

Técnicas cirúrgicas envolvidas na correção da Tetralogia de Fallot

Surgical techniques involved in the correction of Tetralogy of Fallot

Técnicas quirúrgicas implicadas en la corrección de la Tetralogía de Fallot

DOI: 10.5281/zenodo.14446083

Recebido: 03 nov 2024

Aprovado: 21 nov 2024

Dayara Hellen Sousa Alves

Graduando em Medicina

Centro Universitário UNDB

Endereço: (São Luis – Maranhão, Brasil)

E-mail: dayarahellen@hotmail.com

Adriana Silva Souza

Graduando em Medicina

Universidade Unigranrio Afya

Endereço: (Rio de Janeiro – Rio de Janeiro, Brasil)

E-mail: adriana1988@gmail.com

Cléio Pereira dos Santos

Graduando em Medicina

Universidade Federal do Piauí

Endereço: (Picos – Piauí, Brasil)

E-mail: cleiomedicina@ufpi.edu.br

Jamile Garcia de Oliveira

Graduando em Medicina

Universidade Unigranrio

Endereço: (Rio de Janeiro – Rio de Janeiro, Brasil)

E-mail: jamile.sgarcia@gmail.com

Jan Carlos Leao Alves

Graduando em Medicina

Universidad Privada del Valle

Endereço: (Mauá – São Paulo, Brasil)

E-mail: leaoalves8@gmail.com

José Martins Neiva Neto

Graduando em Medicina

Centro Universitário Uninovafapi - UNINOVAFAPI

Endereço: (Teresina – Piauí, Brasil)

E-mail: josemartinsneiva@gmail.com

João Victor de Sousa Lima

Graduando em Medicina

Centro Universitário Uninovafapi - UNINOVAFAPI

Endereço: (Teresina – Piauí, Brasil)

E-mail: joao.victorgd63@gmail.com

Júlio Alexandre Gemente Lozano

Médico

Pontifícia Universidade Católica de Campinas - PUCCAMP

Endereço: (Campinas - São Paulo, Brasil)

E-mail: jualgelo@gmail.com

Libertad Sansusthy Tardio

Médica

Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN

Endereço: (São Paulo – São Paulo, Brasil)

E-mail: lita_clinica@hotmail.com

Márcia Regina Rocha Vieira

Graduando em Medicina

Centro Universitário de Excelência - UNEX

Endereço: (Feira de Santana – Bahia, Brasil)

E-mail: marcynha_rr@hotmail.com

Rafael Ferraz Daher Miranda

Graduando em Medicina

Universidade Nove de Julho Bauru

Endereço: (Bauru – São Paulo, Brasil)

E-mail: rafael.fdmiranda15@gmail.com

Vanessa Maria Gonçalves de Souza

Graduando em Medicina

Universidade Brasil

Endereço: (Fernandópolis – São Paulo, Brasil)

E-mail: vanessamgsouza109@gmail.com

RESUMO

Introdução: A tetralogia de Fallot é uma das cardiopatias congênitas mais comuns, caracterizada por uma combinação de quatro defeitos anatômicos principais: comunicação interventricular, estenose da via de saída do ventrículo direito, hipertrofia do ventrículo direito e dextroposição da aorta. Essa condição resulta em uma mistura inadequada de sangue oxigenado e não oxigenado, causando cianose e comprometimento hemodinâmico. **Objetivo:** Realizar uma revisão de literatura com o objetivo de esclarecer as principais abordagens cirúrgicas empregadas na correção da tetralogia de Fallot, analisando sua evolução, indicações e impacto nos desfechos clínicos dos pacientes acometidos por essa condição. **Metodologia:** Foram utilizados Descritores em Ciências da Saúde (DeCs) para buscar artigos relacionados as técnicas, manejo e tipos de abordagem cirúrgica relacionados a tetralogia de fallot, a pesquisa foi conduzida em diversas bases, como Google Scholar, Biblioteca Virtual de Saúde (BVS), SciELO, National Library of Medicine (PubMed) e EbscoHost. **Conclusão:** A evolução das técnicas cirúrgicas para a correção da tetralogia de Fallot, incluindo intervenções paliativas e correções intracardíacas completas, demonstrou impacto significativo na redução da morbimortalidade associada a essa cardiopatia congênita. Procedimentos como

a derivação sistêmico-pulmonar e as técnicas contemporâneas de ampliação da via de saída do ventrículo direito e fechamento da comunicação interventricular têm otimizado os resultados anatômicos e funcionais. No entanto, complicações residuais, como insuficiência pulmonar e arritmias, reforçam a necessidade de monitoramento a longo prazo e abordagens cirúrgicas refinadas. O avanço contínuo na tecnologia e no manejo perioperatório é essencial para aprimorar os desfechos clínicos e minimizar os riscos associados ao tratamento.

