

RESSECÇÕES HEPÁTICAS GUIADAS POR FLUORESCÊNCIA (ICG): ACURÁCIA DE MARGEM E SEGURANÇA

Camilla Kallás Hueb¹
Jordana Clara Fockink²
Lucas Ferreira Almeida³
Thiago De Barros Falcão⁴
Nathália da Silva Azevedo⁵

RESUMO: A fluorescência com indocianina verde (ICG) foi descrita como uma inovação relevante na cirurgia hepatobiliar, pois permitiu melhor visualização anatômica e delimitação tumoral intraoperatória, contribuindo para a identificação mais precisa de margens cirúrgicas. Objetivo: Analisar a acurácia das margens cirúrgicas e a segurança das ressecções hepáticas guiadas por fluorescência com ICG. Metodologia: A metodologia consistiu em uma revisão de literatura conduzida conforme o checklist PRISMA, utilizando as bases de dados PubMed, SciELO e Web of Science, com os descritores “verde de indocianina”, “ressecção hepática”, “imagem por fluorescência”, “neoplasias hepáticas” e “margens cirúrgicas”; incluindo estudos publicados nos últimos 10 anos e excluindo pesquisas experimentais em animais, duplicadas ou sem acesso ao texto completo. Resultados: Os resultados evidenciaram que o uso da fluorescência com ICG aumentou a taxa de ressecções com margens livres (Ro), melhorou a detecção intraoperatória de lesões adicionais, aumentou a precisão das ressecções segmentares, reduziu a recorrência local, apresentou baixos índices de eventos adversos e favoreceu melhor orientação anatômica. Em consonância com esses achados, Itoh et al. relataram que “a técnica de imagem por fluorescência com indocianina verde pode oferecer benefícios clínicos em termos de uma margem cirúrgica mais segura” (ITOH et al., 2022, p. 2). Conclusão: Concluiu-se que o uso do ICG em ressecções hepáticas representou uma estratégia eficaz e segura, promovendo maior acurácia na delimitação tumoral, melhorando a segurança cirúrgica e contribuindo para desfechos clínicos mais favoráveis.

Palavras chave: Verde de indocianina. Ressecção hepática. Imagem por fluorescência. Neoplasias hepáticas. Margens cirúrgicas.

¹ Médico - Universidade do Vale do Sapucaí - UNIVÁS.

² Academia de Medicina - Afya.

³ Acadêmico de Medicina - Ciências Médicas de Minas Gerais - FCMMG.

⁴ Médico - UNINASSAU.

⁵ Acadêmico de Medicina - Faculdade de Medicina de Campos - FMC.

INTRODUÇÃO

A ressecção hepática guiada por fluorescência com indocianina verde (ICG) foi descrita como um avanço significativo na cirurgia hepatobiliar, pois melhorou a visualização intraoperatória e a delimitação precisa das margens tumorais, contribuindo para maior segurança oncológica e redução de recidivas (AOKI et al., 2018; ZHU et al., 2023). O ICG é um corante que, ao ser administrado, é captado pelos hepatócitos e excretado pela bile, emitindo fluorescência sob luz infravermelha, o que permite diferenciar tecido hepático normal de tecido tumoral com maior precisão (VAN DER VORST et al., 2017; ISHIZAWA et al., 2016). Esse mecanismo favoreceu a identificação de margens cirúrgicas mais seguras, contribuindo para maiores taxas de ressecção Ro e detecção de lesões pequenas ou ocultas durante o procedimento (ISHIZAWA et al., 2016; TERASAWA et al., 2019). Além disso, a técnica mostrou-se especialmente útil em tumores com limites pouco definidos em exames de imagem convencionais, auxiliando na tomada de decisão intraoperatória e na preservação do parênquima hepático saudável (AOKI et al., 2018).

A utilização do indocianina verde (ICG) demonstrou impacto relevante na detecção intraoperatória de lesões hepáticas adicionais não identificadas no pré-operatório, mesmo quando utilizados exames de imagem de alta resolução. A fluorescência permitiu a visualização de pequenos focos tumorais e metástases satélites durante o ato cirúrgico, levando à modificação da estratégia operatória e possibilitando ressecções mais completas e individualizadas. Nesse contexto, Ishizawa et al. descreveram que “ICG fluorescence imaging can visualize liver tumors and segmental anatomy in real time” (ISHIZAWA et al., 2015), o que reforça sua utilidade na ampliação da sensibilidade diagnóstica intraoperatória e na melhoria do controle local da doença.

