

ЛАПАРОСКОПИЧЕСКАЯ ФОТОПЛЕТИЗМОГРАФИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОЦЕНКИ ПЕРФУЗИИ ТКАНЕЙ ПРИ МАЛОИНВАЗИВНОМ ОПЕРАЦИОННОМ ВМЕШАТЕЛЬСТВЕ

Зайцев В.В.^{1*}, Камшилин А.А.¹, Кащенко В.А.², Мачихин А.С.³

¹ФГБУН Институт автоматизации и процессов управления Дальневосточного отделения
Российской академии наук, г. Владивосток

²ФГБУ «СЗОНКЦ им. Л.Г. Соколова ФМБА России», г. Санкт-Петербург

³ФГБУН Научно-технологический центр уникального приборостроения Российской академии наук, г. Москва

*E-mail: zaytsevphoto@gmail.com

Несостоятельность анастомоза – одно из серьезных послеоперационных осложнений в хирургии, связанных с реконструкцией желудочно-кишечного тракта. Среди разных факторов риска несостоятельности анастомоза можно выделить недостаточность кровоснабжения анастомозированных тканей. При интраоперационной оценке кровоснабжения тканей хирург может изменить уровень резекции таким образом, чтобы перфузия ткани в месте планируемого анастомоза была на достаточном уровне. Для оценки перфузии кишечника есть различные клинические методы: оценка серозного цвета кишечника, оценка пульсации сосудов и тканевое кровотечение. Однако все эти признаки носят строго субъективный характер и зависят от интерпретации их хирургом, что может привести к нежелательным последствиям, особенно сложно проводить их оценку при висцеральном ожирении или повреждении серозного покрова органа [1].

Существенно продвинутый уровень интраоперационной оценки кровоснабжения тканей достигается с использованием флуоресцентных методов в сочетании с флуорофором индоцианинового зеленого (ICG) [2]. Использование ICG метода позволяет лучше определять место резекции и поэтому снижает количество несостоятельных анастомозов. Однако у этого метода есть недостатки. Для возбуждения эффекта флуоресценции необходимо пациенту внутривенно ввести раствор ICG, при этом повторная инъекция ICG не вызывает флуоресценцию того же уровня, что и первая, из-за остаточной флуоресценции.

Для бесконтактной количественной оценки кровоснабжения тканей и её адекватной визуализации нашей группой разработана инновационная методика визуализирующей фотоплетизмографии (iPPG) [3,4]. В отличие от интраоперационной визуализации на основе ICG, iPPG не требует какой-либо специальной подготовки пациента и тем более внутривенного введения веществ. Однако следует отметить, что использование iPPG в брюшной полости является сложной задачей в виду значительной вариаций в морфологии исследуемых органов, вызванных дыханием и перистальтикой. Данная задача была решена применением специальных алгоритмов обработки изображений, записываемых iPPG системой. Однако не меньшей проблемой является и непосредственно сам доступ в область оценки перфузии. Для минимизации послеоперационного периода для пациента применяется лапароскопическая хирургия, где в ходе операции доступ осуществляется через три-четыре маленьких (около 1 см) прокола. В эти проколы вводятся специальные трубки – порты, сквозь которые врач действует внутри брюшной полости. В один из проколов хирург вводит оптическую систему, в остальные — инструменты для проведения хирургических манипуляций. Контроль над ходом лапароскопической операции осуществляется посредством увеличенного изображения, выводимого на монитор. Для проведения анализа кровотока через порт, установленный для доступа в брюшную полость, нами была разработана первая в мире лапароскопическая iPPG система.

Разработанная нами лапароскопическая iPPG система (Рис. 1) состоит из видеокамеры IDS GigE Smartek Vision GC1391MP, позволяющей вести видеозапись исследуемой ткани с частотой до 30 кадров в секунду. В качестве оптической системы использовался жёсткий лапароскопический зонд диаметром 8 мм и длиной 350 мм с полем зрения 60°. Запись видеок кадров осуществлялась синхронно с записью электрокардиограммы (ЭКГ) цифровым электрокардиографом КАП-01-«Кардиотехника-ЭКГ». Для подсветки области анализа перфузии использовался зеленый светодиод мощностью 1 Вт с центральной длиной волны излучения в 525 нм. Излучение вводилось в оптоволоконный жгут, состоящий из волокон диаметром 30 мкм с числовой апертурой 0,5. Они равномерно распределены по периметру зонда, что обеспечивает равномерное освещение исследуемой ткани. Для измерения параметров перфузии было достаточно записать видеоизображения исследуемой ткани в течение 12

сердечных циклов (примерно 12 сек). Видеоданные совместно с ЭКГ обрабатывались сразу же после их записи. Алгоритм обработки данных, включающий цифровую стабилизацию изображения методом «оптического потока», позволил нам достоверно идентифицировать сердечную составляющую фотоплетизмографического сигнала на фоне сильных артефактов движения. В результате работы алгоритма на экран монитора выводилось пространственное распределение амплитуды пульсирующего компонента (АРС), который представляет собой индекс перфузии, связанный с тонусом близлежащих артериальных сосудов [5].

Целью данного доклада является демонстрация возможности применения лапароскопической iPPG системы для оценки кровоснабжения органов в области анастомоза до и после его наложения при использовании малоинвазивной хирургии.

