



Atena
Editora
Ano 2025

SIMULAÇÃO E TECNOLOGIA: O FUTURO DO TREINAMENTO MÉDICO



Organizadores:

Karlene Thayane Barros da Silva
Edson Yuzur Yasojima
Jose Maciel Reis Caldas



TREINAMENTO
EVAR



SIMULAÇÃO E TECNOLOGIA NO TRATAMENTO DO ANEURISMA DE AORTA ABDOMINAL INFRARRENAL: **O FUTURO DO TREINAMENTO MÉDICO**

Autores:

Karlene Thayane Barros da Silva

Edson Yuzur Yasojima

José Maciel Caldas dos Reis

Ruan Gabriel Pinho Botelho dos Santos

Kelly Cristina Costa Guedes Nascimento

Gabriel Novais Guilherme

2025

Editora chefe	2025 by Atena Editora
Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira	Copyright © 2025 Atena Editora
Editora executiva	Copyright do texto © 2025, o
Natalia Oliveira Scheffer	autor
Assistente editorial	Copyright da edição © 2025,
Flávia Barão	Atena Editora
Bibliotecária	Os direitos desta edição foram
Janaina Ramos	cedidos à Atena Editora pelo
	autor.
	<i>Open access publication by</i>
	Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob a Licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

A Atena Editora mantém um compromisso firme com a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, assegurando que os padrões éticos e acadêmicos sejam rigorosamente cumpridos. Adota políticas para prevenir e combater práticas como plágio, manipulação ou falsificação de dados e resultados, bem como quaisquer interferências indevidas de interesses financeiros ou institucionais. Qualquer suspeita de má conduta científica é tratada com máxima seriedade e será investigada de acordo com os mais elevados padrões de rigor acadêmico, transparência e ética.

O conteúdo da obra e seus dados, em sua forma, correção e confiabilidade, são de responsabilidade exclusiva do autor, não representando necessariamente a posição oficial da Atena Editora. O download, compartilhamento, adaptação e reutilização desta obra são permitidos para quaisquer fins, desde que seja atribuída a devida autoria e referência à editora, conforme os termos da Licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

Os trabalhos nacionais foram submetidos à avaliação cega por pares realizada pelos membros do Conselho Editorial da editora, enquanto os internacionais foram avaliados por pareceristas externos. Todos foram aprovados para publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

Simulação e tecnologia: o futuro do treinamento médico

Organizadores: Karlene Thayane Barros da
Silva Edson Yuzur Yasojima
Jose Maciel Reis Caldas

Revisão: Os organizadores

Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)	
S614	<p>Simulação e tecnologia: o futuro do treinamento médico / Organizadores Karlene Thayane Barros da Silva, Edson Yuzur Yasojima, Jose Maciel Reis Caldas. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2025.</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-65-258-3548-8 DOI: https://doi.org/10.22533/at.ed.488251208</p> <p>1. Ensino e formação de profissionais de medicina. I. Silva, Karlene Thayane Barros da (Organizadora). II. Yasojima, Edson Yuzur (Organizador). III. Caldas, Jose Maciel Reis (Organizador). IV. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDD 610.711</p>
Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166	

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
+55 (42) 3323-5493
+55 (42) 99955-2866
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

Conselho Editorial

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano

Prof^a Dr^a Amanda V. Guimarães – Universidade Federal de Lavras

Prof^a Dr^a Ariadna Faria Vieira – Universidade Estadual do Piauí

Prof. Dr. Benedito R. da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás

Prof. Dr. Cirênio de A. Barbosa – Universidade Federal de Ouro Preto

Prof. Dr. Cláudio José de Souza – Universidade Federal Fluminense

Prof^a Dr^a Daniela Reis J. de Freitas – Universidade Federal do Piauí

Prof. Dr. Eloi R. Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof^a Dr^a Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará

Prof^a Dr^a Glécilla C. de Souza Nunes – Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. Humberto Costa – Universidade Federal do Paraná

Prof. Dr. Joachin de Melo Azevedo Sobrinho Neto – Universidade de Pernambuco

Prof. Dr. João Paulo Roberti Junior – Universidade Federal de Santa Catarina

Prof^a Dr^a Juliana Abonizio – Universidade Federal de Mato Grosso

Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense

Prof^a Dr^a Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof^a Dr^a Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

Prof. Dr. Sérgio Nunes de Jesus – Instituto Federal de Educação

Ciência e Tecnologia Prof^a Dr^a Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido

Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

PREFÁCIO

Este eBook, Simulação e Tecnologia no Tratamento do Aneurisma de Aorta Abdominal Infrarrenal: O Futuro do Treinamento Médico, nasce como parte integrante da minha trajetória no Mestrado Profissional em Cirurgia e Pesquisa Experimental (CIPE) da Universidade do Estado do Pará (UEPA). É um dos produtos que compõem a minha tese, desenvolvida com o objetivo de unir inovação, tecnologia e educação em saúde para transformar a forma como treinamos e capacitamos profissionais na abordagem do aneurisma de aorta abdominal infrarrenal (AAAI).

Vivemos um momento em que os avanços tecnológicos permitem o desenvolvimento de ferramentas cada vez mais eficazes para o aprendizado médico. No entanto, muitas vezes esses recursos ainda são inacessíveis, sobretudo em regiões com limitações estruturais ou distante dos grandes centros. Com uma linguagem clara, acessível e embasada cientificamente, este material foi pensado para preencher essa lacuna, oferecendo informação de qualidade não apenas a médicos, residentes e alunos de pós-graduação, mas também à população geral interessada em compreender melhor essa condição tão relevante e silenciosa.

Ao longo deste eBook, apresento os fundamentos sobre o aneurisma de aorta abdominal, as possibilidades terapêuticas atuais e o papel transformador da simulação no treinamento médico. Este conteúdo serve de base para contextualizar a criação de um simulador tridimensional (3D) de AAAI, produto principal da minha pesquisa, cuja proposta é proporcionar uma alternativa acessível, realista e eficaz para o treinamento em cirurgia endovascular.

Espero que este material contribua para despertar reflexões, inspirar inovações e, acima de tudo, promover uma prática médica mais segura, preparada e voltada para a excelência no cuidado com o paciente.

Karlene T. Barros da Silva Elleres

Mestranda em Cirurgia e Pesquisa Experimental – CIPE/UEPA

ORGANIZADORES

Karlene Thayane Barros da Silva Elleres

Médica pelo Centro Universitário do Estado do Pará (CESUPA).

Especialista em Cirurgia Geral pelo Hospital Metropolitano de Urgência e Emergência do Pará (HMUE-PA).

Especialista em Cirurgia Vascular pela Pontífice Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP) e pós-graduação em Angiorradiologia e Cirurgia Endovascular pelo Hospital Israelita Albert Einstein.

Discente do Programa de Pós-graduação Mestrado Profissional em Cirurgia e Pesquisa Experimental da Universidade do Estado do Pará (CIPE-UEPA).

Edson Yuzur Yasojima

Médico pela Universidade Federal do Pará (UFPA).

Mestrado em Gastroenterologia Cirúrgica e Doutorado em Ciência Cirúrgica Interdisciplinar pela Universidade Federal de São Paulo - Escola Paulista de Medicina (UNIFESP-EPM).

Docente Permanente do Programa de Pós-graduação Mestrado Profissional em Cirurgia e Pesquisa Experimental da Universidade do Estado do Pará (CIPE-UEPA).

José Maciel Caldas do Reis

Médico pela Universidade do Estado do Pará.

Especialista em clínica cirúrgica e cirurgia geral pelo Hospital de Base do Distrito Federal.

Especialista em Angiologia, Cirurgia Vascular, Angiorradiologia e Cirurgia Endovascular pelo Hospital Guilherme Álvaro-SP.

Mestrado em Cirurgia e Pesquisa Experimental (CIPE) pela Universidade do Estado do Pará.

Ruan Gabriel Pinho Botelho dos Santos

Médico pelo Centro Universitário do Estado do Pará – CESUPA, especialista em cirurgia geral pela Universidade do Estado do Pará (UEPA), cirurgia vascular, angiorradiologia e cirurgia endovascular pela Santa Casa de Misericórdia de Limeira (ISCML).

Docente do curso de medicina, matérias de cirurgia geral e cirurgia vascular, no Centro Universitário do Estado do Pará – CESUPA.

Discente do Programa de Pós-graduação Mestrado Profissional em Cirurgia e Pesquisa Experimental da Universidade do Estado do Pará (CIPE-UEPA).

ORGANIZADORES

Kelly Cristina Costa Guedes Nascimento

Médica pelo Centro Universitário METROPOLITANO DA AMAZÔNIA (UNIFAMAZ).

Especialista em Oftalmologia pelo Hospital Bettina Ferro de Souza (HUBFS - UFPA).

Especialista em Segmento Anterior Clínico e Cirúrgico, com ênfase em Córnea, Catarata e Cirurgia Refrativa, pelo Hospital universitário Bettina Ferro de Souza (HUBFS - UFPA).

Preceptora da Residência de Oftalmologia e do Fellowship de segmento anterior do Hospital Universitário Bettina Ferro de Souza (HUBFS - UFPA).

Docente do curso de medicina do centro universitário Metropolitano da Amazônia (UNIFAMAZ).

Discente do Programa de Pós-graduação Mestrado Profissional em Cirurgia e Pesquisa Experimental da Universidade do Estado do Pará (CIPE-UEPA).

Gabriel Novais Guilherme

Discente de Medicina pela Universidade Federal do Pará (UFPA).