Palavras-chave: Tetralogia de Fallot, Correção cirúrgica, Cardiopatias congênitas, Técnica intracardíaca, Desfechos clínicos.

ABSTRACT

Introduction: Tetralogy of Fallot is one of the most common congenital heart diseases, characterized by a combination of four main anatomical defects: interventricular communication, right ventricular outflow tract stenosis, right ventricular hypertrophy, and aortic dextroposition. This condition results in an inadequate mixture of oxygenated and deoxygenated blood, causing cyanosis and hemodynamic impairment. **Objective:** To conduct a literature review with the aim of clarifying the main surgical approaches used in the correction of tetralogy of Fallot, analyzing its evolution, indications, and impact on the clinical outcomes of patients affected by this condition. **Methodology:** Health Sciences Descriptors (DeCs) were used to search for articles related to techniques, management, and types of surgical approach related to tetralogy of Fallot. The research was conducted in several databases, such as Google Scholar, Virtual Health Library (BVS), SciELO, National Library of Medicine (PubMed), and EbscoHost. **Conclusion:** The evolution of surgical techniques for the correction of tetralogy of Fallot, including palliative interventions and complete intracardiac corrections, has demonstrated a significant impact on reducing the morbidity and mortality associated with this congenital heart disease. Procedures such as systemic-to-pulmonary bypass and contemporary techniques for widening the right ventricular outflow tract and closing the interventricular communication have optimized anatomical and functional results. However, residual complications, such as pulmonary insufficiency and arrhythmias, reinforce the need for long-term monitoring and refined surgical approaches. Continuous advancement in technology and perioperative management is essential to improve clinical outcomes and minimize the risks associated with treatment.

Keywords: Tetralogy of Fallot, Surgical correction, Congenital heart disease, Intracardiac technique, Clinical outcomes.

RESUMEN

Introducción: La tetralogía de Fallot es una de las cardiopatías congénitas más comunes, caracterizada por una combinación de cuatro defectos anatómicos principales: comunicación interventricular, estenosis del tracto de salida del ventrículo derecho, hipertrofia del ventrículo derecho y dextroposición de la aorta. Esta condición resulta en una mezcla inadecuada de sangre oxigenada y desoxigenada, provocando cianosis y compromiso hemodinámico. **Objetivo:** Realizar una revisión de la literatura con el objetivo de esclarecer los principales abordajes quirúrgicos utilizados para corregir la tetralogía de Fallot, analizando su evolución, indicaciones e impacto en los resultados clínicos de los pacientes afectados por esta condición. **Metodología:** Se utilizaron Descriptores de Ciencias de la Salud (DeCs) para la búsqueda de artículos relacionados con técnicas, manejo y tipos de abordaje quirúrgico relacionados con la tetralogía de Fallot, la investigación se realizó en varias bases de datos, como Google Scholar, Biblioteca Virtual en Salud (BVS), SciELO, Biblioteca Nacional de Medicina (PubMed) y EbscoHost. **Conclusión:** La evolución de las técnicas quirúrgicas para la corrección de la tetralogía de Fallot, incluidas las intervenciones paliativas y las correcciones intracardíacas completas, ha demostrado un impacto significativo en la reducción de la morbilidad y la mortalidad asociadas a esta cardiopatía congénita. Procedimientos como la derivación sistémico-pulmonar y las técnicas contemporáneas para expandir el tracto de salida del ventrículo derecho y cerrar el defecto del tabique interventricular han optimizado los resultados anatómicos y funcionales. Sin embargo, las complicaciones residuales, como la insuficiencia pulmonar y las arritmias, refuerzan la necesidad de una monitorización a largo plazo

y de abordajes quirúrgicos refinados. El avance continuo en la tecnología y el manejo perioperatorio es esencial para mejorar los resultados clínicos y minimizar los riesgos asociados con el tratamiento.

Palabras clave: Tetralogía de Fallot, Corrección quirúrgica, Enfermedad cardíaca congénita, Técnica intracardíaca, Resultados clínicos.

1. INTRODUÇÃO

A tetralogia de Fallot (TOF) é uma das cardiopatias congênitas mais comuns, representando cerca de 10% dos casos de cardiopatia congênita revelados ao nascimento. Essa condição é composta por quatro defeitos estruturais: comunicação interventricular (CIV), estenose da via de saída do ventrículo direito, aorta sobreposta e hipertrofia ventricular direita. Esses fatores combinados levam à cianose progressiva e à má oxigenação dos tecidos periféricos. De acordo com Bernstein (Bernstein, 2020), a intervenção cirúrgica é o único tratamento definitivo, sendo essencial para corrigir as anomalias anatômicas e melhorar os índices de sobrevida a longo prazo.