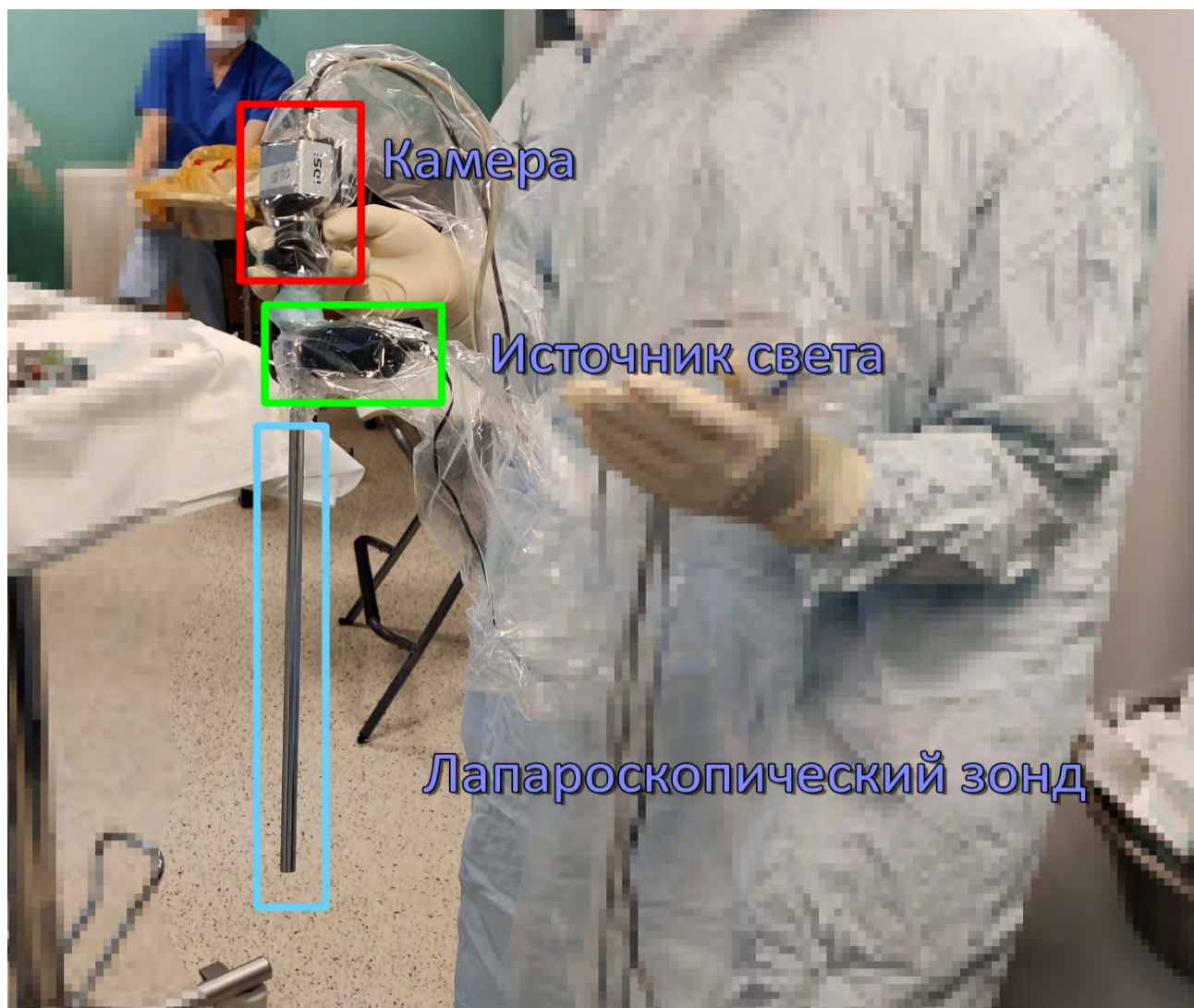


Рис. 1. Лапароскопическая фотоплетизмографическая система

Исследование реализовано при поддержке гранта № 21-15-00265 Российского научного фонда.

Литература

1. Karliczek A, Harlaar N.J., Zeebregts C.J., Wiggers T., Baas P.C. van Dam GM. Surgeons lack predictive accuracy for anastomotic leakage in gastrointestinal surgery. *Int J Colorectal Dis.* 24:569-576 (2009)
2. Ris F., Hompes R., Cunningham C. et al. Near-infrared (NIR) perfusion angiography in minimally invasive colorectal surgery. *Surg Endosc.* 28:2221-2226 (2014)
3. Mamontov O.V., Shcherbinin A.V., Romashko R.V., Kamshilin A.A. Intraoperative imaging of cortical blood flow by camera-based photoplethysmography at green light. *Appl Sci.* 10(18):6192 (2020)
4. Kamshilin A.A., Krasnikova T.V., Volynsky M.A., Miridonov S.V., Mamontov O.V. Alterations of blood pulsations parameters in carotid basin due to body position change. *Sci Rep.* 8:13663 (2018)
5. Lyubashina O.A., Mamontov O.V., Volynsky M.A., Zaytsev V.V., Kamshilin A.A. Contactless assessment of cerebral autoregulation by photoplethysmographic imaging at green illumination. *Front Neurosci.* 13:1235 (2019)