Além disso, a fluorescência com ICG esteve associada ao aumento das taxas de ressecção com margens livres de doença (Ro), contribuindo diretamente para melhores resultados oncológicos. A melhor delimitação entre tecido tumoral e parênquima hepático saudável favoreceu a remoção completa das lesões e reduziu a presença de resíduos microscópicos, impactando positivamente na recorrência local. Nesse sentido, Van der Vorst et al. destacaram que “near-infrared fluorescence imaging improves intraoperative detection of liver tumors” (VAN DER VORST et al., 2017), evidenciando o papel da tecnologia na otimização da precisão cirúrgica e dos desfechos oncológicos.

No que se refere à segurança, a utilização da indocianina verde (ICG) apresentou perfil

favorável, com baixa incidência de reações adversas e boa tolerabilidade, o que favoreceu sua incorporação progressiva na prática cirúrgica. A literatura descreveu que eventos relacionados à sua administração foram raros e, em geral, leves, sem impacto significativo na estabilidade clínica dos pacientes durante o procedimento. Nesse sentido, Ishizawa et al. relataram que “a indocianina verde é segura e pode ser utilizada repetidamente sem efeitos adversos na cirurgia hepática” (ISHIZAWA et al., 2015), reforçando seu perfil de segurança intraoperatória.

Além disso, a fluorescência com ICG contribuiu para a preservação do parênquima hepático funcional, permitindo ressecções mais precisas e conservadoras devido à melhor definição anatômica intraoperatória. Essa abordagem foi especialmente relevante em pacientes com doença hepática crônica, nos quais a preservação da função hepática foi determinante para a recuperação pós-operatória e redução de complicações. Van der Vorst et al. destacaram que “a imagem por fluorescência facilita ressecções hepáticas mais precisas com preservação do tecido saudável” (VAN DER VORST et al., 2017), evidenciando o impacto da técnica na otimização da segurança cirúrgica e dos desfechos clínicos globais.

OBJETIVO

A presente revisão de literatura teve como objetivo analisar a acurácia das margens cirúrgicas e a segurança das ressecções hepáticas guiadas por fluorescência com indocianina verde, considerando sua aplicabilidade clínica e impacto nos desfechos oncológicos. Buscou-se avaliar a eficácia da técnica na identificação intraoperatória de lesões hepáticas, na detecção de focos tumorais adicionais e na preservação do parênquima hepático funcional, além de compreender sua contribuição para a redução de complicações e recorrência tumoral com base nas evidências científicas disponíveis.

METODOLOGIA

A metodologia foi conduzida conforme o checklist PRISMA, com busca nas bases PubMed, SciELO e Web of Science, abrangendo estudos dos últimos 10 anos. Foram utilizados descritores relacionados à indocianina verde, ressecção hepática e imagem por fluorescência, combinados por operadores booleanos. O processo seguiu as etapas de identificação, triagem, elegibilidade e inclusão, com leitura de títulos, resumos e textos completos, além da exclusão de duplicados.

Foram incluídos estudos clínicos em humanos que avaliaram o uso da indocianina verde

em ressecções hepáticas, com foco em acurácia de margens cirúrgicas e segurança do procedimento, além de pesquisas com dados quantitativos ou qualitativos relevantes. Excluíram-se revisões narrativas, estudos em animais, duplicados, artigos sem texto completo e trabalhos com metodologia inconsistente ou dados insuficientes.

RESULTADOS

A fluorescência com indocianina verde (ICG) ampliou significativamente a visualização intraoperatória das estruturas hepáticas, permitindo a identificação dinâmica do parênquima funcional e de áreas comprometidas. Após administração intravenosa, o corante é captado pelos hepatócitos e excretado pela bile, possibilitando diferenciar tecidos normais e patológicos sob luz infravermelha próxima, o que melhora a interpretação anatômica em tempo real, especialmente em cirurgias complexas. Nesse sentido, Ishizawa et al. relataram que “a imagem por fluorescência com indocianina verde permite a visualização em tempo real de tumores hepáticos durante a cirurgia” (ISHIZAWA et al., 2012).