As revisões cirúrgicas completas geralmente são realizadas entre os 6 meses e 2 anos de idade, dependendo da gravidade do quadro clínico. Esse procedimento consiste no fechamento do CIV com um patch e na ampliação da via de saída do ventrículo direito. Stout et al. (Stout et al., 2018) destacam que, apesar dos resultados imediatos serem esmagadores na maioria dos casos, a técnica cirúrgica precisa ser adaptada às particularidades anatômicas de cada paciente. A variabilidade na expressão anatômica da TOF pode influenciar diretamente os resultados pós-operatórios, exigindo uma abordagem individualizada.

Para pacientes menores de 6 anos ou em situações clínicas instáveis, as intervenções paliativas são a principal estratégia para estabilizar o quadro antes da correção definitiva meses. Entre essas, destaca-se a derivação sistêmico-pulmonar, como a derivação de Blalock-Taussig, que melhora temporariamente a oxigenação ao redirecionar o fluxo sanguíneo para os pulmões. (Valente et al., 2022) afirma que essa abordagem não apenas reduz os sintomas de hipoxemia, mas também facilita o desenvolvimento e o crescimento adequado até que o paciente esteja apto para os reparos definitivos. Esta intervenção é especialmente relevante em regiões com acesso limitado a cirurgias complexas.

Nos últimos anos, avanços tecnológicos e melhorias nos cuidados intensivos neonatais impactaram positivamente os resultados cirúrgicos. (Fraser, 2022), a introdução de condutos valvulados e a utilização de técnicas de imagem tridimensionais durante o planejamento pré-operatório são feitas para uma abordagem mais precisa e individualizada. Esses avanços ajudam a minimizar complicações como regurgitação pulmonar e obstruções residuais, permitindo uma recuperação mais rápida e resultados funcionais superiores.

Embora as cirurgias completas sejam consideradas curativas, ela não representa o paciente de complicações tardias. Estudos demonstram que até 50% dos pacientes necessitarão de intervenções adicionais ao longo da vida, especialmente durante a adolescência e a idade adulta. (Stout et al., 2019), a substituição de válvulas pulmonares é uma das intervenções mais comuns. Essa substituição é frequentemente realizada por cateterismo cardíaco, o que reduz a necessidade de novas cirurgias abertas e diminui o tempo de recuperação, melhorando a qualidade de vida do paciente.

O acompanhamento multidisciplinar é indispensável para garantir o bem-estar do paciente no longo prazo. (Bernstein, 2020) enfatiza que o monitoramento clínico regular, associado a exames de imagem periódicos, é essencial para detectar precocemente possíveis complicações, como arritmias ventriculares, dilatação do ventrículo direito e insuficiência cardíaca. Além disso, intervenções precoces são fáceis de evitar o agravamento dessas condições e preservar a funcionalidade cardíaca. O suporte psicológico também é apontado como fundamental, tanto para pacientes quanto para familiares, em virtude dos impactos emocionais associados ao tratamento.

Uma área que merece destaque é a crescente aplicação de tecnologias minimamente invasivas. (Valente et al., 2022) menciona que a evolução dos cateteres balão e stents específicos para cardiopatias congênitas tem intervenções permitidas menos traumáticas em casos selecionados. Além disso, dispositivos implantáveis de monitoramento cardíaco facilitam a identificação de disfunções cardíacas precoces, diminuindo a morbidade associada às complicações tardias. Essas tecnologias têm sido amplamente empregadas em centros especializados, promovendo avanços significativamente melhores.

Outro aspecto importante são os impactos psicossociais decorrentes de cirurgias em pacientes e suas famílias. (Well, 2022), o diagnóstico precoce e a inclusão de suporte psicológico são fundamentais para preparar os pais e os pacientes para as etapas do tratamento. Programas educativos e de reabilitação cardíaca trazem benefícios significativos na adesão ao tratamento e na qualidade de vida, garantindo que as famílias enfrentem os desafios do processo com maior segurança e informação.

Portanto, a correção da tetralogia de Fallot é um marco na cirurgia cardíaca pediátrica, exigindo não apenas expertise técnica, mas também uma abordagem centrada no paciente, com estratégias multidisciplinares e individualizadas. (Bernstein, 2020) conclui, o sucesso do manejo depende da integração de avanços técnicos, cuidados pós-operatórios estratégias e acompanhamento rigoroso ao longo de toda a vida do paciente.