SUMÁRIO

Capítulo I: Aneurisma da Aorta Abdominal

1 - Contextualização do problema	02
2 - Anatomia e fisiopatologia	03
3 - Classificação dos aneurismas da aorta	09
4 - Abordagens de tratamento	11

Capítulo II: O tratamento endovascular do aneurisma da aorta abdominal infrarrenal

1 - Princípios do tratamento endovascular	17
2 - Vantagens e desafios do tratamento minimamente invasivo	22

Capítulo III: Importância do treinamento em endovascular

1 - Importância do treinamento simulado em endovascular	28
---	----

Capítulo IV: O papel da simulação no treinamento médico

1 - Histórico da simulação em medicina	36
2 - Tipos de simuladores	38

SUMÁRIO

3 - Vantagens da simulação 3D no treinamento endovascular	41
---	----

Capítulo V: Perspectivas futuras

1 - Avanços tecnológicos	47
2 - Impacto da RA e IA na educação médica	49

Capítulo VI: Conclusão

1 - Reflexão sobre o impacto da inovação no treinamento médico	53
--	----



CAPITULO I

ANEURISMA DA AORTA ABDOMINAL

Autores:

Karlene Thayane Barros da Silva Elleres

Edson Yuzur Yasojima

José Maciel Caldas dos Reis

1 - CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA

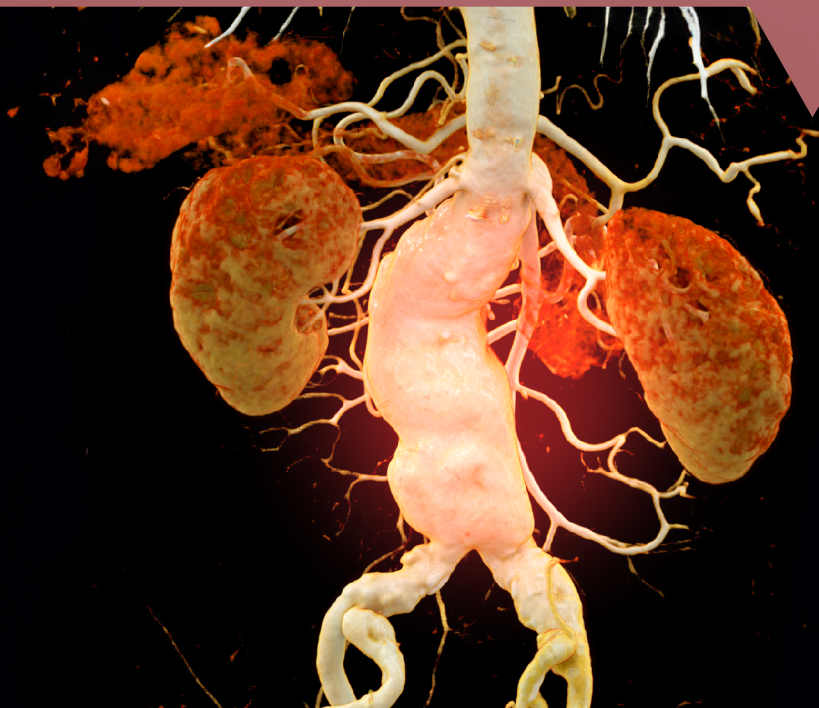


Figura 1 - Reconstrução 3D de aneurisma de aorta abdominal. Corte sagital com visualização pósterio-anterior, evidenciando colo proximal curto. Observa-se também dilatação da artéria ilíaca comum direita.

O aneurisma da aorta abdominal infrarrenal é uma dilatação anormal da aorta localizada abaixo das artérias renais, caracterizada por um aumento de mais de 50% em relação ao diâmetro normal do vaso. Esse tipo de aneurisma se desenvolve quando a parede da aorta enfraquece, resultando em uma dilatação da artéria. Nos estágios iniciais, a condição pode ser assintomática, o que dificulta o diagnóstico precoce. No entanto, se não for identificado e tratado a tempo, o aneurisma pode evoluir para complicações graves, como a ruptura, que constitui uma emergência médica de risco iminente à vida.

Epidemiologia

O aneurisma da aorta abdominal (AAA) é mais comum em homens com mais de 65 anos. Estima-se que cerca de 4% da população masculina acima dessa idade seja afetada por essa condição.

Etiopatogenia

Fatores genéticos desempenham um papel importante no surgimento dos aneurismas de aorta abdominal. Indivíduos com parentes de primeiro grau que sofreram de aneurisma têm maior risco de desenvolver a doença. Além disso, condições hereditárias como a síndrome de Marfan, síndrome de Ehlers-Danlos e a doença de Loeys-Dietz aumentam o risco de aneurismas.

O risco de desenvolvimento de aneurisma também aumenta com a idade, especialmente após os 60 anos, devido ao enfraquecimento progressivo das fibras elásticas na parede da aorta.

O tabagismo é outro fator de risco importante, pois acelera o processo aterosclerótico e contribui para a degeneração da parede arterial. Além disso, a hipertensão não controlada, com pressão alta prolongada, coloca uma tensão extra sobre a parede da aorta, facilitando sua dilatação e o risco de ruptura.

Fisiopatologia

O aneurisma da aorta abdominal ocorre quando há uma dilatação anormal da parede da aorta, geralmente devido ao enfraquecimento ou degeneração das suas camadas. Esse enfraquecimento leva ao aumento do diâmetro da artéria, tornando-a mais propensa à ruptura, uma condição extremamente grave e potencialmente fatal.

Mecanismo fisiopatológico

a) DANO À PAREDE AÓRTICA

O aneurisma da aorta ocorre

devido a alterações estruturais nas camadas da parede aórtica, especialmente na camada média - composta por fibras musculares e elásticas. Isso resulta no enfraquecimento e dilatação da artéria.

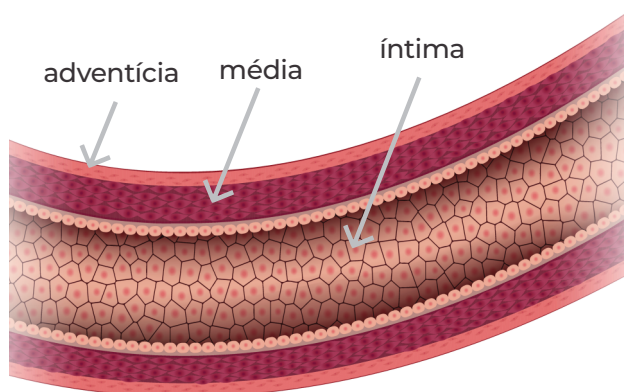


Figura 3 – Ilustração das camadas da parede arterial. A imagem demonstra a estrutura da artéria, composta por três camadas concêntricas: íntima (mais interna), média (intermediária, com musculatura lisa) e adventícia (mais externa, composta por tecido conjuntivo). Essas camadas são essenciais para a integridade e função do vaso sanguíneo.

As principais causas desse enfraquecimento incluem:

ATEROSCLEROSE

A formação de placas ateroscleróticas é uma das principais causas de aneurismas de aorta abdominal. A deposição de lipídios e outras substâncias nas paredes arteriais danifica as fibras elásticas e musculares, reduzindo a elasticidade e enfraquecendo a parede da aorta.

INFLAMAÇÃO CRÔNICA

Processos inflamatórios persistentes na parede aórtica podem causar a degradação de proteínas estruturais, como o colágeno e a elastina, além de induzir a apoptose das células musculares lisas. Esse processo torna a parede arterial mais suscetível ao alongamento e à dilatação.

DEFEITOS CONGÊNITOS DO TECIDO CONJUNTIVO

Algumas condições genéticas, como a síndrome de Marfan e a síndrome de Ehlers-Danlos, causam defeitos nas fibras de colágeno e elastina, o que predispõe ao desenvolvimento precoce de aneurismas.

b) ALTERAÇÃO NA CAMADA MÉDIA

Na formação do aneurisma, a camada média da aorta sofre degeneração, com perda de fibras musculares lisas. As proteases, especialmente as metaloproteínases (MMPs), desempenham um papel crucial nesse processo,

facilitando a degradação das fibras elásticas e colágenas, o que enfraquece ainda mais a parede arterial.

c) AUMENTO DA PRESSÃO INTERNA

Com o crescimento do aneurisma, o diâmetro da aorta aumenta, o que eleva a pressão interna no vaso. À medida que o aneurisma se expande, a tensão nas suas paredes também aumenta. A Lei de Laplace explica que quanto maior o raio do aneurisma, maior será a tensão na parede para equilibrar a pressão interna com a resistência estrutural da artéria. Isso torna a aorta mais vulnerável a rupturas.

d) DESACELERAÇÃO DO FLUXO SANGUÍNEO

O aumento do tamanho do aneurisma pode alterar a morfologia da aorta e, conseqüentemente, o fluxo sanguíneo. Essas alterações podem gerar áreas de turbulência e estase sanguínea, o que aumenta o risco de formação de coágulos dentro do aneu-

risma. Esses coágulos podem embolizar para outras partes do corpo, como as extremidades, o cérebro ou órgãos internos, levando a complicações.

Quadro clínico

O aneurisma da aorta abdominal infrarrenal é raramente detectado em estágios iniciais, pois geralmente é assintomático, sendo frequentemente diagnosticado por acaso durante exames de imagem realizados por outros motivos.

O impacto dessa condição é grave, principalmente devido ao risco de ruptura. Quando a pressão interna da aorta ultrapassa a resistência da parede enfraquecida, ocorre uma laceração da artéria, resultando em uma hemorragia massiva, instabilidade hemodinâmica e, frequentemente, morte.

Em alguns casos, ao invés de uma ruptura total, pode ocorrer uma dissecção da parede aórtica. Nesse caso, o sangue se acumula entre as camadas da parede da artéria, criando uma falsa luz. Isso

pode interromper o fluxo sanguíneo para órgãos vitais, levando a complicações severas.

Mesmo na ausência de ruptura, o aneurisma de aorta abdominal pode provocar problemas a longo prazo, como o risco de embolização ou compressão de estruturas próximas, gerando sintomas adicionais.

Rastreamento e métodos diagnósticos

É fundamental reforçar a importância do rastreamento para aneurisma de aorta abdominal, especialmente porque muitos casos dessa condição não apresentam sintomas até atingirem estágios avançados, aumentando o risco de complicações graves.

Homens a partir de 65 anos devem ser rastreados regularmente para aneurisma da aorta abdominal, sendo a ultrassonografia (USG) abdominal o exame de escolha para essa triagem. Esse exame simples, de baixo custo e não invasivo pode de-

tectar a presença de aneurismas em estágios iniciais, quando o tratamento pode ser mais eficaz.

Além disso, para aqueles com histórico familiar de aneurisma de aorta, o rastreamento deve começar mais cedo, aos 50 anos, e ser feito tanto em homens quanto em mulheres.

O USG tem a limitação de ser operador dependente, além disso, fatores como obesidade e preparo intestinal podem afetar o resultado.

A angiotomografia permite a avaliação completa da aorta, sendo essencial para o planejamento pre operatório. É o exame mais completo para avaliar as dimensões da aorta, do aneurisma e das ilíacas, com a reconstrução 3D evidencia estruturas vasculares, calcificações e trombos.

