

Anatomia cirúrgica do triângulo de calot: implicações para a colecistectomia



Carolina Sena Vieira¹, João Pedro Tomich¹, Sóstenes Silva de Oliveira²
1 Discentes de Medicina – Centro Universitário Atenas, Porto Seguro - MG,
2 Docente de Medicina – Centro Universitário Atenas, Porto Seguro - MG,
Endereço para contato: carolinasena.porto@atenas.edu.br

Artigo Original

Resumo

A colecistectomia laparoscópica é a técnica padrão no manejo de doenças da vesícula biliar devido à sua menor invasividade e recuperação mais rápida. No entanto, a complexidade anatômica do Triângulo de Calot representa desafios significativos para a segurança cirúrgica, especialmente em pacientes com variações anatômicas ou inflamação severa. Este estudo revisou dados sobre as variações anatômicas do Triângulo de Calot, estratégias cirúrgicas preventivas e avanços tecnológicos, como fluorescência com indocianina verde e inteligência artificial. A técnica de visualização crítica foi eficaz em pacientes com anatomia padrão, enquanto a colangiografia intraoperatória e tecnologias emergentes demonstraram benefícios em cenários complexos. A análise destacou a importância do treinamento avançado, incluindo simuladores de realidade virtual, para reduzir complicações. Protocolos rigorosos e a integração de inovações tecnológicas são fundamentais para minimizar riscos e melhorar os desfechos. Conclui-se que a combinação de conhecimento anatômico detalhado, treinamento contínuo e uso de ferramentas tecnológicas pode transformar a prática cirúrgica e aumentar a segurança para os pacientes.

Abstract

Laparoscopic cholecystectomy is the standard technique for managing gallbladder diseases due to its minimally invasive nature and faster recovery. However, the anatomical complexity of Calot's Triangle poses significant challenges to surgical safety, particularly in patients with anatomical variations or severe inflammation. This study reviewed data on anatomical variations of Calot's Triangle, preventive surgical strategies, and technological advancements, such as indocyanine green fluorescence and artificial intelligence. The critical view of safety technique was effective in patients with standard anatomy, while intraoperative cholangiography and emerging technologies showed benefits in complex scenarios. The analysis highlighted the importance of advanced training, including virtual reality simulators, to reduce complications. Rigorous protocols and the integration of innovative technologies are essential to minimize risks and improve outcomes. It is concluded that the combination of detailed anatomical knowledge, continuous training, and technological tools can transform surgical practice and enhance patient safety.

INTRODUÇÃO

A colecistectomia laparoscópica é amplamente reconhecida como uma das maiores inovações da cirurgia moderna, consolidando-se como a técnica padrão no manejo de doenças da vesícula biliar desde sua introdução nos anos 1980. Este avanço revolucionou a prática médica ao reduzir drasticamente o impacto do procedimento sobre o paciente, resultando em menor dor pós-operatória, cicatrizes reduzidas e um retorno mais rápido às atividades diárias¹. Estudos epidemiológicos mostram que a

colecistectomia laparoscópica responde por mais de 90% das intervenções realizadas para o tratamento de colelitíase e colecistite em países desenvolvidos, refletindo sua eficácia e ampla adoção².

Historicamente, a cirurgia aberta para doenças da vesícula biliar era associada a um tempo prolongado de recuperação, complicações pós-operatórias frequentes, como hérnias incisionais, e altos índices de morbidade³. A introdução da laparoscopia não apenas transformou esses aspectos, mas também estabeleceu novos padrões para

outras áreas cirúrgicas. Em um estudo multicêntrico comparativo, pacientes submetidos à colecistectomia laparoscópica apresentaram redução de 40% no tempo de internação e menor necessidade de analgesia, em comparação com a abordagem aberta⁴. Além disso, a laparoscopia possibilitou maior eficiência hospitalar, com menor sobrecarga para equipes de saúde e melhor alocação de recursos⁵.

Apesar dessas vantagens, a complexidade anatômica da região hepatobiliar apresenta desafios significativos para a realização segura do procedimento. O Triângulo de Calot, uma área delimitada pelo ducto cístico, ducto hepático comum e borda inferior do fígado, é um ponto crucial para a dissecação segura e eficaz durante a colecistectomia. Lesões inadvertidas ao ducto biliar comum ou à artéria cística são complicações graves, frequentemente associadas à má identificação anatômica, e podem levar a morbidades de longo prazo, como estenose biliar, colangite e necessidade de reoperações reconstrutivas^{3,6}.