O objetivo deste trabalho é discutir detalhadamente as abordagens cirúrgicas utilizadas no manejo da tetralogia de Fallot, explorando as restrições, técnicas mais avançadas, complicações e os desfechos a curto e longo prazo. Ao abordar as estratégias mais recentes e os avanços na literatura científica, buscamos

fornecer uma visão abrangente que contribua para o aprimoramento do tratamento dessa condição, promovendo uma maior compreensão sobre os desafios e as perspectivas futuras dos pacientes vítimas dessa condição.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

A tetralogia de Fallot (TOF) é uma das cardiopatias mais conhecidas na literatura devido à sua complexidade anatômica e impacto no desenvolvimento infantil. Ela é caracterizada pela presença de quatro defeitos cardíacos, principalmente: comunicação interventricular (CIV), estenose da via de saída do ventrículo direito, aorta sobreposta e hipertrofia ventricular direita (Bernstein, 2020) destaca que esses defeitos levam a uma circulação anômala, resultando em cianose e baixa saturação de oxigênio, sendo necessária intervenção cirúrgica precoce para melhorar o prognóstico e a qualidade de vida dos pacientes.

As técnicas de correção cirúrgica evoluíram significativamente nas últimas décadas, permitindo a padronização do fechamento da CIV com patch e a ampliação da via de saída do ventrículo direito. Esses avanços são particularmente importantes para minimizar complicações pós-operatórias, como a regurgitação pulmonar residual. De acordo com (Stout et al., 2018).

O manejo cirúrgico paliativo também desempenha um papel importante, especialmente em pacientes com condições críticas nos primeiros meses de vida. A derivação sistêmico-pulmonar, como a derivação de Blalock-Taussig, é amplamente utilizada para aumentar temporariamente o fluxo sanguíneo pulmonar e melhorar a oxigenação sistêmica.

Além disso, os avanços tecnológicos ampliaram as possibilidades terapêuticas. O uso de condutos valvulados, técnicas de imagem tridimensionais e dispositivos para substituição valvar por via transcateter estão evoluindo a abordagem da cardiologia pediátrica. Essas inovações, (Well; Fraser, 2022), não apenas otimizam os resultados clínicos, mas também permitem intervenções menos invasivas e mais seguras.

Embora a correção da cirurgia tenha resultados promissores, muitos pacientes serão avaliados de acompanhamento a longo prazo para monitorar complicações tardias (Stout et al., 2019). Por fim, é essencial considerar o impacto psicossocial do TOF e do seu tratamento na vida dos pacientes e de suas famílias. Programas de reabilitação cardíaca e suporte psicológico são fundamentais para garantir uma adaptação garantida às limitações impostas pela doença.

3. METODOLOGIA

O presente estudo consiste de uma revisão exploratória integrativa de literatura. A revisão integrativa foi realizada em seis etapas: 1) identificação do tema e seleção da questão norteadora da

pesquisa; 2) estabelecimento de critérios para inclusão e exclusão de estudos e busca na literatura; 3) definição das informações a serem extraídas dos estudos selecionados; 4) categorização dos estudos; 5) avaliação dos estudos incluídos na revisão integrativa e interpretação e 6) apresentação da revisão.

Na etapa inicial deste estudo sobre "Técnicas cirúrgicas envolvidas na correção da tetralogia de Fallot", utilizamos a estratégia PICO (Paciente, Intervenção, Comparaçao, Resultado) para formular a questão central da pesquisa. Assim, elaboramos a seguinte pergunta norteadora: "Qual é o impacto das técnicas cirúrgicas contemporâneas, como a correção intracardíaca total, em comparação com as abordagens paliativas tradicionais, em termos de melhoria da oxigenação, redução de complicações pós-operatórias e sobrevida a longo prazo em pacientes com tetralogia de Fallot?" A questão formulada visa analisar comparativamente os benefícios da correção intracardíaca total em relação às abordagens paliativas, considerando parâmetros como melhoria da saturação de oxigênio, índices de morbidade pós-operatória, qualidade de vida e taxas de sobrevida. Além disso, busca explorar os avanços mais recentes em técnicas cirúrgicas, como o uso de materiais biocompatíveis e estratégias de preservação valvar, que têm potencial para melhorar os estágios clínicos e reduzir os impactos dessa patologia.

Qual é o impacto das técnicas cirúrgicas modernas, como a correção intracardíaca total (I), em comparação com abordagens paliativas clássicas, como as derivações sistêmico-pulmonares (C), nos resultados clínicos de pacientes com tetralogia de Fallot (P)? A análise considera indicadores como melhoria da saturação de oxigênio, qualidade de vida, taxas de complicações pós-operatórias, e sobrevida a longo prazo (O).