O diagnóstico precoce permite que medidas preventivas ou tratamentos adequados sejam adotados, reduzindo significativamente o risco de ruptura e suas consequências fatais.



Figura 4 – Reconstrução 3D de aneurisma de aorta abdominal infrarrenal. Imagem obtida por angiotomografia de abdome, demonstrando dilatação aneurismática localizada abaixo das artérias renais (segmento infrarrenal) com detalhamento anatômico tridimensional da aorta.

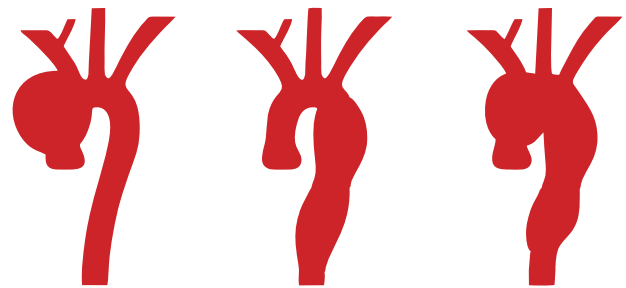
3 - CLASSIFICAÇÃO DOS ANEURISMA DA AORTA

Os aneurismas da aorta são dilatações permanentes de um segmento da aorta, que podem ser classificadas de várias maneiras: pela localização ao longo da aorta, forma e etiologia.

Classificação de acordo com a localização

a) Aneurisma da Aorta Torácica (AAT)

- **Ascendente:** entre a válvula aórtica e o arco aórtico.
- **Arco:** envolve o arco aórtico.
- **Descendente:** na parte torácica descendente, abaixo do arco, mas antes do diafragma.



Aneurisma de aorta torácica ascendente

Aneurisma de aorta torácica descendente

Aneurisma de arco aórtico

Figura 5 – Representação dos tipos de aneurisma da aorta torácica. Ilustração demonstrando as principais localizações dos aneurismas na aorta torácica: ascendente, arco aórtico e descendente. Cada tipo possui características clínicas e abordagens terapêuticas distintas.

b) Aneurisma da Aorta Abdominal (AAA)

- **Infrarrenal:** uma das localizações mais comuns, abaixo das artérias renais, o mais frequentemente encontrado aneurisma de aorta.
- **Pararrenal:** envolve as artérias renais, mas sem estendê-se acima delas.
- **Suprarrenal:** acima das artérias renais, envolvendo também parte da aorta torácica descendente

Aneurisma da aorta abdominal

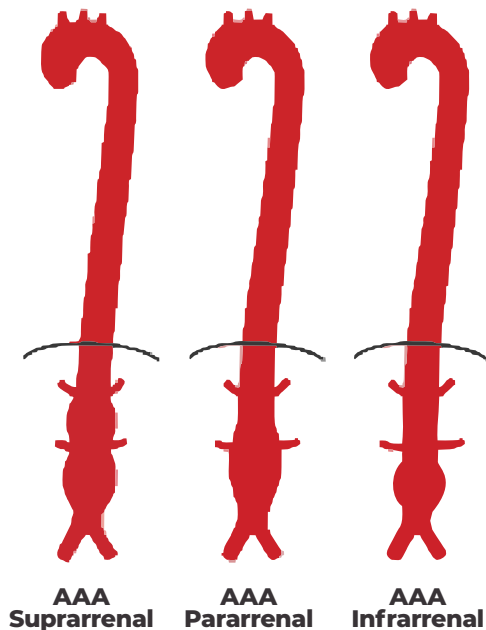
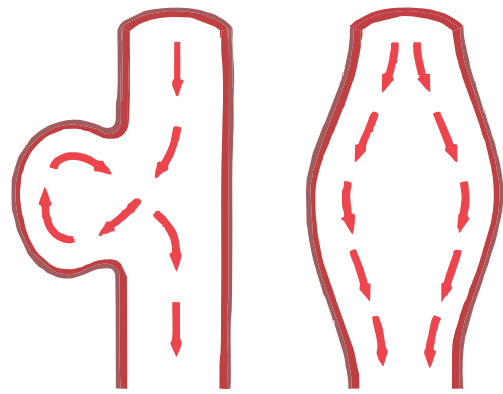


Figura 6 – Tipos de aneurismas da aorta abdominal. Ilustração demonstrando as principais variações anatômicas dos aneurismas abdominais.

Classificação de acordo com o formato

- **Fusiforme:** dilatação simétrica envolvendo toda a circunferência da aorta. É o tipo mais comum, especialmente nos AAA infrarrenais.
- **Sacular:** uma dilatação localizada em uma parte da circunferência que forma um saco.



Sacular Fusiforme

Figura 7 – Desenho esquemático demonstrando as duas principais formas morfológicas de aneurisma: o sacular, caracterizado por uma dilatação localizada e assimétrica da parede arterial, e o fusiforme, que apresenta dilatação difusa e simétrica ao longo do vaso.

Classificação pela etiologia

- **Degenerativos:** resultado da aterosclerose e a causa mais comum dos AAA.
- **Inflamatórios:** menos comum, onde ocorre um espessamento das paredes da aorta devido à inflamação.
- **Infecciosos:** devido a infecção, também conhecidos como aneurismas micóticos.
- **Genéticos:** condições hereditárias como a Síndrome de Marfan ou Síndrome de Ehlers-Danlos.

4 - ABORDAGENS DE TRATAMENTO

Tratamento

O tratamento de um aneurisma de aorta abdominal infrarrenal depende do tamanho do aneurisma e da presença de sintomas. As principais abordagens incluem:

a) Tratamento clínico

Independente de indicação cirúrgica, o tratamento clínico deve ser aplicado para todos os casos de aneurisma de aorta, com objetivo de retardar o crescimento e diminuir o risco de ruptura.

Não há medicamentos específicos para tratar aneurismas de aorta abdominal, é essencial o controle dos fatores de risco, com ênfase na monitorização rigorosa

da pressão arterial e a cessação do tabagismo. A pressão arterial deve ser controlada para reduzir o risco de crescimento do aneurisma e sua eventual ruptura. O uso de estatinas e antiagregantes plaquetários pode ser considerado para reduzir o risco cardiovascular global.

Monitoramento regular com exames de imagem, como ultrassonografia ou angio tomografia, para acompanhar o crescimento do aneurisma.

b) Tratamento cirúrgico

Indicações

- Aneurisma fusiforme > 5 cm em mulheres e > 5,5cm em homens
- Aneurisma fusiforme com crescimento rápido > 0,5 cm em 6 meses ou >1 cm em 1 ano.

- AAA associado a complicações ou sintomas (dor abdominal ou lombar; dor lombar que irradia para inguinal; plenitude ou desconforto abdominal)
- Aneurisma sacular

Cirurgia Aberta

A cirurgia aberta é a abordagem tradicional para aneurismas maiores ou sintomáticos. Consiste na remoção do segmento dilatado da aorta e substituição por um enxerto sintético. Esse procedimento exige uma incisão abdominal significativa e pode envolver maior risco e tempo de recuperação.



Figura 8 – Cirurgia aberta de aneurisma de aorta abdominal infrarrenal. Procedimento cirúrgico de correção do aneurisma de aorta, substituindo o segmento aneurismático por uma prótese de Dacron em configuração aorto-biilíaca. Imagem cedida pelo Dr. Ruan Gabriel Pinho Botelho dos Santos -Serviço de Cirurgia Vascular, Santa Casa de Limeira/SP.

Reparo Endovascular (EVAR)

Essa abordagem minimamente invasiva tem se tornado cada vez mais popular como alternativa à cirurgia aberta. O procedimento envolve a inserção de um stent endovascular através das artérias femorais, que é posicionado dentro do aneurisma para reforçar a parede da aorta e impedir a ruptura. O EVAR tem a vantagem de ser menos invasivo, com menor risco de complicações e recuperação mais rápida em comparação à cirurgia aberta, embora não seja adequado para todos os tipos de aneurismas.



Figura 9 – Arteriografia final demonstrando exclusão completa do aneurisma de aorta abdominal infrarrenal após implante de endoprótese, com adequada perfusão dos ramos ilíacos e ausência de endoleak. Imagem cedida pelo Dr. José Maciel Caldas dos Reis - Serviço de Cirurgia Vascular do Hospital de Clínicas Gaspar Vianna/PA.

REFERÊNCIAS

LOBATO, Armando. Cirurgia endovascular, vascular e angiologia. 4. ed. São Paulo: Instituto de Cirurgia Vascular, 2022.

BRITO, José Carlos de. Cirurgia vascular: cirurgia endovascular - angiologia. 4. ed. Rio de Janeiro: Revinter, 2020.

SAKALIHASAN, N.; LIMET, R.; DEFAWE, O. D. Abdominal aortic aneurysm. The Lancet, Londres, v. 365, n. 9470, p. 1577-1589, 30 abr.–6 maio 2005. DOI: 10.1016/S0140-6736(05)66459-8.

GOLLEDGE, J.; THANIGAIMANI, S.; POWELL, J. T.; et al. Pathogenesis and management of abdominal aortic aneurysm. European Heart [Journal], Oxford, v. 44, n. 29, p. 2682–2697, 1 ago. 2023. DOI:10.1093/eurheartj/ehad386.

HÄRTL, F.; REEPS, C.; WILHELM, M.; et al. Offene und endovaskuläre Therapie des abdominalen Aortenaneurysmas: Krankheitsbild – Evidenz – Ergebnisse. DMW – Deutsche Medizinische Wochenschrift, Stuttgart, v. 137, n. 24, p. 1303–1308, 2012. DOI: 10.1055/s-0032-1305055.

REFERÊNCIAS

WANHAINEN, A.; VAN HERZEELE, I.; BASTOS GONCALVES, F. et al. Editor's choice – European Society for Vascular Surgery (ESVS) 2024 clinical practice guidelines on the management of abdominal aorto-iliac artery aneurysms. *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery*, v. 67, n. 2, p. 192–331, fev. 2024. DOI: 10.1016/j.ejvs.2023.11.002.