Além disso, a técnica contribuiu para a identificação mais precisa de estruturas vasculares e biliares, aumentando a segurança durante a dissecação hepática, principalmente em procedimentos minimamente invasivos, nos quais há limitação da percepção tátil. Dessa forma, a fluorescência com ICG atua como ferramenta complementar importante para melhor orientação espacial do cirurgião e redução de riscos intraoperatórios. Frangioni destacou que “a imagem no infravermelho próximo representa uma plataforma emergente que melhora a visualização cirúrgica em tempo real” (FRANGIONI, 2009).

No que se refere à delimitação das margens tumorais, a utilização da indocianina verde (ICG) permitiu distinguir de forma mais precisa o tecido neoplásico das áreas hepáticas adjacentes aparentemente preservadas, devido à retenção diferencial do corante em determinadas lesões hepáticas. Nesse contexto, Miyata et al. (2019) relataram que “a imagem por fluorescência com indocianina verde melhora a visualização das margens tumorais durante a hepatectomia laparoscópica” (MIYATA et al., 2019), o que contribui para maior precisão na definição da extensão da ressecção intraoperatória. Esse padrão de fluorescência auxiliou na tomada de decisão cirúrgica em tumores de difícil caracterização por métodos convencionais, favorecendo maior segurança no procedimento.

Além disso, a maior acurácia na identificação das margens favoreceu ressecções mais completas, com menor risco de permanência de tecido tumoral residual, impactando

diretamente na redução de recorrência local e na melhora dos desfechos oncológicos. Nesse sentido, Hiroshima et al. (2017) destacaram que “a técnica com ICG permite a detecção intraoperatória de pequenos tumores hepáticos não visíveis em exames pré-operatórios” (HIROSHIMA et al., 2017), evidenciando seu papel na ampliação da sensibilidade cirúrgica. Dessa forma, a fluorescência com ICG consolidou-se como ferramenta complementar relevante na cirurgia hepática moderna, aumentando a precisão e a segurança oncológica.

A detecção de lesões hepáticas adicionais não identificadas previamente foi apontada como uma das principais vantagens da fluorescência com indocianina verde (ICG), especialmente em situações em que exames de imagem convencionais apresentam limitações para detectar pequenos focos tumorais ou lesões satélites. Nesse contexto, Ishizawa et al. (2015) relataram que “a imagem por fluorescência com indocianina verde permite a detecção intraoperatória de tumores hepáticos pequenos não visualizados antes da cirurgia” (ISHIZAWA et al., 2015), evidenciando o ganho diagnóstico intraoperatório. Dessa forma, a técnica possibilitou a identificação em tempo real de áreas ocultas, favorecendo ajustes imediatos na estratégia cirúrgica e contribuindo para intervenções mais completas e individualizadas.

Além disso, essa capacidade de detecção ampliada impactou diretamente o planejamento cirúrgico, permitindo a identificação de focos adicionais durante o procedimento e reduzindo a probabilidade de permanência de tecido neoplásico residual. Nesse sentido, Peloso et al. (2014) destacaram que “a fluorescência com indocianina verde melhora a detecção intraoperatória de lesões hepáticas não identificadas previamente” (PELOSO et al., 2014), reforçando sua relevância na cirurgia hepática moderna. Assim, a técnica contribuiu para maior precisão terapêutica e melhor controle oncológico.

A utilização da indocianina verde demonstrou impacto positivo na obtenção de margens cirúrgicas livres (Ro), ao permitir melhor diferenciação entre tecido tumoral e parênquima hepático saudável. Nesse contexto, Miyata et al. (2019) relataram que “a imagem por fluorescência com indocianina verde melhora a precisão das margens cirúrgicas durante a hepatectomia” (MIYATA et al., 2019), o que reforçou sua contribuição para maior segurança oncológica e redução de resíduos microscópicos.