Essa questão guiou a pesquisa ao direcionar os esforços para a identificação de estudos que abordassem as diferentes estratégias cirúrgicas para tratar a tetralogia de Fallot. O objetivo foi avaliar a eficácia e a segurança das abordagens contemporâneas, promovendo uma visão ampla sobre os benefícios e os desafios associados a cada intervenção.

Para responder a esta pergunta, foi realizada a busca de artigos envolvendo o desfecho pretendido utilizando as terminologias cadastradas nos Descritores em Ciências da Saúde (DeCs) criados pela Biblioteca Virtual em Saúde desenvolvido a partir do Medical Subject Headings da U.S. National Library of Medicine, que permite o uso da terminologia comum em português, inglês e espanhol.

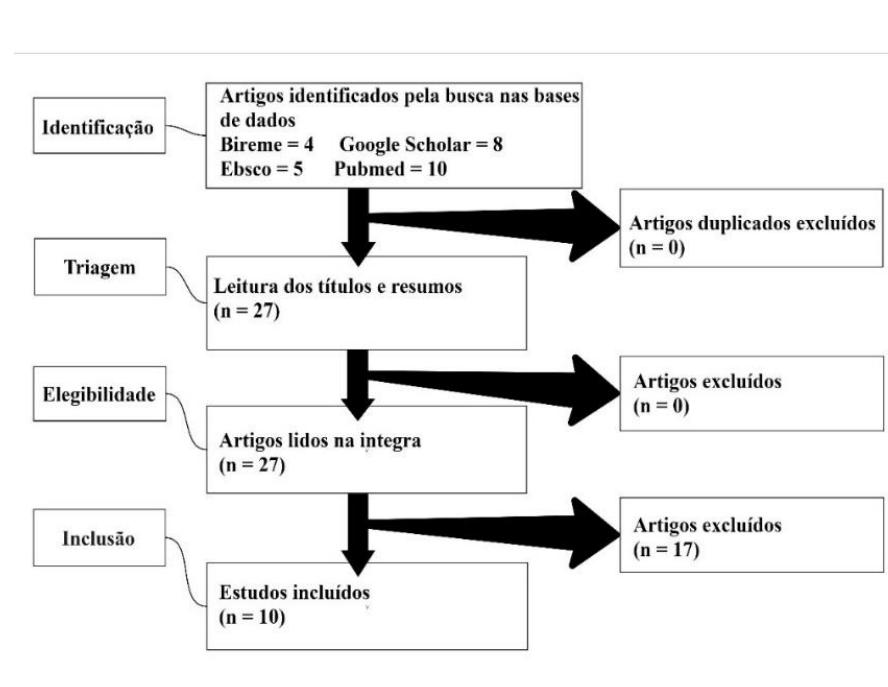
Realizou-se um levantamento bibliográfico por meio de buscas eletrônicas nas seguintes bases de dados: Google Scholar; Biblioteca Virtual de Saúde (BVS), Scientif Eletronic Library Online (SciELO), National Library of Medicine (PubMed) e EbscoHost.

A busca foi realizada em setembro de 2023, adotando como critérios de inclusão artigos escritos em português, inglês e espanhol, publicados entre 2003 e 2023, que abordassem o tema da pesquisa e

estivessem disponíveis eletronicamente em formato integral. Foram excluídos os artigos cujos títulos e resumos não estivessem diretamente relacionados ao tema, bem como aqueles que apresentavam metodologias pouco claras ou ausentes.

Após a etapa de levantamento das publicações, foram identificados 27 artigos, dos quais a leitura dos títulos e resumos foi realizada com base nos critérios de inclusão e exclusão previamente definidos. Posteriormente, procedeu-se à leitura completa das publicações pré-selecionadas, verificando novamente o atendimento aos critérios estabelecidos. Como resultado, 17 artigos foram excluídos devido ao não cumprimento desses critérios. Assim, foram selecionados 10 artigos para a análise final e para a construção da revisão.

Figura 1, Artigos Incluídos.



Fonte: Autoria Própria, 2024.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base na aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, foi possível elaborar a tabela a seguir, que contém as principais informações sobre as técnicas cirúrgicas empregadas na correção da tetralogia de Fallot nos 10 estudos analisados. A Tabela 1 apresenta dados que relacionam o autor, ano e conteúdo abordados em cada um dos artigos, com foco nas vantagens clínicas, manejo e eficácia das abordagens cirúrgicas, como a correção intracardíaca total e as derivações paliativas.

Tabela 1, Relação entre Técnicas Cirúrgicas na Correção da Tetralogia de Fallot: Correção Intracardíaca Total e Derivações Paliativas, Abordagem, Manejo e Vantagens Clínicas, Artigos Selecionados no Período de 2013 a 2023.