CZERNY, M.; SCHMIDLI, J.; ADLER, S. et al. Current options and recommendations for the treatment of thoracic aortic pathologies involving the aortic arch: an expert consensus document of the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS) and the European Society for Vascular Surgery (ESVS). *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*, Oxford, v. 55, n. 1, p. 133–162, 1 Jan. 2019. DOI: 10.1093/ejcts/ezy313.

MULATTI, G. C.; JOVILIANO, E. E.; PEREIRA, A. H. et al. Projeto Diretrizes, Sociedade Brasileira de Angiologia e Cirurgia Vascular: aneurisma da aorta abdominal. *Jornal Vascular Brasileiro*, São Paulo, 2023. DOI: 10.1590/1677-5449.202300402.

LINKS ÚTEIS

Aneurisma de aorta abdominal infrarrenal, angiotomografia – Radiologia Jezreel

<https://youtu.be/kmaYOWbMjG4?si=s-h7aUtKAfHdUNRR>

Arteriografia inicial aneurisma de aorta - WEBOP. EVAR

<https://www.webop.com/vascular-surgery/aorta-and-pelvic-arteries/evan-endovascular-repair-of-abdominal-aortic-aneurysm-y-graft-vascular-surgery/videos>.

CAPITULO II

O TRATAMENTO ENDOVASCULAR DO ANEURISMA DE AORTA ABDOMINAL INFRARRENAL

Autores:

Karlene Thayane Barros da Silva Elleres

Edson Yuzur Yasojima

José Maciel Caldas dos Reis

Ruan Gabriel Pinho Botelho dos Santos

1 - PRINCÍPIOS DO TRATAMENTO ENDOVASCULAR

A cirurgia endovascular evoluiu com contribuições históricas que tornaram o tratamento vascular menos invasivo e mais preciso. A seguir alguns dos principais marcos dessa trajetória:

- **1953.** Seldinger descreveu a técnica de punção percutânea que constitui até hoje a base dos procedimentos endovasculares.
- **1964.** Dotter realizou a primeira angioplastia transluminal. Sendo considerado o precursor da intervenção endovascular.
- **1985.** Volodos utilizou pela primeira vez uma endoprótese para tratamento de aneurisma torácico.
- **1988.** Palmaz desenvolveu o stent expansível por balão.
- **1990.** Parodi, Palmaz e Barone

tratamento do primeiro paciente com aneurisma de aorta abdominal via endovascular, inaugurando a era da endoprótese para aneurismas.

O tratamento endovascular dos aneurismas da aorta (Endovascular Aneurysm Repair-EVAR), tem ganhado popularidade devido à sua natureza menos invasiva.

Aspecto Avaliado	Vantagem do EVAR
Risco de morte a curto prazo	Redução significativa
Tempo de cirurgia	Procedimento mais rápido
Perda sanguínea	Menor volume de sangramento
Mortalidade em 30 dias	Taxa Inferior
Tempo de internação hospitalar	Menor
Dor pós-operatória	Menor
Tempo em unidade de terapia intensiva	Reduzido
Complicações cardíacas	Menor Incidência
Complicações respiratórias	Menor Incidência

Recomenda-se o EVAR como o tratamento de escolha para pacientes com anatomia adequada, tanto nas cirurgias eletivas quanto nas urgências ou ainda em pacientes idosos de alto risco.

Este é um procedimento complexo, com potencial de insucesso grande caso não seja seguido rigorosamente a seleção do paciente, planejamento do tratamento, escolha dos materiais a serem utilizados e equipe treinada. Para o sucesso dessa terapêutica alguns princípios devem ser seguidos:

Princípios do tratamento endovascular

a) Seleção do paciente

- AAA maior que 5 cm em mulher e 5,5 cm em homens;
- Aneurisma sintomático (dor, compressão de órgãos vizinhos, ateroembolismo e ruptura);
- Crescimento acelerado (0,5 cm em 6 meses ou 1 cm em 1 ano);

b) Planejamento do tratamento

A angiotomografia de tórax, abdomen e pelve, com reconstruções tridimensionais (utilizando software para reconstrução - OsiriX, Horus) e projeções de intensidade máxima (MIP), é o exame de maior valor para o planejamento do tratamento e escolha da endoprótese.

Ao analisar uma angiotomografiade aorta abdominal para planejar o tratamento de um aneurisma, é importante observar os seguintes pontos:

➤ Colo Proximal

- Onde começa o aneurisma.
- Mede-se a partir da artéria renal mais baixa até o início da dilatação.

➤ Corpo do Aneurisma

- Comprimento total da área dilatada.
- Inclui o trecho do início ao fim da dilatação aneurismática.

➤ Colo Distal (se existir)

- Trecho da aorta normal após o aneurisma.
- Ajuda a definir onde termina a doença.

➤ **Distância até a bifurcação aórtica**

- Mede-se da artéria renal mais baixa até a divisão da aorta em ilíacas.

➤ **Diâmetros Importantes**

- Do colo proximal: abaixo da artéria renal.
- Do início do aneurisma.
- Maior diâmetro do aneurisma.
- Na bifurcação da aorta.

➤ **Artérias Ilíacas**

- Tamanho e diâmetro das ilíacas comuns e externas.
- Importante para saber se cabem os dispositivos endovasculares.

c) Critérios anatômicos para o tratamento endovascular

COLO PROXIMAL

- Colo cilíndrico ou cônico invertido;
- Diâmetro do colo de no máximo 3 mm (dilatações de mais de 3 mm na aorta infrarrenal já sofrem degeneração aneurismática, logo endoproteses não ancoram adequadamente

em segmento doente);

- O comprimento do colo deve ser de, no mínimo 15 mm, sendo 20 mm ou mais o ideal;

- Angulação do aneurisma em relação ao maior eixo da aorta não deve exceder 60° para a maioria das endoproteses, podendo levar ao seu acotovelamento;

- Presença de trombo maior que 2 mm de espessura ou que acometa mais de 25% da circunferência do colo, impede selamento adequado.

SEGMENTO DISTAL – COLO AÓRTICO DISTAL E ARTÉRIAS ILÍACAS

- Diâmetro adequado para acomodar os ramos de uma endoprótese bifurcada (o implante em um ramo muito estreito pode levar a trombose);

- Angulações superiores a 90° entre aorta e íliaca comum dificultam a introdução da endoprótese e o selamento;

➤ Ilíaca comum aneurismática em toda sua extensão (>21 mm) é uma contraindicação para implante do ramo neste vaso;

➤ Calcificação intensa das ilíacas dificulta a passagem do sistema;

➤ Calibre adequado das ilíacas.

d) Escolha da endoprótese

Características ideais de uma endoprótese aórtica:

Sistema de introdutor de baixo perfil;

Boa navegabilidade;

Ancoramento adequado proximal e distal;

Não ocluir artérias renais nem ilíacas internas;

Não sofrer torções;

Durabilidade;

Preço acessível;

Endopróteses disponíveis no Brasil

Apolo® – Nano Endoluminal.

Excluder® – WL Gore.

Braile® – Braile Biomédica.

Zenith® – Cook.

Aorfix – Lombard Medical.

Endurant – Medtronic.

Anaconda – Vascutek.

AFX – Endologix.

Hercules – MicroPort.

Ovation – Endologix.

Incraft – Cardinal.

E-Tegra – Jotec E.

Treovance – Bolton e outras.

e) Preparo do paciente

✓ Acesso venoso central;

✓ Cateterização da artéria radial direita para mensuração contínua da pressão arterial média;

✓ Sondagem vesical;

✓ Anestesia geral;

✓ Manta térmica para profilaxia a hipotermia;

✓ Colocação de campos cirúrgicos de forma a permitir a conversão para cirurgia aberta;

- ✓ Preparo do membro superior para acesso a artéria braquial;
- ✓ Aplicação de campos que limitam o acesso as femorais.

e) Acesso Vascular

- O procedimento é geralmente realizado através de punção nas artérias femorais, guiado por ultrassom;
- Um cateter é inserido para acessar a aorta sob orientação de fluoroscopia;
- A endoprótese deve ter calibre pequeno o suficiente para poder ser inserido pelas artérias femorais, geralmente, e ter flexibilidade para navegar pelas artérias ilíacas e suas tortuosidades.

IMPLANTE DA ENDOPRÓTESE

A principal intervenção no EVAR é a colocação de uma endoprótese, tubo sintético coberto por um metal, que é implantado dentro da aorta para reforçar a parede do vaso e excluir o aneurisma da circulação.

A endoprótese é inserida por uma artéria remota, cuidadosamente orientado até o local do aneurisma.

EXCLUSÃO DO ANEURISMA

A endoprótese deve ser ancorada em segmentos não dilatados do vaso aneurismático, onde deve obter o selamento tanto no segmento proximal quanto no distal.

A prótese redireciona o fluxo sanguíneo através do enxerto e não através do aneurisma, diminuindo assim a pressão sobre a parede enfraquecida do vaso. Isso mantém o fluxo arterial, impede o crescimento do aneurisma e reduz o risco de ruptura.



Figura 10 – Modelo tridimensional (3D) de aneurisma de aorta abdominal infrarrenal, impresso em resina, demonstrando endoprótese implantada em seu interior, representando o resultado de uma correção endovascular (EVAR).

USO DE TÉCNICAS AVANÇADAS

Em cenários mais complexos, como aneurismas que envolvem ramos arteriais importantes, podem ser utilizados stent customizados ou ramificados para preservar o fluxo sanguíneo nesses ramos.

O tratamento endovascular não é adequado para todos os pacientes. A anatomia do aneurisma, a condição geral do paciente e outros fatores influenciam a decisão de optar por esta abordagem. Entretanto, para pacientes adequados, o EVAR oferece uma alternativa eficaz e menos invasiva em comparação com métodos cirúrgicos tradicionais. O acompanhamento pós-procedimento é crucial para monitorar a integridade do stent e a exclusão do aneurisma.

