



FLUORESCÊNCIA COM VERDE DE INDOCIANINA NA CIRURGIA TORÁCICA

EDUARDA PEREIRA RODRIGUES FIGUEIREDO; MATEUS MANZAN

RESUMO

A condução de operações oncológicas por cirurgias torácicas representa um desafio devido à alta morbidade e mortalidade associadas aos procedimentos invasivos. Recentemente, o uso da indocianina verde (ICG) emergiu como uma ferramenta promissora nesse contexto, oferecendo benefícios como a identificação em tempo real do ducto torácico e a prevenção de lesões durante o procedimento. A ICG, inicialmente usada em procedimentos hepáticos, tem se mostrado eficaz na identificação e caracterização de tumores, destacando-se como um dos fluoróforos mais utilizados para essa finalidade. Sua combinação com a cirurgia guiada por fluorescência (FGS) tem permitido a detecção e identificação das estruturas anatômicas, como o ducto torácico, em tempo real, melhorando os resultados e reduzindo os riscos cirúrgicos. Além disso, o uso da técnica de fluorescência ICG com infravermelho próximo (NIR) proporciona uma dissecação mais segura, permitindo uma avaliação detalhada da vascularização e perfusão durante a cirurgia. Os estudos revisados destacam a promissora aplicação da fluorescência com ICG na cirurgia torácica, mostrando benefícios na identificação de nódulos pulmonares, avaliação do plano intersegmentar e identificação de vazamentos pós-cirúrgicos. No entanto, ressalta-se a necessidade de mais pesquisas para otimizar essas técnicas e entender melhor seus mecanismos de ação e eficácia em diferentes contextos tumorais. Apesar dos avanços, ainda há lacunas a serem preenchidas, especialmente no que diz respeito às indicações precisas, aplicação clínica e possíveis efeitos adversos do ICG. No entanto, o uso dessas tecnologias representa uma importante evolução na cirurgia torácica, aumentando a capacidade dos cirurgiões de realizar procedimentos mais precisos e seguros, com potencial para melhorar significativamente os resultados clínicos e a qualidade de vida dos pacientes.

Palavras-chave: agente fluorescente; biomarcadores; procedimento invasivo; oncologia; segurança cirúrgica.

1 INTRODUÇÃO

As operações oncológicas conduzidas por cirurgias torácicas representam um desafio significativo devido à alta morbidade e mortalidade associadas a esses procedimentos (Matsuura *et al.*, 2020). No entanto, recentes avanços na tecnologia médica têm oferecido novas perspectivas para abordar essas cirurgias, com destaque para o uso da indocianina verde (ICG). O ICG, inicialmente utilizado como um corante fluorescente não tóxico em procedimentos hepáticos, emergiu como uma ferramenta promissora na cirurgia torácica devido à sua capacidade de se ligar à albumina e ser metabolizado no fígado (Dai *et al.*, 2023).

Apesar de não ter como alvo específico as células tumorais, sua eficácia na identificação e caracterização dos tumores tem sido amplamente documentada, tornando-o um dos fluoróforos mais utilizados para essa finalidade (Egloff-Juras *et al.*, 2019). Além disso, a cirurgia guiada por fluorescência (FGS), utilizando NIR-ICG, demonstrou ser uma ferramenta

valiosa na cirurgia torácica, permitindo a detecção e identificação em tempo real das estruturas, como o ducto torácico, o que pode prevenir lesões durante o procedimento e melhorar os resultados cirúrgicos (Nusrath *et al.*, 2022).

Diante desses avanços, este estudo propõe uma revisão integrativa sobre a aplicabilidade da fluorescência com verde de indocianina na cirurgia torácica, visando compreender os benefícios do uso dessa técnica e suas limitações até o momento.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo consiste em uma revisão integrativa de literatura, a partir da busca por artigos científicos na base de dados PubMed. A pesquisa foi realizada a partir da seguinte chave de busca: “Surgical Thoracic AND Fluorescence Guided Surgical”. Dessa forma, foram incluídos artigos com texto completo, em português e inglês, que consistiam em estudos observacionais, pesquisas qualitativas e ensaios clínicos controlados, com recorte temporal de publicação do período de 2019 a 2023. Artigos que não condiziam com a temática torácica foram excluídos. A aplicação de tais critérios resultou em 6 artigos para essa revisão (Tabela 1).

