms. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2024;67(2):192–331.
2. Conte MS, Bradbury AW, Kolh P, White JV, Dick F, Fitridge R, et al.; GVG Writing Group. Global vascular guidelines on the management of chronic limb-threatening ischemia. *J Vasc Surg.* 2019;69(6S):3S-125S.e40. Erratum in: *J Vasc Surg.* 2019;70(2):662.
3. Goldstein JA, Balter S, Cowley M, Hodgson J, Klein LW; Interventional Committee of the Society of Cardiovascular Interventions. Occupational hazards of interventional cardiologists: prevalence of orthopedic health problems in contemporary practice. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2004;63(4):407–11.
4. Wenzl TB. Increased brain cancer risk in physicians with high radiation exposure. *Radiology.* 2005;235(2):709–10.
5. Ramos M, Montoro A, Almonacid M, Ferrer S, Barquinero JF, Tortosa R, et al. Radiation effects analysis in a group of interventional radiologists using biological and physical dosimetry methods. *Eur J Radiol.* 2010;75(2):259–64.
6. Hidajat N, Wust P, Kreuschner M, Felix R, Schröder RJ. Radiation risks for the radiologist performing transjugular intrahepatic portosystemic shunt (TIPS). *Br J Radiol.* 2006;79(942):483–6.
7. Patel TM, Shah SC, Pancholy SB. Long distance tele-robotic-assisted percutaneous coronary intervention: a report of first-in-human experience. *EClinicalMedicine.* 2019;14:53–8.
8. Louzada AC, Yazbek G, Wolosker N. Robotic-assisted endovascular surgery. In: Zequi SC, Ren H, editors. *Handbook of robotic surgery.* Cambridge: Academic Press; 2025 [cited 2025 Jan 7]. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780443132711000650>.
9. Cochenne F, Kobeiter H, Gohel M, Marzelle J, Desgranges P, Allaire E, et al. Feasibility and safety of renal and visceral target vessel cannulation using robotically steerable catheters during complex endovascular aortic procedures. *J Endovasc Ther.* 2015;22(2):187–93.
10. Riga CV, Bicknell CD, Rolls A, Cheshire NJ, Hamady MS. Robot-assisted fenestrated endovascular aneurysm repair (FEVAR) using the Magellan system. *J Vasc Interv Radiol.* 2013;24(2):191–6.
11. Chinnadurai P, Duran C, Al-Jabbari O, Abu Saleh WK, Lumsden A, Bismuth J. Value of C-arm cone beam computed tomography image fusion in maximizing the versatility of endovascular robotics. *Ann Vasc Surg.* 2016;30:138–48.
12. Jones B, Riga C, Bicknell C, Hamady M. Robot-assisted carotid artery stenting: a safety and feasibility study. *Cardiovasc Intervent Radiol.* 2021;44(5):795–800.
13. Cheung S, Rahman R, Bicknell C, Stoyanov D, Chang PL, Li M, et al. Comparison of manual versus robot-assisted contralateral gate cannulation in patients undergoing endovascular aneurysm repair. *Int J Comput Assist Radiol Surg.* 2020;15(12):2071–8.
14. Behnamfar O, Pourjabbar A, Yalvac E, Reeves R, Mahmud E. First case of robotic percutaneous vascular intervention for below-the-knee peripheral arterial disease. *J Invasive Cardiol.* 2016;28(11):E128–31.
15. Mahmud E, Schmid F, Kalmar P, Deutschmann H, Hafner F, Rief P, et al. Feasibility and safety of robotic peripheral vascular interventions: results of the RAPID trial. *JACC Cardiovasc Interv.* 2016;9(19):2058–64.