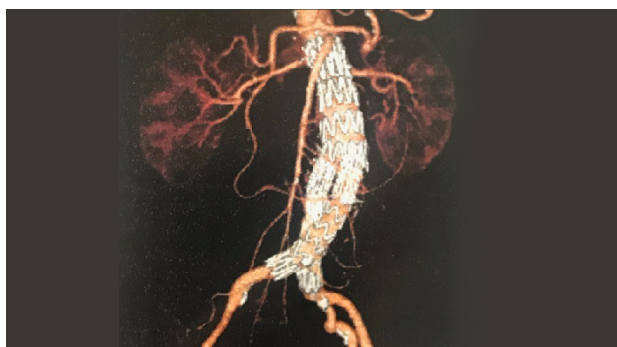


Figura 11 – Reconstrução tridimensional (3D) de angiotomografia de abdome demonstrando a endoprótese posicionada na aorta abdominal, em seguimento pós-operatório de EVAR. Exame evidencia exclusão adequada

do aneurisma, sem sinais de endoleak ou outras complicações, ressaltando a importância do acompanhamento por imagem após procedimento. Imagem cedida pelo Dr. José Maciel Caldas dos Reis - Serviço de Cirurgia Vascular do Hospital de Clínicas Gaspar Vianna/PA.

2 - VANTAGENS E DESAFIOS DO TRATAMENTO MINIMAMENTE INVASIVO

O tratamento endovascular de aneurismas, oferece várias vantagens sobre a cirurgia aberta tradicional. No entanto, também apresenta desafios e possíveis complicações.

VANTAGENS DO TRATAMENTO ENDOVASCULAR

a) Menos invasivo

O procedimento é realizado através de pequenas punções nas artérias, geralmente as femorais, sem a necessidade de grandes

incisões cirúrgicas. Isso leva a uma menor agressão cirúrgica ao corpo, menos dor pós-operatória e cicatrizes menores.

b) Menor tempo de recuperação

Os pacientes costumam se recuperar mais rapidamente, podendo retornar às atividades normais em um período mais curto em comparação com a cirurgia aberta. Menor permanência hospitalar, resultando em menos dias de internação.

c) Menor risco de complicações

Uma abordagem menos invasiva frequentemente resulta em menor risco de complicações, como infecções de feridas ou problemas respiratórios, que são mais comuns em grandes cirurgias abertas.

d) Flexibilidade no tratamento

O EVAR pode ser uma opção viável para pacientes que não são bons candidatos para cirurgia aberta devido a comorbidades ou alto risco cirúrgico.

DESAFIOS DO TRATAMENTO ENDOVASCULAR

a) Seleção do paciente

Não é adequado para tratar todos os tipos de aneurismas. A anatomia do aneurisma e a qualidade dos vasos ao redor são críticas para determinar a viabilidade do EVAR.

A presença de ramos importantes ou aneurismas em locais difíceis pode requerer técnicas ou dispositivos especializados

b) Complicações associadas

➤ **Endoleaks:** Um dos problemas mais comuns, refere-se ao fluxo sanguíneo contínuo para dentro do saco aneurismático após o reparo, o que pode anular o propósito do tratamento.

➤ **Fraturas do Stent:** Com o tempo, pode haver falhas ou deslocamento da endoprótese.

➤ **Falha no posicionamento ou migração do Stent.**

c) Exigência de monitoramento regular

Pacientes submetidos ao EVAR requerem acompanhamento periódico vitalício por exames de imagem, como tomografia computadorizada (TC) ou ultrassonografia, para garantir que o stent continue funcionando corretamente e sem complicações.

O tratamento endovascular de aneurismas representa um avanço significativo, oferecendo uma abordagem menos invasiva que pode beneficiar muitos pacientes. No entanto, uma avaliação cuidadosa de cada caso é essencial para determinar a melhor abordagem de tratamento, considerando os riscos potenciais e complexidades associadas ao EVAR.

Discussões detalhadas entre o paciente e a equipe médica são fundamentais para alinhar as expectativas e entender os possíveis resultados e implicações do procedimento.

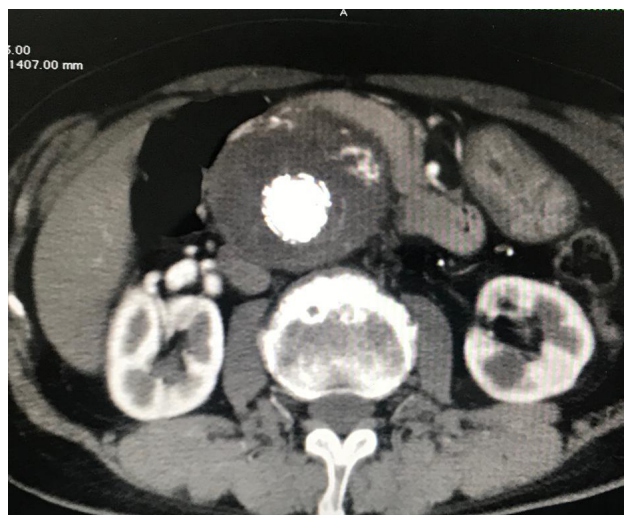


Figura 12 A – Angiotomografia de abdome em corte axial evidenciando aneurisma volumoso de aorta abdominal infrarrenal. Avaliação planejamento pré operatório.



Figura 12 A e B – 12.A Angiotomografia de abdome em corte axial, imagem pré-operatória para planejamento, evidenciando aneurisma volumoso de aorta abdominal infrarrenal. 12.B Controle pós-operatório da correção endovascular (EVAR), demonstrando endoprótese posicionada adequadamente, com exclusão completa do saco aneurismático. Imagem cedida pelo Dr. José Maciel Caldas dos Reis - Serviço de Cirurgia Vascular do Hospital de Clínicas Gaspar Vianna/PA.

REFERÊNCIAS

LOBATO, Armando. Cirurgia endovascular, vascular e angiologia. 4. ed. São Paulo: Instituto de Cirurgia Vascular, 2022.

BRITO, José Carlos de. Cirurgia vascular: cirurgia endovascular - angiologia. 4. ed. Rio de Janeiro: Revinter, 2020.

BELCZAK, S. Cirurgia endovascular e angiorradiologia. 2. ed. Rio de Janeiro: Rubio, 2022.

WANHAINEN, A.; VAN HERZEELE, I.; BASTOS GONCALVES, F. et al. Editor's choice – European Society for Vascular Surgery (ESVS) 2024 clinical practice guidelines on the management of abdominal aorto-iliac artery aneurysms. European Journal of Vascular and Endovascular Surgery, v. 67, n. 2, p. 192–331, fev. 2024. DOI: 10.1016/j.ejvs.2023.11.002.

PARODI, J. C.; PALMAZ, J. C.; BARONE, H. D. Transfemoral intraluminal graft implantation for abdominal aortic aneurysms. Annals of Vascular Surgery, [S.l.], v. 5, n. 6, p. 491–499, nov. 1991. DOI: 10.1007/BF02015271.

SCHMITZ-RIXEN, T.; BÖCKLER, D.; VOGL, T. J.; GRUNDMANN, R. T. Reparo endovascular e aberto do aneurisma da aorta abdominal. Deutsches Ärzteblatt International, [S.l.], v. 117, n. 48, p. 813–819, 20 out. 2020. DOI: 10.3238/arztebl.2020.0813.

LINKS ÚTEIS

Abdominal Aortic Aneurysm (EVAR) – NEJM Group (YouTube)

<https://www.youtube.com/watch?v=qUpXJBoAoWI>

CAPITULO III

IMPORTÂNCIA DO TREINAMENTO EM ENDOVASCULAR

Autores:

Karlene Thayane Barros da Silva Elleres

Edson Yuzur Yasojima

José Maciel Caldas dos Reis

1 - A IMPORTÂNCIA DO TREINAMENTO SIMULADO ENDOVASCULAR

O tratamento endovascular de aneurismas da aorta abdominal (EVAR) tem se consolidado como uma opção terapêutica revolucionária, oferecendo vantagens significativas sobre os métodos tradicionais.

Diante das diversas vantagens já citadas, o EVAR torna-se a escolha preferencial para o tratamento de aneurismas aórticos, exigindo, no entanto, que os profissionais da saúde estejam altamente capacitados para realizar os procedimentos com segurança e precisão.

O treinamento endovascular para o tratamento de aneurismas de aorta é fundamental, pois o reparo endovascular de aneu-

rismas da aorta abdominal exige um conjunto de habilidades altamente especializadas e um conhecimento detalhado da anatomia vascular, além da destreza nas técnicas de intervenção.

A prática em simuladores endovasculares constitui um recurso essencial na formação médica, oferecendo um ambiente seguro para a prática e o aprimoramento técnico. Dessa forma, médicos e cirurgiões desenvolvem habilidades com maior precisão e adquirem confiança. Esse tipo de treinamento é essencial para garantir a excelência na execução de intervenções complexas e melhorar os resultados clínicos e cirúrgicos.

IMPORTÂNCIA DO TREINAMENTO EM ENDOVASCULAR

Complexidade técnica

O tratamento endovascular envolve procedimentos delicados, como a inserção de stents e cateteres através de pequenas incisões, guiados por ultrassom sem a necessidade de uma cirurgia aberta. Essas intervenções requerem habilidades motoras finas, conhecimento profundo das técnicas de imagem e capacidade de manuseio de dispositivos de alta tecnologia.

O treinamento prático é fundamental para garantir que os profissionais adquiram confiança e competência na realização dessas técnicas.

Mudança de paradigma no tratamento

O reparo endovascular tornou-se uma alternativa preferencial à cirurgia aberta em muitos casos de aneurismas de aorta abdomi-

nal, especialmente para pacientes com risco elevado devido a comorbidades ou idade avançada. Com isso, os cirurgiões devem estar bem preparados para realizar esses procedimentos de forma eficaz, minimizando o risco de complicações, como endoleak ou danos a vasos adjacentes. O treinamento adequado é crucial para evitar falhas durante a intervenção.

Segurança do paciente

O treinamento endovascular eficaz impacta diretamente na segurança do paciente, pois uma técnica bem executada reduz os riscos de complicações, como embolização, trombose, lesões vasculares e hemorragias. Além disso, a rápida recuperação pós-operatória, característica do procedimento minimamente invasivo, depende da habilidade do médico em realizar a intervenção com precisão e de maneira controlada. Portanto, a qualidade do treinamento reflete diretamente nos resultados do paciente.

NECESSIDADE DE SIMULAÇÃO NO TREINAMENTO MÉDICO

A simulação médica tem se mostrado uma das ferramentas mais eficazes para o treinamento de procedimentos complexos e de alto risco, como os tratamentos endovasculares. A simulação torna-se essencial por diversos fatores:

Ambiente controlado

A principal vantagem da simulação é que ela permite aos cirurgiões praticarem em um ambiente controlado e sem risco para o paciente. Isso permite que o profissional aprenda com os próprios erros, repita procedimentos e experimente diferentes cenários sem comprometer a segurança do paciente.