Tabela 1. Trabalhos incluídos.

Base	Título	Autores	Periódico (vol, no, pág, ano)	Considerações / Temática
PubMed	The primary application of indocyanine green fluorescence imaging in surgical oncology.	DAI, Z. <i>et al.</i>	Frontiers in Surgery, v. 10, p. 1077492, 2023.	Exploram a aplicação primária do indocianina verde na cirurgia oncológica, enfatizando a necessidade contínua de pesquisa para entender suas indicações e segurança.
PubMed	NIR fluorescence-guided tumor surgery: new strategies for the use of indocyanine green.	EGLOFF-JURAS, C. <i>etal.</i>	International journal of nanomedicine, p. 7823-7838, 2019.	Discutem estratégias inovadoras para o uso do indocianina verde na cirurgia guiada por fluorescência em tumores, ressaltando a importância de mais pesquisas para otimizar essas técnicas.
PubMed	Recent fluorescence imaging technology applications of indocyanine green in general thoracic surgery.	MATSUURA, Y. <i>et al.</i>	Surgery Today, v. 50, n. 11, p. 1332-1342, 2020.	Exploram as aplicações recentes da tecnologia de imagem de fluorescência com indocianina verde em cirurgia torácica, destacando sua

				utilidade na prática cirúrgica moderna.
PubMed	Indocyanine green (ICG) fluorescence guide for the use and indications in general surgery: recommendations based on the descriptive review of the literature and the analysis of experience.	MORALES-CONDE, S. <i>et al.</i>	Cirugía Española (English Edition), v. 100, n. 9, p. 534-554, 2022.	Oferecem recomendações baseadas em revisões da literatura e experiência clínica para o uso do indocianina verde na cirurgia geral, fornecendo orientações valiosas para os cirurgiões.
PubMed	Use of indocyanine green fluorescence imaging in thoracic and esophageal surgery.	NG, C. S. <i>et al.</i>	The Annals of Thoracic Surgery, v. 115, n. 4, p. 1068-1076, 2023.	Discutem o uso da imagem de fluorescência com indocianina verde em cirurgias torácicas e esofágicas, enfatizando como essa técnica pode melhorar a visualização intraoperatória e reduzir complicações.
PubMed	Thoracic duct lymphography by near-infrared indocyanine green fluorescence imaging in thoracic surgery.	NUSRATH, S. <i>et al.</i>	Indian Journal of Surgical Oncology, v. 13, n. 2, p. 415-420, 2022.	Revisam o uso da imagem de fluorescência com indocianina verde na linfografia do ducto torácico em cirurgia torácica, destacando sua utilidade na avaliação pré-operatória e no planejamento cirúrgico.

Fonte: autoria própria, 2024.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da aplicação da fluorescência com verde de indocianina (ICG) na cirurgia torácica revelam uma ampla gama de benefícios e aplicações promissoras. O ICG, que se liga predominantemente às proteínas plasmáticas e é ativado por um laser específico, oferece imagens de alta resolução e penetração tecidual, sem interferência da autofluorescência. Essa técnica tem sido eficaz em diversas etapas intraoperatórias, como biópsia do linfonodo sentinela, localização do tumor, determinação de margens de ressecção e avaliação de perfusão anastomótica. Além disso, sua disponibilidade econômica a torna acessível para uso clínico

(Dai *et al.*, 2023).

O uso combinado de ICG com nanopartículas mostra promessa adicional na detecção de tumores, proporcionando aumento da permeabilidade e duração no organismo da ICG. Esta abordagem não só aumenta a sensibilidade da detecção, mas também permite uma melhor visualização das margens de ressecção tumoral, reduzindo o risco de recorrência e minimizando a perda de tecido durante a cirurgia (Egloff-Juras *et al.*, 2019).