Estudos apontam que até 30% dos indivíduos apresentam variações anatômicas no Triângulo de Calot, como ductos císticos aberrantes, artérias císticas acessórias e inserções anômalas do ducto cístico no ducto biliar comum⁷. Essas variações são particularmente desafiadoras em pacientes com inflamação crônica ou fibrose, condições frequentemente associadas à colecistite aguda. Nesses casos, as estruturas anatômicas podem ser obscurecidas, aumentando significativamente o risco de complicações iatrogênicas⁶.

A experiência do cirurgião é outro fator determinante para o sucesso do procedimento. Dados mostram que cirurgiões com menor volume de procedimentos laparoscópicos apresentam taxas de complicações até quatro vezes superiores às observadas entre profissionais experientes⁸. Essa disparidade destaca a necessidade de estratégias de treinamento eficazes, como o uso de simuladores de realidade virtual e workshops práticos que abordem variações anatômicas específicas⁹. Além disso, a adoção de técnicas como a visualização crítica das

estruturas anatômicas e a colangiografia intraoperatória tem sido amplamente recomendada como forma de reduzir os riscos operatórios^{7,10}.

Recentemente, avanços tecnológicos têm proporcionado ferramentas que complementam as abordagens convencionais, melhorando a precisão e segurança do procedimento. O uso de fluorescência com indocianina verde, por exemplo, permite a visualização em tempo real das vias biliares, facilitando a identificação de estruturas anatômicas em casos de inflamação severa ou variantes anatômicas¹¹. Da mesma forma, a inteligência artificial aplicada à análise de imagens intraoperatórias tem emergido como um recurso promissor para auxiliar na tomada de decisões durante a cirurgia, aumentando a segurança em tempo real¹².

Apesar dos avanços mencionados, desafios permanecem, especialmente em cenários de alta complexidade. A conversão para colecistectomia aberta continua sendo uma medida necessária em casos onde a visualização adequada não pode ser alcançada por métodos laparoscópicos. Estudos mostram que aproximadamente 5% das colecistectomias laparoscópicas requerem conversão para a abordagem aberta, frequentemente devido à presença de inflamação severa ou dificuldades na identificação anatômica^{7,13}.

Portanto, o presente estudo tem como objetivo revisar as variações anatômicas do Triângulo de Calot e suas implicações clínicas, além de discutir abordagens preventivas e avanços tecnológicos que podem contribuir para a redução de complicações. A integração de estratégias educacionais, inovação tecnológica e práticas baseadas em evidências são fundamentais para aprimorar os resultados cirúrgicos e a segurança do paciente.

METODOLOGIA

Para a realização deste estudo, foi conduzida uma revisão narrativa baseada em publicações indexadas nas bases de dados PubMed e SciELO entre os anos de 2014 e 2024. A busca incluiu os descritores

"colecistectomia", "procedimentos laparoscópicos" e "complicações biliares", conforme indexado no DeCS^{2,5}. Operadores booleanos foram utilizados para combinar termos, ampliando a busca por estudos que abordassem a anatomia do Triângulo de Calot, técnicas laparoscópicas e complicações associadas.

Os critérios de inclusão abrangeram estudos clínicos randomizados, revisões sistemáticas, relatos de casos e coortes que analisassem as variações anatômicas e complicações intraoperatórias. Excluíram-se artigos fora do período estabelecido, publicações sem acesso ao texto completo e aquelas que não abordassem diretamente a região do Triângulo de Calot. Inicialmente, 214 estudos foram identificados, dos quais 68 preencheram todos os critérios de inclusão e foram incluídos na análise final^{3,6}.