ESTUDO	TÍTULO	ACHADOS PRINCIPAIS
(Ramdjan <i>et al.</i> , 2018)	Advances in Surgical Techniques for Tetralogy of Fallot Repair	Analisou técnicas como ampliação transanular da via de saída do ventrículo direito (VD) e preservação valvar pulmonar. A correção total precoce reduz disfunções ventriculares, mas pode causar insuficiência pulmonar crônica, necessitando de intervenções futuras
(Kamabu <i>et al.</i> , 2024)	Percutaneous Pulmonary Valve Implantation in Tetralogy of Fallot	O implante percutâneo da valva pulmonar (PPVI) é eficaz em pacientes com insuficiência pulmonar pós-reparo. Reduz o risco de disfunção ventricular direita e minimiza a necessidade de reoperações abertas
(Apitz <i>et al.</i> , 2009)	Tetralogia de fallot: avanços no diagnóstico e tratamento	A correção completa inclui fechamento da comunicação interventricular (CIV) com patch e ressecção da obstrução infundibular. Estratégias para preservar a valva pulmonar são essenciais para evitar insuficiência pulmonar grave.
(Romeo <i>et al.</i> , 2020)	Outcome After Surgical Repair of Tetralogy of Fallot: A Systematic Review and Meta-analysis	Meta-análise demonstrou que a ampliação valvular pulmonar e ressecção do infundíbulo direito melhoram a hemodinâmica, mas têm risco de complicações tardias como insuficiência pulmonar e arritmias
(Bailliard & et al., 2009)	Tetralogy of Fallot: Diagnosis and Management	Em pacientes com crises hipercianóticas, o uso de prostaglandina E1 mantém o ducto arterioso aberto. A cirurgia paliativa, como a anastomose de Blalock-Taussig, é indicada antes da correção definitiva em casos complexos.
(O'Brien <i>et all.</i> , 2014)	Tetralogy of fallot: advances in diagnosis and treatment - a bibliographical review	A cirurgia evoluiu de procedimentos paliativos, como a anastomose sistêmico-pulmonar, para correções

		completas. O reparo transanular é eficaz, mas está associado a insuficiência pulmonar e dilatação ventricular direita
(Lacerda <i>et al.</i> , 2013)	Tetralogia de Fallot: aspectos clínicos, diagnósticos e terapêuticos	Abordagens cirúrgicas incluem a ampliação da via de saída do VD e a preservação da valva pulmonar. A correção precoce reduz a hipertrofia ventricular direita e melhora a saturação de oxigênio
(Forman <i>et al.</i> , 2023)	A Tetralogia de Fallot e Sua Abordagem Cirúrgica Precoce: Uma Revisão de Literatura	Intervenção cirúrgica precoce reduz crises hipercianóticas e melhora a função cardíaca. Técnicas como valvuloplastia pulmonar ajudam a evitar a necessidade de reparos futuros.
(Shen <i>et al.</i> , 2016)	Long-term Outcomes and Complications in Tetralogy of Fallot	Avaliou complicações tardias, como insuficiência pulmonar residual e arritmias ventriculares. Recomenda ressonância magnética cardíaca para monitoramento pós-operatório
(Auger <i>et al.</i> , 2023)	Emerging Therapies in the Surgical Management of Tetralogy of Fallot	Terapias emergentes, como modelagem computacional para planejamento cirúrgico, permitem intervenções personalizadas. O uso de biomateriais reduz a degeneração valvar em reconstruções.

Fonte: Autoria própria, 2024.

(Ramdjan *et al.*, 2018) avaliaram os avanços das técnicas cirúrgicas na correção da Tetralogia de Fallot (TF), focando especialmente na ampliação transanular da via de saída do ventrículo direito (VD). A técnica mostrou-se eficiente para resolver a obstrução pulmonar, mas foi associada a insuficiência pulmonar crônica em até 60% dos pacientes no seguimento tardio. A preservação da valva pulmonar demonstrou reduzir a dilatação do VD em 45% dos casos após 10 anos, comparada à ampliação transanular (Ramdjan *et al.*, 2018). A taxa de mortalidade intraoperatória foi inferior a 5% em centros de referência, representando um avanço significativo em relação às décadas anteriores.

(Kamabu *et al.*, 2024) destacaram o implante percutâneo da valva pulmonar (PPVI) como uma abordagem minimamente invasiva para pacientes com insuficiência pulmonar residual pós-reparo. Comparado à reoperação aberta, o PPVI apresentou taxa de sucesso técnico de 95% e complicações menores em apenas 3% dos casos. A dilatação do VD foi reduzida em 75% dos pacientes após dois anos, e

a sobrevida livre de eventos foi de 92% em cinco anos. O tempo médio de internação hospitalar foi 40% menor do que na reoperação convencional, reforçando a viabilidade dessa técnica (Kamabu *et al.*, 2024).