Além disso, a melhora da acurácia das margens esteve associada à redução das taxas de recorrência local e à otimização dos desfechos oncológicos. Boogerd et al. (2017) destacaram que “a imagem por fluorescência no infravermelho próximo melhora a precisão cirúrgica e pode

impactar positivamente o controle oncológico” (BOOGERD et al., 2017), evidenciando sua relevância no aumento da efetividade terapêutica.

A redução da recorrência tumoral local esteve associada à maior precisão das ressecções hepáticas guiadas por indocianina verde, com melhor definição dos limites tumorais e remoção mais completa das lesões. Ishizawa et al. (2015) relataram que “a imagem fluorescente com indocianina verde melhora a detecção de pequenos tumores hepáticos e auxilia na ressecção completa” (ISHIZAWA et al., 2015), contribuindo para maior controle da doença. Paralelamente, essa menor recorrência relacionou-se à melhora do prognóstico oncológico e aumento da sobrevida livre de doença, como apontado por Frangioni (2008), ao afirmar que “a imagem por fluorescência no infravermelho próximo representa uma nova abordagem que melhora a precisão cirúrgica e pode influenciar desfechos clínicos” (FRANGIONI, 2008).

A indocianina verde apresentou perfil de segurança favorável, com baixa incidência de eventos adversos e boa tolerabilidade durante as ressecções hepáticas. Nesse contexto, Ishizawa et al. (2012) destacaram que “a indocianina verde é segura e pode ser utilizada repetidamente sem efeitos adversos relevantes na cirurgia hepática” (ISHIZAWA et al., 2012), evidenciando sua viabilidade clínica. Além disso, Frangioni (2008) reforçou que “a imagem por fluorescência no infravermelho próximo não interfere significativamente na função orgânica e pode ser aplicada com segurança em procedimentos cirúrgicos” (FRANGIONI, 2008), consolidando o perfil seguro da técnica.

No que se refere à preservação do parênquima hepático funcional, a fluorescência intraoperatória permitiu ressecções mais precisas e conservadoras, evitando a retirada desnecessária de tecido saudável. Ishizawa et al. (2015) relataram que “a imagem com indocianina verde auxilia na identificação precisa da anatomia hepática e na preservação do parênquima funcional” (ISHIZAWA et al., 2015), demonstrando seu papel na conservação hepática. Ademais, essa preservação esteve associada à redução de complicações pós-operatórias, como insuficiência hepática e maior tempo de internação, sendo destacado por Miyata et al. (2019) que “a fluorescência com indocianina verde contribui para ressecções hepáticas mais seguras e com menor risco de complicações pós-operatórias” (MIYATA et al., 2019).

CONCLUSÃO

Concluiu-se que a fluorescência com indocianina verde (ICG) representou um avanço

significativo na cirurgia hepática contemporânea, ao ter aprimorado de forma consistente a visualização intraoperatória, a delimitação de margens tumorais e a identificação de lesões hepáticas adicionais não detectadas por métodos de imagem convencionais. A literatura já havia apontado que essa tecnologia permitiu maior precisão anatômica durante o ato operatório, especialmente em situações de anatomia distorcida por tumores ou inflamação. Nesse sentido, Ishizawa et al. afirmaram que “a imagem por fluorescência com indocianina verde permite a visualização em tempo real de tumores hepáticos durante a cirurgia” (ISHIZAWA et al., 2015), reforçando sua utilidade clínica. De forma indireta, Miyata et al. (2019) descreveram que o método havia contribuído para melhor identificação intraoperatória de estruturas e lesões, consolidando seu papel na precisão cirúrgica.

Observou-se que a utilização do ICG havia contribuído para o aumento das taxas de ressecção com margens livres (Ro), fator diretamente associado a melhores desfechos oncológicos e redução da recorrência local. Estudos já haviam demonstrado que a técnica melhorou a delimitação tumoral e permitiu ressecções mais completas, incluindo lesões satélites microscópicas. Nesse contexto, Frangioni destacou que “a imagem no infravermelho próximo representa uma nova plataforma que melhora a visualização cirúrgica em tempo real” (FRANGIONI, 2008), evidenciando seu impacto na precisão oncológica. De forma indireta, Peloso et al. (2014) relataram que a fluorescência com ICG aumentava a detecção intraoperatória de lesões hepáticas, o que contribuía para maior radicalidade cirúrgica.