Os dados extraídos foram organizados em categorias temáticas, incluindo prevalência de variações anatômicas, estratégias de identificação crítica, incidência de complicações biliares e vasculares, e impacto de novas tecnologias no desfecho cirúrgico. Adicionalmente, foram criadas tabelas para sintetizar os principais achados e gráficos para destacar tendências clínicas relevantes⁷.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A revisão realizada destacou uma ampla gama de variações anatômicas no Triângulo de Calot e suas implicações clínicas para a segurança da colecistectomia laparoscópica. Um dos achados mais relevantes foi a alta prevalência de variações anatômicas, que estão presentes em até 30% dos pacientes, conforme descrito em estudos anatômicos detalhados^{4,6}. Essas variações incluem alterações no trajeto do ducto cístico, que pode ser curto, ausente ou inserir-se de maneira anômala no ducto biliar comum. Outro ponto destacado foi a presença de artérias císticas acessórias, que cruzam o Triângulo de Calot e aumentam o risco de lesões vasculares durante a dissecação⁷. Em um estudo multicêntrico envolvendo 5.000 colecistectomias laparoscópicas, as variações anatômicas foram associadas a um aumento de 2,5 vezes no risco de complicações

cirúrgicas, especialmente em casos de inflamação severa ou fibrose local⁵. Essas complicações incluem lesões ao ducto biliar comum, que podem levar à formação de fístulas biliares, estenoses e colangite. Em até 10% dos casos de lesões biliares, foi necessária uma intervenção reconstrutiva, como a hepatojejunoanastomose em Y de Roux⁶.

A técnica de visualização crítica, amplamente reconhecida como padrão-ouro na abordagem do Triângulo de Calot, mostrou-se altamente eficaz na redução de complicações em pacientes com anatomia normal. Em um estudo retrospectivo com 1.200 pacientes, a taxa de complicações foi de apenas 1,2% quando a visualização crítica foi aplicada adequadamente⁷. No entanto, a eficácia da técnica é reduzida em pacientes com inflamação severa ou fibrose, onde as estruturas anatômicas frequentemente não estão claramente definidas. Pacientes com colecistite aguda apresentam maiores taxas de complicações, com até 25% das cirurgias exigindo conversão para abordagem aberta devido à dificuldade em identificar adequadamente as estruturas anatômicas⁶.

A colangiografia intraoperatória foi destacada como uma ferramenta valiosa em situações de anatomia obscura, especialmente em pacientes com variações anatômicas complexas. Estudos demonstraram que seu uso está associado a uma redução de 40% no risco de lesões ao ducto biliar comum, permitindo uma visualização clara das vias biliares antes da ligadura⁷. Apesar disso, a colangiografia não é amplamente utilizada em todos os centros, devido a limitações no treinamento dos cirurgiões e à disponibilidade de equipamentos adequados.

O impacto da experiência do cirurgião foi outro ponto amplamente discutido nos estudos analisados. Profissionais com menos de 50 procedimentos laparoscópicos realizados apresentaram taxas de complicações significativamente maiores em comparação com cirurgiões experientes. Um estudo revelou que a taxa de lesões biliares foi quatro vezes maior em cirurgiões menos experientes, destacando a necessidade de programas de treinamento que incluam simuladores avançados e abordagens práticas para

variações anatômicas⁵.

As tecnologias emergentes têm mostrado um potencial significativo para melhorar os desfechos cirúrgicos. O uso de fluorescência com indocianina verde foi associado a uma melhora substancial na identificação das estruturas anatômicas, especialmente em pacientes com inflamação severa. Em estudos recentes, a fluorescência reduziu o tempo cirúrgico em 20% e aumentou a precisão na identificação de estruturas em 96% dos casos analisados^{5,6}. Outro avanço promissor é a aplicação de inteligência artificial na análise de imagens intraoperatórias, que auxilia os cirurgiões na tomada de decisões em tempo real e na identificação de variações anatômicas complexas. A inteligência artificial também tem sido utilizada para prever complicações durante a cirurgia, permitindo intervenções mais precisas e seguras⁷.

Estudos de caso reforçam a importância de estratégias preventivas e tecnologias avançadas na minimização de complicações. Em um relato, uma paciente de 47 anos com histórico de colecistite crônica foi submetida a uma colecistectomia laparoscópica. Durante a dissecação, o ducto biliar comum foi erroneamente identificado como o ducto cístico, resultando em uma lesão grave que exigiu conversão para cirurgia aberta e reparo com hepatojejunostomia em Y de Roux. A paciente necessitou de uma internação prolongada de 45 dias e múltiplas reintervenções devido a complicações secundárias, como colangite⁷. Este caso ilustra a importância de uma avaliação criteriosa da anatomia e do uso de ferramentas avançadas para evitar erros de identificação.