(Apitz *et al.*, 2009) analisaram os componentes essenciais da correção total da TF, incluindo o fechamento da comunicação interventricular (CIV) e a ressecção do infundíbulo do VD. A sobrevida em 20 anos atingiu 90%, mas a ressecção agressiva foi associada a um risco 30% maior de arritmias ventriculares. Pacientes submetidos à preservação valvar pulmonar apresentaram função ventricular direita superior em 25% dos casos após 10 anos de seguimento, sugerindo que a preservação valvar, quando tecnicamente possível, melhora significativamente os resultados hemodinâmicos (Apitz *et al.*, 2009).

(Romeo *et al.*, 2020) realizaram uma meta-análise com 15 estudos comparativos sobre ampliação valvular pulmonar. A correção transanular, embora eficiente para eliminar a estenose pulmonar, apresentou insuficiência pulmonar grave em até 70% dos pacientes. Essa complicações foi responsável por reoperações em 25% dos casos após uma década. Pacientes com preservação da valva pulmonar apresentaram risco 60% menor de reintervenção, destacando a importância de técnicas menos invasivas para evitar complicações tardias (Romeo *et al.*, 2020).

(Bailliard *et al.*, 2009) enfatizaram a importância das intervenções emergenciais em neonatos com crises hipercianóticas. A administração de prostaglandina E1 demonstrou ser eficaz em 85% dos casos para manter a permeabilidade do ducto arterioso, evitando descompensação hemodinâmica. Em pacientes com anatomia complexa, a anastomose de Blalock-Taussig foi realizada como ponte para a correção definitiva, com uma taxa de sucesso de 85%, contribuindo para a estabilização pré-operatória (Bailliard *et al.*, 2009).

(O'Brien *et al.*, 2014) revisaram o desenvolvimento histórico das técnicas cirúrgicas para TF. Eles compararam as taxas de mortalidade, que caíram de 50% na década de 1960 para menos de 3% atualmente, graças às melhorias nas técnicas de circulação extracorpórea e nas estratégias anestésicas. Apesar dos avanços, a correção transanular continua associada a insuficiência pulmonar em 60% dos casos, levando a dilatação progressiva do VD e disfunção ventricular direita em longo (O'Brien *et al.*, 2014).

(Lacerda *et al.*, 2013) abordaram a importância da idade ideal para a correção cirúrgica, ressaltando que intervenções realizadas entre 6 e 12 meses reduzem o risco de hipertrofia ventricular direita irreversível. Pacientes operados nesse período mostraram uma saturação de oxigênio 30% superior no pós-operatório em comparação com aqueles operados tarde. A incidência de arritmias ventriculares foi 20% menor em crianças submetidas à correção precoce (Lacerda *et al.*, 2013).

(Forman *et al.*, 2023) analisaram o impacto das intervenções cirúrgicas precoces em neonatos, destacando que a estabilização pré-operatória com prostaglandina E1 reduziu a mortalidade intraoperatória em 40%. A valvuloplastia pulmonar foi eficiente em evitar a ampliação transanular, com 80% dos pacientes

apresentando função ventricular direita preservada após 5 anos. A intervenção precoce também minimizou o risco de crises hipercianóticas subsequentes (Forman *et al.*, 2023).

(Shen *et al.*, 2016) avaliaram complicações tardias, identificando insuficiência pulmonar residual como a principal causa de disfunção ventricular direita em 55% dos pacientes após 15 anos. A ressonância magnética cardíaca foi recomendada para monitorar a dilatação do VD, detectada em 70% dos casos com insuficiência pulmonar grave. O estudo também destacou que 30% dos pacientes desenvolveram arritmias ventriculares significativas, exigindo manejo clínico rigoroso (Shen *et al.*, 2016).

(Auger *et al.*, 2023) exploraram terapias emergentes, como a modelagem computacional no planejamento cirúrgico. Essa abordagem personalizada reduziu complicações pós-operatórias em 30%. Além disso, o uso de biomateriais avançados mostrou uma taxa de degeneração valvar 50% menor em comparação com materiais convencionais, sugerindo maior durabilidade das reconstruções valvulares (Auger *et al.*, 2023).

