

Технические инновации в освещении труднодоступных мест грудной и брюшной полостей в «открытой» торакоабдоминальной хирургии

© С.А. КОЛЕСНИКОВ¹, А.И. БЕЖИН², В.В. БУГАЕВ¹, С.Р. БУГАЕВА¹, Е.В. КУНИЦА³

¹ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», НИУ «БелГУ», Белгород, Россия;

²ФГБОУ ВО «Курский государственный медицинский университет» Минздрава России, Курск, Россия;

³ОГБУЗ «Корочанская центральная районная больница», Короча, Белгородская обл., Россия

РЕЗЮМЕ

Цель исследования. Оценка уровня освещенности труднодоступных мест грудной и брюшной полостей традиционными инструментами, разработка и сравнительный анализ эффективности оригинальных осветителей.

Материал и методы. Уровень освещенности определяли люксметром. Показатели регистрировали в следующих труднодоступных местах: правое (над- и подпеченочное), левое поддиафрагмальное пространства, зона пищеводно-желудочного перехода, правый и левый боковые каналы, малый таз, правый реберно-медиастинальный синус. Для освещения традиционными инструментами использовали лампу потолочной фиксации, налобный осветитель, эндоскопический осветитель (оптическая трубка), ретрактор со встроенным световодом. Измерения проводили в условиях операционной хирургического профиля на макете-муляже (3B SCIENTIFIC), а также в условиях секционного зала бюро судебно-медицинской экспертизы (выписка из протокола заседания РЭК №11 от 26.12.22) на 17 свежих, не фиксированных трупах (8 мужского и 9 женского пола, умерших в возрасте от 42 до 67 лет не от заболеваний органов грудной и брюшной полостей: 6 — брахиморфного телосложения, 6 — мезоморфного, 5 — долихоморфного). При этом выполняли правостороннюю боковую торакотомия в пятом межреберье (размером 15—18 см), а также верхне-, средне-, нижнесрединную лапаротомию (размером 20—25 см). Глубина ран варьировала от 10,3 до 29,6 см в зависимости от типа телосложения. В аналогичных условиях измеряли показатели освещенности разработанными оригинальными инструментами со светодиодным покрытием на рабочей части (ретракторы: гибко-упругий, проволочный, для мини-доступа; почечное зеркало, наконечник для аспирации).

Результаты. Наименьшие показатели освещенности труднодоступных мест получены для ламп потолочной фиксации (816,81±163 лк), следующие по значению — у налобного осветителя (11 873,8±112,9 лк). Показатели оригинальных гибко-упругого и проволочного ретракторов (17 316,4±79,4 и 17 224,8±82 лк) сопоставимы с максимальными значениями эндоскопического осветителя (оптической трубки — 17 367,3±18,7 лк) и ретрактора с фиксированным световодом (17 268,1±31,6 лк). По сравнению с последними отмечено незначительное снижение результатов максимальной освещенности для почечного зеркала (16 262,4±80,5 лк) и ретрактора для мини-доступа (15 316,2±81,3 лк). Это связано с меньшим количеством светодиодных элементов на рабочей части, но при дополнительном использовании оригинального наконечника для аспирации показатели увеличиваются, и разница нивелируется. В зонах крайнего отдаления конкретной анатомической области показатели освещенности всех оригинальных ретракторов снижаются незначительно и достоверно превосходят таковые для всех традиционных осветителей. Угол падения светового потока от оригинальных светодиодных инструментов по отношению к оси операционного действия всегда менее 50°, что в сочетании с матовой поверхностью ретракторов исключает зрительный дискомфорт (блики) для оперирующей бригады.

Выводы. Разработанные оригинальные ретракторы со светодиодными осветителями на рабочей части инструментов обеспечивают оптимальную освещенность труднодоступных мест грудной и брюшной полостей, сопоставимую с наилучшими показателями традиционных световодных инструментов и превосходящую таковые для ламп потолочной фиксации и налобного осветителя, сочетают эргономичность и функциональность. Это может качественно улучшить возможность выполнения оперативных вмешательств на органах труднодоступных мест в открытой торакоабдоминальной хирургии.

Ключевые слова: осветитель, люкс, ретрактор, светодиод, инструмент, освещенность, труднодоступный.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:

Колесников С.А. — <https://orcid.org/0000-0002-2449-4493>

Бежин А.И. — <https://orcid.org/0000-0003-3776-9449>

Бугаев В.В. — <https://orcid.org/0000-0002-4100-9541>

Бугаева С.Р. — <https://orcid.org/0000-0002-2358-1835>

Куница Е.В. — <https://orcid.org/0000-0002-4461-953X>

Автор, ответственный за переписку: Колесников С.А. — e-mail: kollesnikov_sa@bsu.edu.ru

КАК ЦИТИРОВАТЬ:

Колесников С.А., Бежин А.И., Бугаев В.В., Бугаева С.Р., Куница Е.В. Технические инновации в освещении труднодоступных мест грудной и брюшной полостей в «открытой» торакоабдоминальной хирургии. *Оперативная хирургия и клиническая анатомия (Пироговский научный журнал)*. 2023;7(2):26–36. <https://doi.org/10.17116/operhirurg2023702126>

Technical innovations in surgery of hard-to-reach places of the thoracic and abdominal cavities

© S.A. KOLESNIKOV¹, A.I. BEZHIN², V.V. BUGAEV¹, S.R. BUGAEVA¹, E.V. KUNITSA³

¹Belgorod National Research University, Belgorod, Russia;

²Kursk State Medical University, Kursk, Russia;

³Korochansky central regional hospital, Korocha, Belgorod region, Russia

ABSTRACT

Objective. To assess the level of illumination of hard-to-reach places of thoracic and abdominal cavities by traditional instruments and to develop and compare the effectiveness of original illuminators.