A técnica de fluorescência guiada por imagem (FGS) com NIR-ICG destaca-se como uma abordagem inovadora para a visualização em tempo real das margens de ressecção, contribuindo para a prevenção de recidivas tumorais. Estudos indicam que a incorporação de ICG em nanopartículas pode prolongar o tempo de circulação, aumentando assim o efeito EPR e melhorando o direcionamento passivo ao tumor (Egloff-Juras *et al.*, 2019). A fluorescência ICG-FIT, quando combinada com sistemas de imagem em tempo real, proporciona uma identificação precisa de estruturas anatômicas e tecidos que não são visíveis sob luz branca durante a cirurgia. Essa técnica é particularmente útil na detecção de nódulos pulmonares, avaliação do plano intersegmentar e identificação de extravasamentos após anastomose, fornecendo um feedback anatômico constante ao cirurgião (Matsuura *et al.*, 2020).

4 CONCLUSÃO

A aplicação da técnica FGS com ICG na cirurgia torácica oferece vantagens notáveis, incluindo a identificação em tempo real do ducto torácico e a prevenção de lesões durante o procedimento. Além disso, o ICG atua como marcador, possibilitando uma dissecação mais segura, enquanto a técnica NIR-ICG permite uma avaliação detalhada da vascularização e perfusão durante a cirurgia. Essas abordagens representam ferramentas valiosas para os cirurgiões torácicos, melhorando a precisão e os resultados dos procedimentos (Nusrath *et al.*, 2022).

A combinação de fluorescência e indocianina verde com a NIR FGS, juntamente com a utilização de nanocomplexos, promete ser uma estratégia promissora na cirurgia de tumores. No entanto, mais pesquisas são necessárias para otimizar essas técnicas e compreender melhor seus mecanismos de ação e eficácia clínica em diferentes contextos tumorais (Egloff-Juras *et al.*, 2019).

O uso do ICG-F na NIR tem se mostrado útil na identificação de estruturas anatômicas, como o ducto torácico, e na avaliação da vascularização dos tecidos, identificação de tumores, localização de linfonodo sentinela e mapeamento linfático em tumores malignos. Isso aumenta a capacidade do cirurgião de realizar operações e facilita o planejamento cirúrgico, estadiamento da doença e redução de complicações pós-operatórias (Matsuura *et al.*, 2020; Morales-Conde *et al.*, 2022; Ng *et al.*, 2023).

Embora o ICG seja amplamente utilizado na prática, especialmente no estadiamento intraoperatório do câncer, mais estudos são necessários para determinar suas indicações precisas, aplicação e toxicidade (Dai *et al.*, 2023).

REFERÊNCIAS

DAI, Z. *et al.* The primary application of indocyanine green fluorescence imaging in surgical oncology. **Frontiers in Surgery**, v. 10, p. 1077492, 2023.

EGLOFF-JURAS, C. *et al.* NIR fluorescence-guided tumor surgery: new strategies for the use of indocyanine green. **International journal of nanomedicine**, p. 7823-7838, 2019.

MATSUURA, Y. *et al.* Recent fluorescence imaging technology applications of indocyanine green in general thoracic surgery. **Surgery Today**, v. 50, n. 11, p. 1332-1342, 2020.

MORALES-CONDE, S. *et al.* Indocyanine green (ICG) fluorescence guide for the use and indications in general surgery: recommendations based on the descriptive review of the literature and the analysis of experience. **Cirugía Española (English Edition)**, v. 100, n. 9, p. 534-554, 2022.

NG, C. S. *et al.* Use of indocyanine green fluorescence imaging in thoracic and esophageal surgery. **The Annals of Thoracic Surgery**, v. 115, n. 4, p. 1068-1076, 2023.

NUSRATH, S. *et al.* Thoracic duct lymphography by near-infrared indocyanine green fluorescence imaging in thoracic surgery. A review. **Indian Journal of Surgical Oncology**, v. 13, n. 2, p. 415-420, 2022.