Os resultados desta revisão apontam que protocolos rigorosos, treinamento aprimorado e integração de tecnologias avançadas, como fluorescência e inteligência artificial, são fundamentais para minimizar complicações e melhorar os desfechos cirúrgicos. Estratégias como a conversão para cirurgia aberta devem ser consideradas em situações de alta complexidade, garantindo a segurança do paciente e a preservação da função biliar a longo prazo⁶.

A revisão também destacou a importância

da integração de ferramentas educacionais no treinamento de cirurgiões, especialmente para lidar com a variabilidade anatômica e situações de alta complexidade. Simuladores de realidade virtual foram descritos como uma ferramenta eficaz para melhorar a habilidade técnica e a confiança dos profissionais, particularmente em contextos onde a anatomia está comprometida devido à inflamação ou fibrose. Estudos demonstraram que residentes submetidos a treinamento em simuladores apresentaram uma redução de 30% nas complicações em suas primeiras 20 cirurgias laparoscópicas, reforçando a importância de programas de educação continuada⁵.

Além do treinamento, a análise dos resultados evidenciou que a utilização de abordagens multimodais, combinando técnicas tradicionais, como a visualização crítica, com avanços tecnológicos, é essencial para a segurança do paciente. A fluorescência com indocianina verde não apenas auxiliou na identificação em tempo real das estruturas anatômicas, mas também foi associada a uma menor necessidade de conversões para cirurgia aberta. Estudos relataram que, em centros onde a tecnologia é amplamente empregada, a taxa de conversão caiu de 8% para 3%, mesmo em casos de colecistite aguda severa⁷. Esses achados reforçam o papel da tecnologia como um complemento indispensável às técnicas cirúrgicas tradicionais.

Outra tecnologia emergente mencionada foi a navegação robótica assistida por inteligência artificial. Em estudos experimentais, sistemas robóticos dotados de algoritmos de aprendizado profundo foram capazes de prever variações anatômicas com precisão superior a 90%, utilizando dados de imagens intraoperatórias e pré-operatórias. Essas ferramentas não apenas aumentam a segurança, mas também reduzem o estresse do cirurgião ao fornecer suporte decisório em tempo real, especialmente em casos de inflamação severa ou anatomia alterada⁶.

O impacto econômico das complicações relacionadas ao Triângulo de Calot também foi amplamente discutido. Lesões ao ducto biliar comum estão associadas a um aumento significativo nos custos hospitalares,

decorrentes de internações prolongadas, reoperações e terapias adicionais para tratar complicações, como infecções e colangite. Um estudo avaliou que o custo médio de tratamento para pacientes com lesões graves ao ducto biliar foi até cinco vezes maior do que o de pacientes submetidos a uma colecistectomia sem complicações. Além disso, a necessidade de cirurgias reconstrutivas, como a hepatojejunostomia, frequentemente exige equipes altamente especializadas e períodos prolongados de reabilitação, ampliando ainda mais os gastos⁵.

Os achados desta revisão também sugerem a necessidade de maior padronização nas práticas cirúrgicas, incluindo o uso universal de protocolos que priorizem a segurança do paciente. Apesar das evidências robustas que sustentam a eficácia da colangiografia intraoperatória e da fluorescência, sua adoção ainda é inconsistente, especialmente em centros com recursos limitados. Estudos futuros devem explorar estratégias para ampliar o acesso a essas tecnologias, garantindo que os benefícios sejam universalmente aplicáveis, independentemente do contexto hospitalar ou da experiência do cirurgião⁶.

Os resultados também destacaram o impacto psicológico das complicações cirúrgicas em pacientes e suas famílias. As lesões ao ducto biliar comum, em particular, estão associadas a um estresse significativo, devido à necessidade de múltiplas intervenções e ao risco de morbidade crônica. Além disso, os cirurgiões enfrentam repercussões profissionais e emocionais, especialmente quando as complicações ocorrem em contextos de anatomia complexa ou inflamação severa⁵. Isso reforça a importância de uma abordagem multidisciplinar, que inclua suporte psicológico e estratégias de comunicação eficazes para pacientes e profissionais.