No caso do tratamento de aneurismas de aorta, onde um erro pode ter consequências fatais, a simulação oferece uma oportunidade para que o cirurgião se familiarize com a técnica antes de realizar o procedimento em um paciente real.

Aperfeiçoamento de habilidades técnicas e cognitivas

A simulação endovascular não apenas ajuda no aperfeiçoamento das habilidades manuais, mas também no desenvolvimento de competências cognitivas, como o planejamento do procedimento, a análise de imagens em tempo real e a tomada de decisões rápidas durante a intervenção.

Em um cenário controlado, os profissionais podem ser desafiados a lidar com complicações imprevistas (como falha do dispositivo ou dificuldades técnicas), o que aumenta sua capacidade de reação no mundo real.

Redução da curva de aprendizado

A curva de aprendizado associada ao treinamento em procedimentos endovasculares pode ser longa e árdua, pois envolve a combinação de conhecimento técnico com habilidades motoras precisas. A simulação permite um treinamento repetitivo e progressivo, ajudando os profissionais

a atingirem um nível de proficiência mais rapidamente do que se estivessem aprendendo apenas com casos reais. Dessa forma, contribui para reduzir a exposição dos pacientes durante as fases iniciais do aprendizado, promovendo um ambiente de formação mais ético e cuidadoso.

Treinamento de equipe multidisciplinar

O tratamento de aneurismas via endovascular frequentemente envolve uma equipe multidisciplinar - cirurgiões vasculares, radiologistas, anestesistas e enfermeiros. A simulação oferece a oportunidade de treinar toda a equipe de maneira coordenada, permitindo que cada membro aprenda como interagir e desempenhar seu papel de forma eficaz durante o procedimento. Assim, a comunicação, a agilidade nas respostas e o desempenho da equipe durante o procedimento são otimizados.

Fomento à inovação e adaptação tecnológica

A simulação permite que os profissionais se familiarizem com novas tecnologias e dispositivos endovasculares à medida que vão sendo utilizados. Muitos simuladores de última geração já incluem modelos com a anatomia vascular de alta fidelidade.

BENEFÍCIOS DA PRÁTICA SIMULADA

Segurança e confiabilidade

Treinar em um ambiente controlado e seguro permite aos médicos cometer erros sem consequências graves, o que facilita o aprendizado e aumenta a confiança na execução do procedimento real.

Feedback imediato

A maioria dos simuladores oferece feedback instantâneo sobre a performance do usuário, permitindo ajustes rápidos e a correção de falhas técnicas, o que acelera o processo de aprendizagem.

Aprimoramento da tomada de decisão

Durante o treinamento simulado, o médico pode ser exposto a diferentes cenários - complicações, variações anatômicas, falhas técnicas - o que aprimora suas habilidades de tomada de decisão em tempo real, sem o risco de prejudicar o paciente.

Acessibilidade e flexibilidade

A simulação pode ser realizada em qualquer momento, independentemente da disponibilidade de pacientes, o que possibilita um treinamento contínuo e flexível, sem depender exclusivamente de casos clínicos reais.

O treinamento endovascular para o tratamento de aneurismas de aorta abdominal é essencial para garantir que os médicos se tornem proficientes em técnicas complexas e minimamente invasivas. A simulação desempenha um papel crucial nesse processo, pois proporciona um ambiente seguro e controlado para a prática repetitiva e a

aprendizagem de habilidades técnicas e cognitivas. Os benefícios da simulação — como a redução da curva de aprendizado, o aperfeiçoamento das habilidades técnicas e a segurança do paciente — tornam-na uma ferramenta indispensável no treinamento médico moderno, especialmente em procedimentos de alta complexidade como o reparo endovascular de aneurismas da aorta.



Figura 13 – Ambiente de sala de hemodinâmica durante procedimento endovascular. Observa-se a preparação da equipe médica e o uso de fluoroscopia em tempo real para orientação da correção do aneurisma.

REFERÊNCIAS

SEE, K. W.; CHUI, K. H.; CHAN, W. H.; WONG, K. C.; CHAN, Y. C.

Evidence for endovascular simulation training: a systematic review. *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery*, [S.l.], v. 51, n. 3, p. 441–451, mar. 2016. DOI: 10.1016/j.ejvs.2015.10.011.

NEEQUAYE, S. K.; AGGARWAL, R.; VAN HERZEELE, I.; DARZI, A.;

CHESHIRE, N. J. Endovascular skills training and assessment. *Journal of Vascular Surgery*, [S.l.], v. 46, n. 5, p. 1055–1064, nov. 2007. DOI: 10.1016/j.jvs.2007.05.041.

AGGARWAL, R.; CHESHIRE, N.; DARZI, A. Endovascular

simulation-based training. *The Surgeon*, [S.l.], v. 6, n. 4, p. 196–197, ago. 2008.

DOI: 10.1016/s1479-666x(08)80025-x.

SOENENS, G. et al. Massed training is logistically superior to distributed training in acquiring basic endovascular skills. *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery*, [S.l.], v. 66, n. 5, p. 730–737, nov. 2023. DOI: 10.1016/j.ejvs.2023.07.019.

ZHOU, W.; LIN, P. H.; BUSH, R. L.; LUMSDEN, A. B. Endovascular training of vascular surgeons: have we made progress? *Seminars in Vascular Surgery*, [S.l.], v. 19, n. 2, p. 122–126, jun. 2006.

DOI: 10.1053/j.semvascsurg.2006.03.010.

REFERÊNCIAS

TSANG, J. S. et al. Virtual reality simulation in endovascular surgical training. *The Surgeon*, [S.l.], v. 6, n. 4, p. 214–220, ago. 2008.
DOI: 10.1016/s1479-666x(08)80031-5.

STOEHR, F. et al. Endovascular simulation training: a tool to increase enthusiasm for interventional radiology among medical students. *European Radiology*, [S.l.], v. 30, n. 8, p. 4656–4663, ago. 2020.
DOI: 10.1007/s00330-019-06646-2.

CAPITULO IV

O PAPEL DA SIMULAÇÃO NO TREINAMENTO MÉDICO

Autores:

Karlene Thayane Barros da Silva Elleres

Edson Yuzur Yasojima

José Maciel Caldas dos Reis

Kelly Cristina Costa Guedes Nascimento

1 - HISTÓRICO DA SIMULAÇÃO EM MEDICINA

A simulação médica tem evoluído consideravelmente ao longo dos anos, acompanhando os avanços tecnológicos e as necessidades educacionais do campo médico. Vamos explorar essa evolução, desde os primeiros modelos até as tecnologias mais avançadas.

PRIMEIROS MODELOS DE SIMULADORES



1958

Neste ano, o norueguês Asmund Laerdal criou o Resusci Anne, o primeiro manequim realista para treinamento em ressuscitação cardiopulmonar (RCP), inspirado por uma experiência pessoal com seu filho. Em parceria com os médicos Peter Safar e Bjorn Lind, Laerdal

desenvolveu um simulador capaz de fornecer feedback em tempo real sobre compressões e ventilação, contribuindo significativamente para a formação em técnicas de salvamento. A iniciativa marcou um avanço importante na educação em primeiros socorros, aliando realismo e eficácia no ensino da RCP.



Figura 14 – Simulador Resusci Anne, modelo clássico desenvolvido em 1958 para treinamento em reanimação cardiopulmonar. Considerado um marco no ensino de suporte básico de vida. Imagem: reprodução via Google.



1960

Criado por Judson Denson e Stephen Abrahamson, Sim One

foi um dos primeiros simuladores médicos computacionais e eletrônicos desenvolvidos para o treinamento de anestesiologia. Este foi um passo significativo na aplicação de tecnologia em simulação médica.

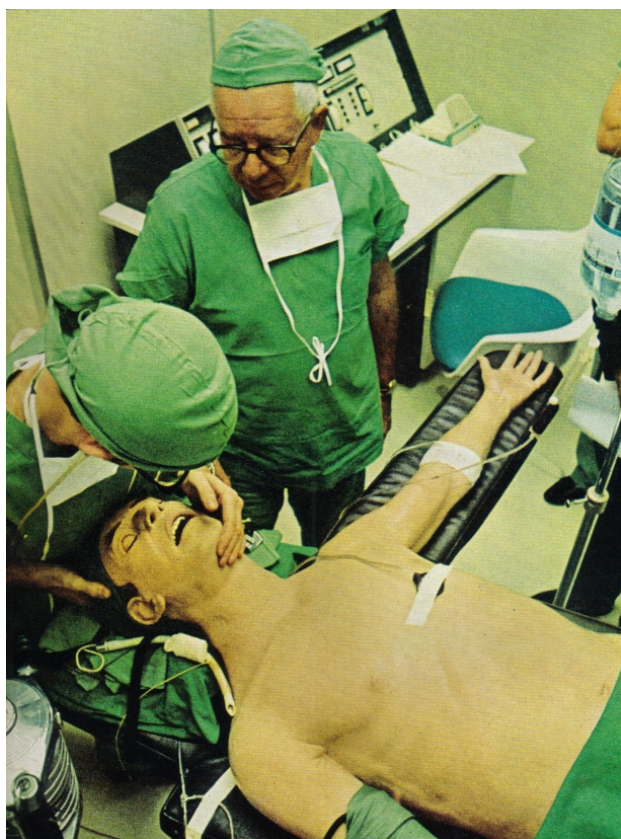


Figura 15 – Simulador SIM ONE, desenvolvido na década de 1960, considerado o primeiro manequim computadorizado capaz de simular sinais vitais e respostas fisiológicas humanas. Imagem: reprodução via Google.



1970 - 1980

Com a evolução da computação, surgiram mais simuladores avançados, incluindo uso de softwares para imitar condições médicas críticas e cenários de emergência.



1990

Surgem programas que utilizam atores treinados a fim de representar pacientes em cenários de simulação.

Em paralelo, a simulação cirúrgica avançou com a introdução dos treinadores laparoscópicos e simuladores de computadores para procedimentos minimamente invasivos.



Figura 16 – Componentes utilizados em simuladores laparoscópicos para treinamento cirúrgico: pinças, tesouras, modelos anatômicos para treinamento de sutura. Materiais que permitem a simulação de procedimentos minimamente invasivos com foco no desenvolvimento da coordenação motora do cirurgião.