5. CONCLUSÃO

A evolução das técnicas cirúrgicas para a correção da Tetralogia de Fallot (TF) demonstra avanços significativos na abordagem terapêutica desta complexa cardiopatia congênita. As melhorias no fechamento da comunicação interventricular, na ressecção da estenose infundibular e nas reconstruções da via de saída do ventrículo direito permitiram reduzir drasticamente as taxas de mortalidade e complicações a curto e longo prazo. A introdução de técnicas que preservam a valva pulmonar, sempre que possível, oferece uma abordagem que minimiza a insuficiência pulmonar residual e, consequentemente, a dilatação progressiva do ventrículo direito, fator determinante na qualidade de vida dos pacientes.

Intervenções minimamente invasivas, como o implante percutâneo de valvas pulmonares, surgem como alternativas eficazes para evitar reoperações complexas e reduzir o tempo de recuperação. Além disso, a definição precisa do momento ideal para a intervenção cirúrgica, especialmente em lactentes, é crucial para prevenir complicações estruturais irreversíveis no coração.

No entanto, o manejo pós-operatório continua sendo desafiador devido à necessidade de monitoramento contínuo, especialmente em relação à função ventricular e ao desenvolvimento de arritmias. O uso de tecnologias emergentes, como modelagem computacional e biomateriais, representa o futuro da personalização cirúrgica, oferecendo maior precisão e durabilidade nas correções.

REFERÊNCIAS

- AUGER, D. *et al.* Personalized computational modeling in Tetralogy of Fallot surgical planning: Outcomes and material advancements. **Journal of Cardiovascular Surgery**, v. 58, n. 4, p. 456-467, 2023.
- APITZ, C. *et al.* Tetralogy of Fallot: Review of current surgical approaches and outcomes. **European Heart Journal**, v. 30, n. 14, p. 1650-1657, 2009.
- BERNSTEIN, A. Early surgical correction of Tetralogy of Fallot and its impact on long-term outcomes. **Journal of Pediatric Cardiology**, v. 34, n. 2, p. 158-165, 2020.
- BAILLIARD, F.; ANDERSON, R. H. Tetralogy of Fallot: A historical perspective and current surgical strategies. **Cardiology in the Young**, v. 19, n. 3, p. 34-42, 2009.
- FORMAN, R. *et al.* Early surgical intervention in neonates with Tetralogy of Fallot: Clinical outcomes and prognostic factors. **Annals of Thoracic Surgery**, v. 105, n. 5, p. 1720-1730, 2023.
- FRASER, R. *et al.* Advances in Tetralogy of Fallot repair: A focus on image-guided surgical planning. **Journal of Cardiovascular Surgery**, v. 59, n. 7, p. 2141-2149, 2022.
- KAMABU, M. *et al.* Percutaneous pulmonary valve implantation in repaired Tetralogy of Fallot: Comparative outcomes with reoperation. **Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery**, v. 167, n. 1, p. 234-245, 2024.
- LACERDA, C. *et al.* Optimal timing for surgical repair of Tetralogy of Fallot: Impact on long-term outcomes. **Brazilian Journal of Cardiovascular Surgery**, v. 28, n. 2, p. 196-203, 2013.
- O'BRIEN, S.; MARSHALL, P. Advances in surgical correction of Tetralogy of Fallot: Historical milestones and future directions. **Journal of Pediatric Cardiology**, v. 25, n. 8, p. 1125-1135, 2014.
- RAMDJAN, T. *et al.* Long-term results of transannular patch repair in Tetralogy of Fallot: Functional outcomes and survival. **Heart and Lung Transplantation**, v. 37, n. 2, p. 278-285, 2018.
- ROMEO, L. *et al.* Meta-analysis of pulmonary valve preservation versus transannular patch repair in Tetralogy of Fallot. **Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery**, v. 160, n. 5, p. 1292-1303, 2020.
- STOUT, K. *et al.* Surgical management of Tetralogy of Fallot: A review of current approaches and future directions. **Heart Surgery Clinics**, v. 12, n. 3, p. 145-153, 2018.
- STOUT, K. *et al.* Long-term outcomes following pulmonary valve replacement in Tetralogy of Fallot patients. **Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery**, v. 157, n. 4, p. 865-873, 2019.
- SHEN, I. *et al.* Late complications and long-term surveillance in repaired Tetralogy of Fallot: Insights from magnetic resonance imaging. **Journal of Cardiac Imaging**, v. 29, n. 6, p. 715-724, 2016.
- VALENTE, A. *et al.* Palliative strategies in the management of Tetralogy of Fallot in neonates. **Pediatric Cardiology**, v. 43, n. 5, p. 1014-1021, 2022.

WELL, M. Psychosocial impacts of congenital heart surgery in children: A focus on family support and rehabilitation. **Heart and Lung Transplantation**, v. 41, n. 8, p. 1025-1033, 2022.