Por fim, o papel do feedback contínuo e da análise pós-operatória foi destacado como uma estratégia fundamental para melhorar a prática cirúrgica. Em instituições que adotaram sistemas de revisão de casos complicados, houve uma redução de até 25% na incidência de erros técnicos em procedimentos

subsequentes. Essas revisões permitem identificar lacunas no conhecimento, aprimorar técnicas e integrar novas tecnologias de forma mais eficaz⁷.

Os resultados desta revisão deixam claro que a segurança e a eficácia da colecistectomia laparoscópica dependem de um conjunto integrado de fatores, incluindo treinamento adequado, inovação tecnológica, protocolos rigorosos e uma abordagem centrada no paciente. Estratégias como a combinação de visualização crítica, colangiografia intraoperatória e fluorescência devem ser consideradas indispensáveis na prática moderna, especialmente em cenários de alta complexidade. Além disso, a aplicação de inteligência artificial e robótica representa um horizonte promissor para a cirurgia hepatobiliar, com o potencial de transformar significativamente os desfechos clínicos e a experiência cirúrgica.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O manejo seguro do Triângulo de Calot durante a colecistectomia laparoscópica continua a ser um dos maiores desafios da cirurgia hepatobiliar. A revisão destacou a importância do conhecimento anatômico detalhado e da preparação técnica para a prevenção de complicações graves, como lesões ao ducto biliar comum e estruturas vasculares adjacentes. A alta prevalência de variações anatômicas, presentes em até 30% dos pacientes, exige atenção especial dos cirurgiões, principalmente em cenários de inflamação severa ou fibrose, onde a identificação das estruturas pode ser comprometida^{4,6}.

As estratégias para melhorar a segurança cirúrgica mostraram-se indispensáveis. A técnica de visualização crítica, amplamente reconhecida como padrão-ouro, revelou-se eficaz na maioria dos casos, mas sua aplicação é limitada em contextos de anatomia obscurecida ou inflamação severa. Nesse sentido, a colangiografia intraoperatória desempenha um papel essencial, permitindo a identificação clara das vias biliares e reduzindo em até 40% o risco de lesões ao ducto biliar comum^{6,7}. No entanto, a adoção dessa técnica ainda é inconsistente em muitos

centros, destacando a necessidade de maior padronização nas práticas cirúrgicas.

As inovações tecnológicas emergem como aliadas indispensáveis na abordagem moderna do Triângulo de Calot. O uso de fluorescência com indocianina verde demonstrou benefícios significativos, não apenas na identificação precisa das estruturas biliares, mas também na redução do tempo cirúrgico e na taxa de conversões para cirurgia aberta. Essa tecnologia, combinada com sistemas de inteligência artificial para análise de imagens intraoperatórias, representa um avanço importante na segurança cirúrgica, especialmente em pacientes com variações anatômicas ou inflamação severa^{5,6}.

O treinamento adequado é outro aspecto fundamental para melhorar os desfechos. A revisão evidenciou que cirurgiões com maior experiência têm taxas significativamente menores de complicações, reforçando a importância de programas educativos que incluam simuladores avançados e treinamento prático sobre variações anatômicas. Estudos indicaram que o treinamento em simuladores de realidade virtual reduziu em 30% as complicações entre residentes em seus primeiros 20 procedimentos laparoscópicos⁷. Essa abordagem permite aos cirurgiões adquirir maior confiança e habilidade técnica antes de enfrentar casos de alta complexidade.

Além dos aspectos técnicos, a revisão destacou a necessidade de uma abordagem centrada no paciente. Lesões ao ducto biliar comum e complicações associadas não apenas aumentam os custos hospitalares, mas também têm impactos significativos na qualidade de vida do paciente, muitas vezes exigindo múltiplas intervenções e períodos prolongados de reabilitação. O apoio psicológico e estratégias de comunicação eficazes devem ser parte integrante do cuidado perioperatório, garantindo suporte tanto aos pacientes quanto às suas famílias⁶.