16. Mahmud E, Schmid F, Kalmar P, Deutschmann H, Hafner F, Rief P, et al. Robotic peripheral vascular intervention with drug-coated balloons is feasible and reduces operator radiation exposure: results of the robotic-assisted peripheral intervention for peripheral artery disease (RAPID) study II. *J Invasive Cardiol*. 2020;32(10):380–4.
17. Legeza P, Britz GW, Loh T, Lumsden A. Current utilization and future directions of robotic-assisted endovascular surgery. *Expert Rev Med Devices*. 2020;17(9):919–27.
18. Madder RD, VanOosterhout S, Parker J, Sconzert K, Li Y, Kottenstette N, et al. Robotic telestenting performance in transcontinental and regional pre-clinical models. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2021;97(3):E327–32.
19. Abbas R, Al Saiegh F, El Naamani K, Chen CJ, Velagapudi L, Sioutas GS, et al. Robot-assisted carotid artery stenting: outcomes, safety, and operational learning curve. *Neurosurg Focus*. 2022;52(1):E17.
20. Weisz G, Smilowitz NR, Metzger DC, Caputo R, Delgado J, Marshall JJ, et al. The association between experience and proficiency with robotic-enhanced coronary intervention-insights from the PRECISE multi-center study. *Acute Card Care*. 2014;16(2):37–40.
21. Louzada AC, Souza PH, Teivelis MP, Lemos PA, Nasser F, Wolosker N. Robotic endovascular peripheral arterial interventions: a proposal of a new learning model. *einstein (São Paulo)*. 2024;22:eAO1058.
22. Pernar LI, Robertson FC, Tavakkoli A, Sheu EG, Brooks DC, Smink DS. An appraisal of the learning curve in robotic general surgery. *Surg Endosc*. 2017;31(11):4583–96.
23. Torres IO, De Luccia N. A simulator for training in endovascular aneurysm repair: the use of three dimensional printers. *Eur J Vasc Endovasc Surg*. 2017;54(2):247–53.
24. Göçer H, Durukan AB, Tunç O, Naser E, Gürbüz HA, Ertuğrul E. Evaluation of 3D printing in planning, practicing, and training for endovascular lower extremity arterial interventions. *Turk Gogus Kalp Damar Cerrahisi Derg*. 2021;29(1):20–6.
25. Li X, Guo S, Shi P, Jin X, Kawanishi M. An endovascular catheterization robotic system using collaborative operation with magnetically controlled haptic force feedback. *Micromachines (Basel)*. 2022;13(4):505.
26. Zhang L, Gu S, Guo S, Tamiya T. A magnetorheological fluids-based robot-assisted catheter/guidewire surgery system for endovascular catheterization. *Micromachines (Basel)*. 2021;12(6):640.

Abstract

Introduction: The incorporation of robotic technology into endovascular surgery is the new vanguard of the specialty, with potential benefits not only for patients, but also for the care team. It is therefore necessary to train endovascular surgeons in this new technology. **Purpose:** This study tests a suitable model for training robot-assisted peripheral vascular interventions and analyzes the learning curves of endovascular surgeons with different levels of previous experience and main focus of work, analyzing procedure time, fluoroscopy time, contrast use and radiation emission. **Methods:** Sixteen endovascular surgeons with different levels of experience and previous training performed nine manual angioplasties and 18 robotic angioplasties using the CorPath GRX platform on an immersed infragenicular arterial phantom, printed three-dimensionally in real size. **Results:** All participants found the model reliable. When analyzing the results of manual angioplasty, novices took significantly longer to perform angioplasty than experts ($p=0.044$). Among experts, interventionalists were faster only in the first angioplasty ($p=0.046$). Analysis of the results of robotic angioplasty showed that only one novice failed to cannulate one of the target arteries once. The total duration, fluoroscopy time and radiation emission did not differ between novices and experts ($p=0.095$, $p=0.60$ and $p=0.64$, respectively). In addition, the learning curves for maximum benefit required two attempts for procedure duration, one for fluoroscopy time and three for radiation emission. There were no significant differences between expert vascular surgeons and interventionalists. Among novices, residents had a significantly shorter procedure duration ($p=0.042$) and radiation delivery ($p=0.046$) for the first angioplasty only. **Conclusions:** Training in infragenicular arterial phantom surgery with distributed practice was adequate and the learning curves in robotic endovascular surgery were short and without differences in relation to previous experience and the focus of the activity.

Keywords: Endovascular procedures; Angioplasty; Robotic surgical procedures; Models, cardiovascular; Mentoring

Apêndice

Apêndice 1. Contextualização do estudo em relação à prática médica atual e futura

Nas últimas décadas, a cirurgia vascular tem sido transformada por avanços tecnológicos que redefinem as práticas médicas. No âmbito da cirurgia endovascular, essa evolução é especialmente evidente, com o advento de abordagens minimamente invasivas e, mais recentemente, com a integração de tecnologias robóticas.

