

کاتتر فولی جدید ساخته شده از سیلیکون لاستیکی فلورسانس مادون قرمز - نزدیک با شدت بالا برای جراحی هدایت شده با تصویر در سرطان رکتوم پایین چکیده

آسیب مجرای ادراری در 1-6 درصد از موارد مردان در حین جراحی کم تهاجمی سرطان رکتوم پایین رخ می‌دهد. انتظار می‌رود که کاتتر فولی که فلورسانس نزدیک به مادون قرمز (NIR^1) با شدت کافی را ساطع می‌نماید، در حین جراحی هدایت‌شده با تصویر، مجرای ادراری را شناسایی نماید. اگرچه انتقال خواص فلورسانس NIR به پلیمرهای گرماسخت زیست‌سازگار دشوار است، اما در این پژوهش به تازگی در توسعه ترکیب فلورسانس NIR برای لاستیک سیلیکونی و کاتتر فولی فلورسانس NIR با موفقیت انجام شد. در این پژوهش، خواص فلورسانس NIR و عملکرد دید آن با استفاده از نمونه‌های ایزوله آنورکتوم خوکی ارزیابی شد. کاتتر HICARL از ترکیبی از لاستیک سیلیکونی جامد و ترکیب فلورسانس NIR ساخته شده است که فلورسانس با طول موج 820-880 nm را منتشر می‌نماید، در حالی که کاتتر فولی شفاف معمولی فقط از لاستیک سیلیکونی جامد ساخته شده است. به عنوان معیاری برای مقایسه شدت فلورسانس NIR، از کاتتر فولی شفاف که لومن آن با ترکیبی از ایندوسیانین سبز (ICG^2) و پلاسما انسانی پُر شده بود، استفاده شد. به عنوان مقایسه برای ارزیابی عملکرد دید کاتتر HICARL، از کاتتر فولی شفاف که در آن کاتتر اورتال NIR فلورسانس پلی‌یورتان ($NIRC^3$) موجود در بازار قرار داده شده بود، استفاده شد. تحلیل تصویربرداری کمی فلورسانس NIR نشان داد که کاتتر Foley-NIRC و کاتتر HICARL به ترتیب 3.42 ± 0.42 و 6.43 ± 0.07 برابر بیشتر از کاتتر Foley-ICG فلورسانس ساطع می‌نمایند. محل قرارگیری کاتتر HICARL در ناحیه آنورکتوم با ضخامت دیواره 3.8 ± 0.1 mm به وضوح بطور کامل توسط فلورسانس NIR مشخص شد، در حالی که محل کاتتر Foley-NIRC به طور ضعیف یا تنها به صورت جزئی قابل مشاهده بود. کاتتر HICARL که فلورسانس NIR با شدت کافی تولید می‌نماید، ابزاری امیدوارکننده و آسان برای استفاده در تصویربرداری از مجرای ادرار در حین جراحی هدایت‌شده با تصویر برای سرطان رکتوم پایین است.

¹ near-infrared

² indocyanine green

³ NIR fluorescent polyurethane ureteral catheter

کلیدواژه‌ها: کاتتر فولی، جراحی هدایت شده با تصویر، جراحی لاپاروسکوپی، فلورسانس مادون قرمز- نزدیک، سرطان رکتوم، لاستیک سیلیکونی، آسیب به مجرای ادرار.

Keywords: Foley catheter, Image guided surgery, Laparoscopic surgery, Near infrared fluorescence, Rectal cancer, Silicone rubber, Urethral injury.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش، ویژگی‌های فلورسانس NIR کاتتر HICARL جدید توسعه‌یافته با آزمایش‌های عملکردی در آزمایشگاه ارزیابی و عملکرد آن با آماده‌سازی‌های ایزوله شده از آنورکتوم خوک بررسی شد. نتایج نشان می‌دهد که کاتتر HICARL ابزاری امیدوارکننده برای تصویربرداری فلورسانس NIR در حین عمل جراحی برای مشاهده مجرای ادراری است.

به تازگی، دو روش برای تجسم مجرای ادراری با استفاده از تصویربرداری فلورسانس NIR گزارش شده است؛ یعنی، روش تزریق ICG داخل مجرای ادراری [1] و روشی که از کاتتر فولی سیلیکونی شفاف استفاده می‌نماید که در آن مواد فلورسانس NIR مهر و موم یا بسته‌بندی شده‌اند [2]. با این حال، هر دو روش دارای چندین معایب هستند. اول، تزریق مستقیم ICG به مجرای ادراری تأیید نشده است. دوم، تزریق‌های مکرر ICG به مجرای ادراری در طول چند ساعت جراحی آنورکتوم از نظر بالینی عملی نیست. سوم، تنگ و مسدود نمودن لومن کاتترهای فولی با مهر و موم یا بسته‌بندی با مواد فلورسانس NIR می‌تواند جریان ادرار را مختل نماید. با توجه به این نکات، به نظر می‌رسد که کاتترهای فولی که فلورسانس NIR را بدون آسیب به عملکرد اصلی کاتتر فولی منتشر می‌نمایند، در عمل بالینی به شدت مورد نیاز هستند. کاتتر فولی فلورسانس NIR ساخته شده در این پژوهش که ساختار و روش کاشت مشابهی با کاتتر فولی معمولی دارد، ابزاری آسان برای استفاده به جهت تجسم مجرای ادرار در حین جراحی هدایت شده با تصویر در سرطان رکتوم پایین خواهد بود.