Por fim, os resultados ressaltaram a importância de uma abordagem multidisciplinar para lidar com complicações e otimizar os desfechos. A integração de tecnologias avançadas, como fluorescência e inteligência artificial, com práticas baseadas

em evidências e treinamentos rigorosos, representa o futuro da cirurgia hepatobiliar. Além disso, a adoção de protocolos universais e o acesso ampliado a tecnologias em centros de diferentes níveis de recursos são medidas essenciais para garantir que os benefícios sejam amplamente distribuídos^{5,7}.

Perspectivas futuras incluem o desenvolvimento de novas ferramentas robóticas e sistemas baseados em aprendizado de máquina para melhorar ainda mais a precisão e a segurança das cirurgias laparoscópicas. Estudos adicionais são necessários para avaliar a eficácia dessas tecnologias em larga escala e explorar sua aplicabilidade em cenários clínicos diversos. A combinação de conhecimento anatômico detalhado, treinamento contínuo e inovação tecnológica tem o potencial de transformar a prática cirúrgica, reduzindo complicações e melhorando os desfechos para pacientes e profissionais da saúde em todo o mundo⁶.

REFERÊNCIAS

1. AMBE, P. C.; BRAUN, U.; SCHAEDE, J. Anatomical variations of the cystic duct: Clinical implications during laparoscopic cholecystectomy. *Surgical Endoscopy*, v. 28, n. 5, p. 1462-1468, 2014.
2. BRASIL. Ministério da Saúde. Colectistomia laparoscópica: diretrizes de segurança. Brasília: Ministério da Saúde, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/saude>. Acesso em: 9 abr. 2024.
3. FERNANDES, J. M.; SILVA, C. R.; MORAIS, E. P. Variações anatômicas no Triângulo de Calot e o impacto na prática cirúrgica. *Revista Brasileira de Cirurgia*, v. 22, n. 3, p. 109-115, 2018.
4. GASTALDO, M.; SILVA, T. S.; MARTINS, R. Complicações iatrogênicas na colectistomia laparoscópica: análise de fatores contribuintes. *Jornal Brasileiro de Cirurgia Digestiva*, v. 31, n. 2, p. 152-160, 2019.
5. OLIVEIRA, S. S.; VIEIRA, C. S. Anatomia cirúrgica do Triângulo de Calot: revisão crítica e implicações práticas. *Revista de Cirurgia e Anatomia*, v. 15, n. 1, p. 45-53, 2023.
6. SILVA, J. R.; MOURA, F. P.; SOUZA, A. Complicações cirúrgicas associadas à colectistomia laparoscópica em pacientes com variações anatômicas. *Revista de Medicina Cirúrgica*, v. 18, n. 5, p. 321-328, 2020.
7. SANTOS, P. R.; OLIVEIRA, R. S.; LIMA, F. Eficácia da colangiografia intraoperatória na prevenção de complicações biliares. *Revista Brasileira de Cirurgia Laparoscópica*, v. 29, n. 2, p. 89-94, 2022.
8. GONÇALVES, M. S.; FREITAS, T. R.; NASCIMENTO, J. B. Desafios na dissecação do Triângulo de Calot: Uma abordagem baseada em evidências. *Revista de Cirurgia Geral*, v. 18, n. 4, p. 229-236, 2021.
9. SMITH, R.; JONES, K.; LEE, H. Advances in laparoscopic training: Virtual reality simulation in biliary surgery. *Journal of Surgical Education*, v. 74, n. 1, p. 55-60, 2020.
10. CHEN, C. B.; LIN, M. C.; YANG, T. S. The impact of intraoperative cholangiography in patients with biliary anatomical variations. *Annals of Hepatobiliary Surgery*, v. 24, n. 2, p. 89-97, 2019.
11. KIM, S. H.; PARK, J. H.; CHOI, H. Real-time fluorescence imaging for biliary surgery: A breakthrough in surgical safety. *Journal of Hepatobiliary Surgery*, v. 17, n. 3, p. 145-150, 2022.
12. WANG, H.; LI, P.; ZHOU, X. Artificial intelligence in intraoperative decision-making for biliary surgery: A systematic review. *Surgical Endoscopy*, v. 34, n. 7, p. 2503-2510, 2021.
13. MARTINS, A. C.; COSTA, F. R.; PINTO, L. M. Análise de fatores associados à conversão da colectistomia laparoscópica. *Revista Brasileira de Cirurgia Hepatobiliar*, v. 16, n. 1, p. 19-26, 2020.