2000 em diante

O desenvolvimento de tecnologias de realidade virtual (RV) e realidade aumentada (RA) transformou a simulação médica. Estes sistemas fornecem ambien-

tes 3D interativos onde procedimentos complexos podem ser praticados.

Simuladores que permitem visualizações altamente detalhadas da anatomia humana, melhorando o aprendizado de anatomia e cirurgias.

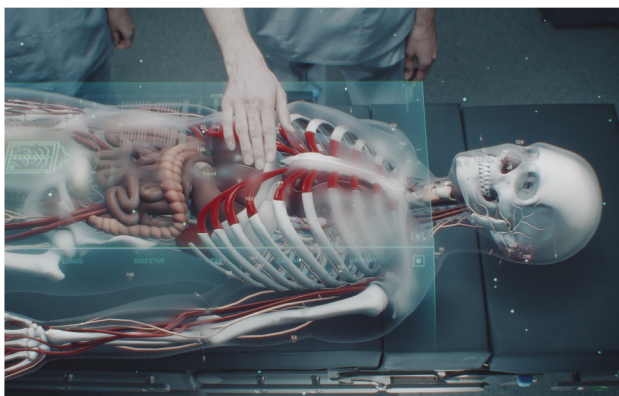


Figura 17 – Simulador avançado de anatomia humana com visualizações em 3D, permitindo exploração interativa de sistemas e estruturas corporais.

Diversos artigos científicos têm sido publicados focando na validação e vantagem do uso de simulação na educação médica e no treinamento de habilidades. Ziv et al. (2003), explora a aplicação de simulação médica como standard prático na educação para a melhoria das habilidades clínicas com segurança para os alunos e pacientes.

A evolução da simulação médica acompanha a transformação tecnológica contínua e tem desempenhado um papel

crítico no treinamento seguro e controlado de procedimentos médicos, permitindo que os profissionais da saúde melhorem suas capacidades diagnósticas e de tratamento antes de aplicá-las aos pacientes reais. A incorporação de RV, RA e outros avanços interativos continuam a enriquecer as possibilidades de ensinamento e treinamento na medicina moderna. As réplicas de seres humanos virtualizadas e robotizadas continuam tornando a prática médica mais eficiente e segura para os pacientes.

2 - TIPOS DE SIMULADORES

Os simuladores são tipicamente divididos em três categorias principais: simuladores físicos, simuladores virtuais e simuladores híbridos. Cada tipo possui suas características únicas e contribui-

ções para a educação médica, dependendo do contexto e dos objetivos de aprendizado. Vamos explorar cada um deles e entender suas vantagens e limitações.

SIMULADORES FÍSICOS

Incluem manequins, robôs e modelos tridimensionais que replicam a anatomia e fisiologia humanas

Exemplos: *SimMan* e *Hal*, que são altamente avançados e capazes de simular mudanças fisiológicas e até respostas emocionais.

Vantagens

➤ Habilidade de treinamento de procedimentos práticos

- Excelente para ensinar técnicas manuais, como intubação, cateterização ou manobras de ressuscitação.

➤ Feedback tátil e resposta física realista

- Oferecem interação realista, permitindo que o usuário sinta resistência dos tecidos.

Limitações

➤ Custo e manutenção

- Equipamentos físicos avançados são caros e frequentemente requerem manutenção especializada.

➤ Espaço físico

- Necessidade de um espaço de laboratório dedicado para armazenar e utilizar o equipamento.

SIMULADORES VIRTUAIS

Utilizam programas de computador e realidade virtual para simular ambientes clínicos de forma interativa e imersiva.

Vantagens

➤ Ambientes imersivos e interativos

- Permite a prática em diversos cenários sem risco real, aumentando a segurança de treinamento.

➤ Ambientes imersivos e interativos

- Podem ser acessados remotamente e reutilizados múltiplas vezes, reduzindo o custo por uso.

Limitações

- **Falta de interação física**
 - Ausência de feedback tátil pode limitar a habilidade de treinar habilidades motoras finas.
- **Dependência de tecnologia**
 - Requer infraestrutura tecnológica adequada e pode estar sujeita a problemas técnicos ou de software.

SIMULADORES HÍBRIDOS

Combinam elementos físicos e virtuais para criar uma experiência de aprendizado mais abrangente e realista.

Vantagens

- **Experiência completa**
 - Integração de visualizações virtuais com interatividade tátil e sensorial melhorando a eficácia do treinamento.
- **Versatilidade em cenários de treinamento.**

Limitações

- **Custos elevados**
 - Complexidade técnica pode traduzir-se em um investimento inicial significativo.
- **Necessidade operacional de equipamento e espaço**
 - Requer instalações equipadas tanto do ponto de vista físico quanto tecnológico.

No contexto de educação médica, a escolha entre simuladores físicos, virtuais ou híbridos depende das necessidades pedagógicas específicas, do orçamento disponível e do espaço físico. Enquanto simuladores físicos oferecem uma sensação tátil essencial para muitas habilidades práticas, simuladores virtuais oferecem repetitividade econômica e acessibilidade ampla. Simuladores híbridos, por sua vez, representam uma fronteira inovadora, combinando o melhor dos dois mundos para maximizar a eficácia do treinamento médico.

O uso combinado dessas tecnologias continua a direcionar a área para um futuro promissor de

treinamento médico aprimorado, de forma segura e eficaz.



Figura 18 – Integração da realidade aumentada no ambiente cirúrgico, com projeção de imagens tridimensionais sobre o paciente em tempo real.

3 - VANTAGENS DA SIMULAÇÃO 3D NO TREINAMENTO ENDOVASCULAR

A simulação 3D tem emergido como uma ferramenta essencial no treinamento endovascular, trazendo uma série de vantagens que aprimoram significativamente o aprendizado dos profissionais de saúde. Primeiramente, a simulação 3D oferece um ambiente de aprendizado imersivo, no qual os estudantes podem visualizar de forma clara e interativa a complexidade da anatomia vascular. Isso permite um entendimento mais profundo e preciso das estruturas, algo que não seria completamente possível com métodos tradicionais, como livros didáticos ou imagens em 2D.

Além disso, uma das principais vantagens da simulação 3D é a possibilidade de práticas repetitivas em um ambiente seguro, sem risco

para os pacientes. Os estudantes podem realizar procedimentos complexos quantas vezes forem necessárias, o que é essencial para fixar habilidades e aumentar a confiança. As simulações também possibilitam a criação de uma ampla variedade de cenários clínicos, incluindo situações difíceis ou raras, preparando os médicos para enfrentar diferentes desafios na prática clínica.

Outra vantagem crucial é o feedback imediato que a simulação 3D oferece. Os estudantes recebem avaliações instantâneas sobre sua precisão e eficácia nas técnicas aplicadas, permitindo ajustes em tempo real e facilitando melhorias contínuas. Com essas métricas objetivas de desempenho, os estudantes podem avaliar seu próprio progresso e identificar áreas que exigem mais prática.

A experiência em simulações contribui diretamente para a redução de erros em procedimentos reais. A prática repetitiva ajuda a refinar as habilidades técnicas, o que minimiza a proba-

bilidade de erros durante intervenções ao vivo. A familiaridade com as etapas dos procedimentos e a confiança adquirida por meio da simulação resultam em menor ansiedade e maior eficácia durante procedimentos reais.

Além disso, a simulação 3D expande o acesso ao treinamento avançado. As simulações podem ser acessadas de forma remota, permitindo que estudantes e profissionais em diferentes partes do mundo participem de treinamentos de alta qualidade, superando limitações geográficas e logísticas. Isso também implica em economia de recursos, pois reduz a necessidade de materiais físicos e instalações dispendiosas.

Em resumo, a simulação 3D é fundamental no treinamento endovascular moderno, proporcionando um aprendizado detalhado, seguro e acessível. Ao integrar essa tecnologia na formação médica, é possível melhorar o conhecimento, aumentar a precisão técnica e, em última análise, aprimorar os resultados clínicos.

REFERÊNCIAS

BEN AHMED, H.; DZIRI, C. Histórico de simulação médica. La Tunisie Médicale, Tunis, v. 98, n. 12, p. 892–894, dez. 2020.

HONDA, R.; MCCOY, C. E. Teledebriefing em simulação médica. In: STATPEARLS. StatPearls [recurso eletrônico]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2022.

DAWIDZIUK, A.; MILLER, G.; MALAWANA, J. Visualisation approaches in technology-enhanced medical simulation learning: current evidence and future directions. 2023. v. 1421, p. 175–190. DOI: 10.1007/978-3-031-30379-1_8.

HAISER, A.; AYDIN, A.; KUNDUZI, B.; AHMED, K.; DASGUPTA, P. A systematic review of simulation-based training in vascular surgery. Journal of Surgical Research, v. 279, p. 409–419, nov. 2022. DOI: 10.1016/j.jss.2022.05.009.

NIELSEN, C. A.; LÖNN, L.; KONGE, L.; TAUDORF, M. Ensaio específico do paciente em realidade virtual baseado em simulação antes dos procedimentos endovasculares: uma revisão sistemática. Diagnostics, v. 10, n. 7, p. 500, 20 jul. 2020. DOI: 10.3390/diagnostics10070500.

REFERÊNCIAS

GOMAA, A. R.; GRAFTON-CLARKE, C.; SARATZIS, A.; DAVIES, R. S. M.

The role of high-fidelity simulation in the acquisition of endovascular surgical skills: a systematic review. *Annals of Vascular Surgery*, v. 93, p. 405–427, jul. 2023. DOI: 10.1016/j.avsg.2023.02.025.

KASCHWICH, M.; SIEREN, M.; et al. Feasibility of an endovascular training and research environment with exchangeable patient specific 3D printed vascular anatomy. *Annals of Anatomy – Anatomischer Anzeiger*, v. 232, p. 151519, 2020. DOI: 10.1016/j.aanat.2020.151519.

LINKS ÚTEIS

RADIOLOGY MASTERCLASS. Abdominal Aortic Aneurysm (AAA) –
<https://www.youtube.com/watch?v=Igy4mpl5NQI>.