آزمایش‌های عملکردی روی نیمکت نشان داد که کاتتر فولی-NIRC و کاتتر HICARL به ترتیب 3.42 و 6.43 برابر بیشتر از کاتتر فولی-ICG فلورسانس ساطع می‌نمایند. در مطالعه کمی اخیر، پژوهشگران نشان دادند که کاتتر فولی پوشش‌دار با رزین اکریلیک فلورسانس NIR، که چهار برابر روشن‌تر از کاتتر فولی-ICG فلورسانس ساطع می‌نماید، می‌تواند به‌طور دقیق محل مجرای ادرار را در اجساد راهنمایی نماید [3]. بر اساس یافته‌های پژوهشگران، انتظار می‌رود کاتتر HICARL نیز با فلورسانس NIR خود محل مجرای ادرار را راهنمایی نماید، در حالی که کاتتر فولی-NIRC کمتر امیدوارکننده خواهد بود.

طبق انتظارات از نتایج آزمون‌های عملکردی، محل کاتتر HICARL که در ناحیه آنورکتوم با ضخامت دیواره تقریباً 4 mm قرار داده شده است، بطور کامل توسط فلورسانس NIR به وضوح مشخص شد، در حالی که محل کاتتر Foley-NIRC به‌طور ضعیف یا تنها بطور جزئی قابل مشاهده می‌باشد. عملکرد مورد نیاز برای

کاتتر Foley برای شناسایی مجرای ادرار این است که فلورسانس NIR را منتشر نماید که حداقل چهار برابر روشن تر از فلورسانس کاتتر Foley-ICG باشد. این اولین گزارش از کاتتر Foley با درجه پزشکی است که از لاستیک سیلیکونی ساخته شده و دارای شدت فلورسانس NIR کافی برای مشاهده مجرای ادرار در حین عمل جراحی است.

در حالی که مطالعه حاضر قابلیت استفاده از کاتتر فولی فلورسانت NIR را نشان داد، کارهای بیشتری در آینده باید انجام شود. آزمایش‌های بالینی برای تأیید کارایی آن لازم است. اگرچه از سیستم لاپاراسکوپی سفارشی خود برای ارزیابی عملکرد دید استفاده شد، اما تفاوت‌های قابل مشاهده بودن کاتتر HICARL بین مدل‌های سیستم‌های لاپاراسکوپی تجاری باید قبل از مطالعات بالینی مورد بررسی قرار گیرد. در نتیجه، کاتتر HICARL که به تازگی توسعه یافته است و ساختار و روش کاشت مشابهی با کاتتر فولی معمولی دارد، فلورسانس NIR را منتشر می‌نماید که بیش از چهار برابر روشن تر از فلورسانس کاتتر فولی-ICG است. بنابراین، کاتتر HICARL ابزاری امیدوارکننده و آسان برای استفاده است که می‌تواند از آسیب به مجرای ادرار در حین جراحی هدایت شده با فلورسانس NIR در سرطان رکتوم پایین جلوگیری نماید.

Reference

Sato, T., & Kitani, I. (2024). A novel Foley catheter made of high-intensity near-infrared fluorescent silicone rubber for image-guided surgery of lower rectal cancer. *Photodiagnosis and Photodynamic Therapy*, 45, 103976.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pdpdt.2024.103976>

Other Reference

[1]. T.G. Barnes, M. Penna, R. Hompes, C. Cunningham, Fluorescence to highlight the urethra: a human cadaveric study, *Tech. Coloproctology* 21 (2017) 439–444, <https://doi.org/10.1007/s10151-017-1615-y>.

[2]. T.G. Barnes, D. Volpi, C. Cunningham, B. Vojnovic, R. Hompes, Improved urethral fluorescence during low rectal surgery: a new dye and a new method, *Tech. Coloproctology* 22 (2018) 115–119, <https://doi.org/10.1007/s10151-018-1757-6>.

[3]. M. Barberio, M. Al-Taher, A. Forgiione, A. Hoskere Ashoka, E. Felli, V. Agnus, J. Marescaux, A. Klymchenko, M. Diana, A novel method for near-infrared fluorescence imaging of the urethra during perineal and transanal surgery: demonstration in a cadaveric model, *Colorectal Dis.* 22 (2020) 1749–1753, <https://doi.org/10.1111/codi.15156>.

ترجمه و ویرایش: جواد برزوئی



Foley-NIRC			
Irradiance	RGB	RGB-NIR	NIR
15 mW/cm ²			
30 mW/cm ²			
HICARL			
Irradiance	RGB	RGB-NIR	NIR
15 mW/cm ²			
30 mW/cm ²			