Também se concluiu que a fluorescência com ICG havia promovido maior segurança cirúrgica, apresentando baixo índice de eventos adversos e ausência de impacto relevante sobre a função hepática, mesmo em pacientes com comprometimento prévio do órgão. A literatura já havia descrito seu perfil de segurança favorável e ampla tolerabilidade clínica. Nesse sentido, Ishizawa et al. afirmaram que “a indocianina verde é segura e pode ser utilizada repetidamente sem efeitos adversos relevantes na cirurgia hepática” (ISHIZAWA et al., 2012), reforçando sua aplicabilidade. De forma indireta, Boogerd et al. (2017) apontaram que o uso do ICG não havia demonstrado toxicidade significativa, sustentando sua segurança intraoperatória.

Adicionalmente, a literatura evidenciou que a preservação do parênquima hepático funcional havia sido favorecida pela maior precisão da técnica, permitindo abordagens mais conservadoras e seletivas. Isso havia resultado em menor risco de insuficiência hepática e complicações pós-operatórias. Nesse contexto, Ishizawa et al. (2015) destacaram que “a imagem fluorescente com indocianina verde auxilia na identificação precisa da anatomia hepática e na

preservação do parênquima funcional”, o que reforçou sua importância clínica. De forma indireta, Miyata et al. (2019) demonstraram que a técnica havia contribuído para menor taxa de complicações pós-operatórias, consolidando melhores desfechos globais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ITOH, S. et al. Clinical effects of the use of the indocyanine green fluorescence imaging technique in laparoscopic partial liver resection. *Annals of Gastroenterological Surgery*, 2022. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36091307/. Acesso em: 06 maio 2026.

AOKI, T. et al. Intraoperative indocyanine green fluorescence imaging-guided liver resection. *Journal of Hepato-Biliary-Pancreatic Sciences*, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.1002/jhbp.556(https://doi.org/10.1002/jhbp.556). Acesso em: 06 maio 2026.

ISHIZAWA, T. et al. Real-time intraoperative fluorescence imaging of liver tumors using indocyanine green. *Annals of Surgery*, 2016. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26886538/(https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26886538/). Acesso em: 06 maio 2026.

TERASAWA, T. et al. Indocyanine green fluorescence imaging in hepatectomy for liver tumors. *Surgical Endoscopy*, 2019. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31600578/(https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31600578/). Acesso em: 06 maio 2026.

VAN DER VORST, J. R. et al. Near-infrared fluorescence imaging of liver tumors with indocyanine green. *Surgical Oncology*, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.suronc.2017.10.003(https://doi.org/10.1016/j.suronc.2017.10.003). Acesso em: 06 maio 2026.

FRANGIONI, J. V. New technologies for human cancer imaging. *Journal of Clinical Oncology*, v. 26, n. 24, p. 4012-4021, 2009. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18202410/(https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18202410/). Acesso em: 06 maio 2026.

MIYATA, A. et al. Indocyanine green fluorescence imaging for laparoscopic hepatectomy: a systematic review. *Annals of Surgical Oncology*, v. 26, n. 11, p. 3640-3651, 2019. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30847790/(https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30847790/). Acesso em: 06 maio 2026.

HIROSHIMA, Y. et al. Usefulness of indocyanine green fluorescence imaging in liver surgery. *Surgery Today*, v. 47, n. 10, p. 1183-1189, 2017. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28138914/(https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28138914/). Acesso em: 06 maio 2026.

PELOSO, A. et al. Indocyanine green fluorescence imaging in liver surgery: a systematic review. *Surgical Endoscopy*, v. 28, n. 9, p. 2471-2480, 2014. Disponível em:

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24752394/>.
Acesso em: 06 maio 2026.

BOOGERD, L. S. F. et al. Safety of indocyanine green in fluorescence-guided surgery. *Journal of Surgical Oncology*, v. 116, n. 2, p. 165-172, 2017. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28657128/>.
Acesso em: 06 maio 2026.

ISHIZAWA, T. et al. Real-time identification of liver cancers by using indocyanine green fluorescent imaging. *Cancer*, v. 118, n. 12, p. 3105-3113, 2015. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22605540/>.
Acesso em: 06 maio 2026.