Simuladores da Laerdal Medical

<https://www.youtube.com/@LaerdalMedical>



CAPITULO V

PERSPECTIVAS FUTURAS

Autores:

Karlene Thayane Barros da Silva Elleres

Edson Yuzur Yasojima

José Maciel Caldas dos Reis

Gabriel Novais Guilherme

1 - AVANÇOS TECNOLÓGICOS

INTEGRAÇÃO COM REALIDADE AUMENTADA (RA)

Sobreposição em tempo real

Utilizando RA, os cirurgiões poderiam ver sobreposições digitais em pacientes reais ou em manequins, que fornecem informações detalhadas sobre a anatomia interna, alerta de proximidade de tecidos delicados, e guia para inserção de stents.

Simulação em ambiente real

Equipamentos de RA poderiam ser usados no centro cirúrgico, permitindo que cirurgiões iniciantes pratiquem sob supervisão de mentores com projeções didáticas e instruções sutis.

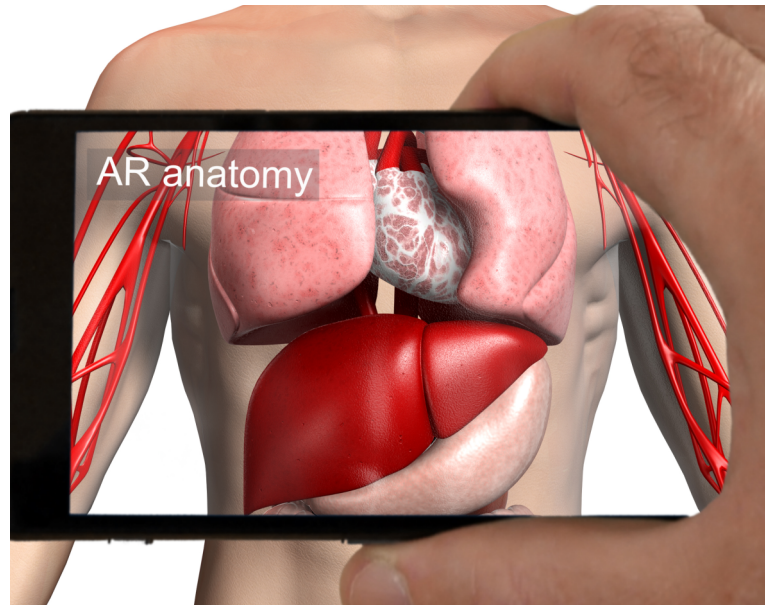


Figura 19 – Demonstração do uso de realidade aumentada por meio de dispositivo móvel. A câmera do celular, ao ser direcionada ao corpo, projeta em tempo real a visualização dos órgãos internos, permitindo exploração anatômica interativa e educativa com alto grau de realismo

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL (IA)

Análise de desempenho avançada

Algoritmos de IA poderiam avaliar automaticamente o desempenho dos usuários, reconhecendo padrões em seus movimentos e oferecendo feedback instantâneo e recomendações personalizadas para melhorar as habilidades.

Adaptação em tempo real

A IA poderia ajustar automaticamente o nível de dificuldade baseando-se no desempenho do usuário, simulando complicações específicas se o cirurgião se mostra capaz, ou fornecendo assistência adicional quando detecta dificuldades.

Assistência cirúrgica virtual:

Um assistente baseado em IA que fornece comentários oportunos, esclarece dúvidas durante o procedimento, e sugere correções de técnica em tempo real.

DISPOSITIVOS DE FEEDBACK SENSORIAL

Feedback tátil aprimorado

Pulsos eletromagnéticos e resistências dinâmicas recriam variações complexas no tecido humano, ajudando a diferenciar entre vasos sanguíneos e tecidos circundantes.

Feedback auditivo e olfativo

Sons realistas, como os de instrumentos em interação com stents ou vasos, e até mesmo simulação de odores operacionais, imergem o usuário em um cenário mais realista.

FERRAMENTAS COLABORATIVAS E SOCIAIS

Sistemas de rede

Treinamentos multiusuários em ambiente simulado com capacidade para ampliar o senso de equipe, coordenação e sincronização em procedimentos complexos.

Compartilhamento de sessões e dados

Permite a gravação, avaliação e compartilhamento de técnicas, erros e acertos com mentores ou colegas, criando uma comunidade de aprendizagem colaborativa e contínua.

PERSONALIZAÇÃO DO PACIENTE E CENÁRIO

Banco de dados de casos reais

Integração com bases de dados médicas reais para gerar cenários baseados em tendências atuais, proporcionando experiências realísticas e aplicáveis a situações realísticas no setor de saúde.

Perfis anatômicos

A capacidade de modificar virtualmente as características de um paciente para representar variações raras ou comuns, como diferentes formas e tamanhos de aneurismas.

Ao integrar essas tecnologias, o simulador de EVAR de próxima geração poderia tornar-se não apenas um dispositivo de treinamento, mas uma plataforma abrangente para educação médica contínua, que promove habilidades essenciais de tomada de decisão e simulação de práticas cirúrgicas complexas.

2 - IMPACTO DA RA E IA NA EDUCAÇÃO MÉDICA

A implementação de simuladores avançados – com realidade aumentada (RA) e inteligência artificial (IA) - pode revolucionar a maneira como os médicos e cirurgiões são formados e preparados, trazendo inúmeras melhorias às metodologias tradicionais de ensino e preparando o médico para enfrentar desafios.

O uso de realidade aumentada cria um ambiente de aprendizado extremamente realista. Isso permite que médicos experimentem diversos cenários que eles podem não encontrar frequentemente na prática regular, facilitando a preparação para situações críticas ou complexas. Médicos recém formados e residentes podem ser expostos a situações de alta pressão levando a aprender a

gerenciar o estresse e a pensar rapidamente antes de sintomas críticos.

A inteligência artificial (IA) pode adaptar o conteúdo de treinamento ao nível de habilidade específico de cada indivíduo, o que personaliza a curva de aprendizado para maximizar a eficácia do treinamento. Isso permite a médicos e estudantes a flexibilidade de avaliar seu próprio progresso e identificar áreas para melhoria, aumentando a autonomia no crescimento profissional.

Com o uso de simuladores baseados em IA e RA, médicos em regiões remotas ou com acesso limitado a mentores experientes podem ter acesso a treinamentos de alta qualidade, o que democratiza o aprendizado e amplia o alcance do treinamento médico.

Através de plataformas simuladas conectadas, médicos em diferentes partes do mundo podem colaborar, compartilhar práticas e debater estratégias em tempo real em ambientes simulados.

Em uma era de rápidas inovações, os médicos podem atualizar suas práticas profissionais facilmente através do uso de ambientes de simulação que reproduzem casos reais. A incorporação de tecnologia avançada no treinamento médico cria profissionais melhor preparados, flexíveis e inovadores, que estão aptos para tratar os desafios que surgem em um campo sempre em evolução.

REFERÊNCIAS

AURELLO, P.; PACE, M.; GOGLIA, M.; et al. Enhancing surgical education through artificial intelligence in the era of digital surgery. *The American Surgeon*, 2 jun. 2025. Publicação eletrônica antecipada.
DOI: 10.1177/00031348251346539.

CHATHA, W. A. From scalpel to simulation: reviewing the future of cadaveric dissection in the upcoming era of virtual and augmented reality and artificial intelligence. *Cureus*, v. 16, n. 10, e71578, 16 out. 2024.
DOI: 10.7759/cureus.71578.

NIELSEN, C. A.; LÖNN, L.; KONGE, L.; et al. Simulation-based virtual-reality patient-specific rehearsal prior to endovascular procedures: a systematic review. *Diagnostics (Basel)*, v. 10, n. 7, p. 500, 20 jul. 2020. DOI: 10.3390/diagnostics10070500.

SUN, Z.; WONG, Y. H.; YEONG, C. H. Patient-Specific 3D-Printed Low-Cost Models in Medical Education and Clinical Practice. *Micromachines (Basel)*. v. 14, n. 2, p. 464, 16 fev. 2023.
DOI: 10.3390/mi14020464.



CAPITULO VI

CONCLUSÃO

Autores:

Karlene Thayane Barros da Silva Elleres
Edson Yuzur Yasojima

1 - REFLEXÃO SOBRE O IMPACTO DOS SIMULADORES NO TREINAMENTO MÉDICO

A incorporação de simuladores no treinamento médico tem um impacto profundo no desenvolvimento de habilidades cirúrgica e tomada de decisões mais seguras e eficazes. Além disso, promovem um modelo onde o aperfeiçoamento contínuo se torna intrínseco à educação médica.

SEGURANÇA DO PACIENTE

O uso de simuladores permite aprimorar o treinamento prático sem colocar pacientes reais em risco, auxilia médicos e cirurgiões no desenvolvimento de habilidades críticas em ambientes seguros e controlados. Os erros, inevitáveis na curva de aprendizado, tornam-se lições valiosas no mundo simulado, sem conse-

quências reais, permitindo uma confiança gradual que se traduz em segurança aumentada nos cuidados.

EFICÁCIA AUMENTADA

Tecnologias como a realidade aumentada, simuladores virtuais e análise de dados baseada em IA fornecem oportunidades para prática repetida, refinar suas técnicas e receber feedback imediato. Dessa forma, os profissionais são capazes de alcançar padrões de excelência mais elevados e de uma maneira mais rápida e precisa do que os métodos tradicionais poderiam permitir.

PROMOÇÃO DE SOLUÇÕES INOVADORAS

Ao expor os médicos a uma ampla variedade de cenários desafiadores e complexos desde cedo, essas tecnologias encorajam o pensamento crítico e inovador. Os médicos aprendem não apenas a seguir protocolos estabelecidos, mas também a se adaptar e encontrar novas soluções, competências essenciais em um campo tão dinâmico quanto a medicina.

PREPARAÇÃO PARA O FUTURO DA MEDICINA

A revolução tecnológica no treinamento médico está moldando uma nova era na educação, onde os profissionais são preparados não apenas para atuar com proficiência no presente, mas também para enfrentar as incertezas do futuro. Com acesso a ferramentas avançadas de simulação, eles se tornam aprendizes

contínuos, prontamente se adaptando a novas descobertas e métodos.

Essas inovações não apenas substituem os métodos tradicionais, mas complementam e melhoram o campo do ensino médico, facilitando o cultivo de profissionais de saúde que são ágeis, adaptáveis e que colocam a segurança e a eficácia no cerne de sua prática.