Essas inovações não apenas melhoraram os resultados clínicos, como aumentaram a segurança do paciente e reduziram os riscos ocupacionais relacionados ao tratamento das doenças vasculares. O trabalho apresentado propõe um modelo de treinamento para angioplastias periféricas robóticas e avaliação de curvas de aprendizado de cirurgias endovasculares com diferentes níveis de experiência prévia.

A integração da robótica à cirurgia endovascular representa uma nova fronteira na especialidade, com impactos significativos na prática clínica. Plataformas como o sistema CorPath GRX demonstraram vantagens concretas, como maior precisão na manipulação de materiais endovasculares, redução do tempo de procedimento e menor exposição à radiação para pacientes e profissionais. Além disso, estudos apontam para um menor uso de contraste iodado, fator importante em pacientes com função renal comprometida.

Na prática atual, a adoção de tecnologias robóticas ainda tem barreiras, como o alto custo inicial, a necessidade de treinamento especializado e as limitações relacionadas à curva de aprendizado. Contudo, evidências cada vez mais frequentes sugerem que as plataformas robóticas não apenas melhoram a segurança e a eficácia dos procedimentos, mas também oferecem uma solução para demandas futuras, como telecirurgia e intervenções em regiões remotas ou de alto risco infeccioso.

O trabalho aborda de maneira pioneira a questão da capacitação em cirurgia robótica, propondo um modelo de treinamento que utiliza um fantoma arterial 3D impresso em tamanho real. Essa abordagem não apenas simula com alta fidelidade as condições reais de um procedimento endovascular, mas também permite avaliar e comparar o desempenho de cirurgias com diferentes níveis de experiência. O modelo

mostrou-se eficaz ao demonstrar curvas de aprendizado curtas, com estabilização dos parâmetros de tempo de procedimento e fluoroscopia após poucas repetições.

Essa evidência é fundamental na prática atual, em que a necessidade de treinamento em novas tecnologias cresce exponencialmente. A implementação de modelos como o proposto no estudo pode acelerar a adoção da robótica na cirurgia endovascular, permitindo que um maior número de profissionais e pacientes se beneficie dessa nova tecnologia. Além disso, a utilização de simuladores 3D pode reduzir a dependência de treinamentos realizados diretamente em pacientes, promovendo uma formação mais segura.

O futuro da prática médica aponta para uma expansão ainda maior das tecnologias robóticas, com o desenvolvimento de novos recursos, como *feedback* háptico, maior compatibilidade com materiais endovasculares e integração com inteligência artificial (IA). Essas inovações podem não apenas aumentar a precisão dos procedimentos, mas também auxiliar na tomada de decisão intraoperatória, identificando padrões de lesões e antecipando complicações potenciais.

Outro ponto importante a ser destacado é a possibilidade de telecirurgia. A capacidade de realizar intervenções à distância, utilizando sistemas robóticos conectados via redes de alta velocidade, abre perspectivas para o tratamento de pacientes em regiões remotas ou sem acesso a Especialistas. Essa abordagem também pode ser útil em cenários de isolamento infeccioso, como pandemias, garantindo maior segurança tanto para os pacientes quanto para as equipes médicas.

O estudo representa um marco no treinamento e na aplicação da robótica na cirurgia endovascular. Ao propor um modelo de treinamento acessível e eficaz, ele contribui diretamente para a capacitação de profissionais e para a adoção dessa tecnologia promissora na prática clínica. Além disso, os resultados observados reforçam o potencial das plataformas robóticas em transformar o cuidado ao paciente, ampliando o acesso a tratamentos minimamente invasivos e de alta precisão.

No horizonte da medicina, é evidente que a robótica desempenhará um papel central, não apenas em termos de avanços tecnológicos, mas também na redefinição de padrões de treinamento, segurança e qualidade do cuidado. Estudos como este são fundamentais para solidificar o caminho rumo a uma prática médica mais inovadora, eficiente e acessível.