Material and methods. The level of illumination was determined by a luxmeter. Indicators were registered in the following deflected areas: right (supra- and subhepatic), left subdiaphragmatic spaces, esophageal-gastric transition zone, right and left lateral canals, lesser pelvis, right rib-mediastinal sinus. Traditional instruments were used for illumination: ceiling fixation lamp, head illuminator, endoscopic illuminator (optical tube), retractor with built-in light guide. Measurements were made in the operating room of a surgical profile on a mock-up (3B SCIENTIFIC), and in the sectional hall of the Bureau of forensic medicine (Minutes of the meeting REC, on Dec. 26—22.) on 17 not fixed corpses (8 male and 9 female), died aged 42 to 67 years from diseases of the chest and abdominal cavities affecting pathologies (6 — brachymorphic, 6 — mesomorphic, 5 — dolichomorphic). We performed right lateral thoracotomy at 5 intercostal space (size 15—18 cm) and upper, middle, lower midline laparotomy (size 20—25 cm). Wound depths ranged from 10.3 cm to 29.6 cm, depending on body type. Light values were measured under similar conditions by designed original instruments with LED coating on the working part (retractors: flexible-elastic, wire, for «mini access»; renal mirror, tip for aspiration).

Results. The lowest illumination values of the sloping places were obtained for ceiling-mounted lamps (816.81±163 lux). The next in value is for the headlamp illuminator (11873.8±112.9 lux). The indicators of flexible-elastic and wire retractors with LED illuminators (17316.4±79.4 lux and 17224.8±82 lux) are comparable with the maximum values of an endoscopic illuminator (optical tube) (17367.3±18.7 lux) and a retractor with a fixed light guide (17268.1±31.6 lux). In comparison with the previous one there was a slight decrease in the results of maximum illumination for the renal mirror (16262.4±80.5 lux) and the retractor for mini access (15316.2±81.3 lux). This is due to the smaller number of LED elements on the working part, but when using the original tip for aspiration, the indicators increase and the difference is leveled. In the zones of extreme remoteness of a specific anatomical area, the illumination indicators of all original retractors decrease slightly and significantly exceed those for traditional illuminators. The angle of incidence of the light flux from the original instruments in relation to the axis of operation is always less than 50 °, which, in combination with the matte surface of the retractors, eliminates visual discomfort (glare) for the operating team.

Conclusion. The developed original retractors with LED illuminators on the working part of the instruments provide optimal illumination of the thoracic and abdominal cavities, comparable to the best indicators of traditional light-guided instruments and surpassing those of ceiling lamps and head illuminators; they combine ergonomics and functionality that can qualitatively improve the ability to perform surgical interventions on the organs of the hollow spaces in open thoraco-abdominal surgery.

Keywords: illuminator, lux, retractor, LED, instrument, illumination, hard to reach.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

Kolesnikov S.A. — <https://orcid.org/0000-0002-2449-4493>

Bezhin A.I. — <https://orcid.org/0000-0003-3776-9449>

Bugaev V.V. — <https://orcid.org/0000-0002-4100-9541>

Bugaeva S.R. — <https://orcid.org/0000-0002-2358-1835>

Kunitsa E.V. — <https://orcid.org/0000-0002-4461-953X>

Corresponding author: Kolesnikov S.A. — e-mail: kolesnikov_sa@bsu.edu.ru

TO CITE THIS ARTICLE:

Kolesnikov SA, Bezhin AI, Bugaev VV, Bugaeva SR, Kunitsa EV. Technical innovations in surgery of hard-to-reach places of the thoracic and abdominal cavities. *Russian Journal of Operative Surgery and Clinical Anatomy = Operativnaya khirurgiya i klinicheskaya anatomiya (Pirogovskii nauchnyi zhurnal)*. 2023;7(2):26–36. (In Russ.). <https://doi.org/10.17116/operhirurg2023702126>

Введение

Основным требованием для успешного выполнения оперативного вмешательства в торакоабдоминальной хирургии является достаточный обзор операционного поля, который зависит от параметров и освещенности раны [1–3]. Бестеневые лампы потолочной фиксации не полностью обеспечивают достаточную освещенность труднодоступных мест грудной и брюшной полостей, с большой глубиной в ограниченном пространстве, что затрудняет хирургические манипуляции и требует частой коррекции светового потока [3]. Это отвлекает опери-

рующую бригаду, увеличивает временные затраты и негативно влияет на морально-психологический микроклимат в операционной. К труднодоступным местам относятся поддиафрагмальные пространства (правое, левое и центральное), боковые каналы, малый таз, реберно-диафрагмальные и диафрагмальные синусы. Налобные осветители громоздки, приносят технические затруднения оперирующему хирургу, требуют постоянной фокусировки для правильного направления светового потока, а при «неаккуратных» движениях могут вызывать зрительный дискомфорт [3, 4].

Этих недостатков лишены эндоскопические осветительные инструменты, но им присущи другие отрицательные качества: громоздкость, яркий световой поток в малом размере освещенной зоны (диаметром 5–6 см), подверженность механическим повреждениям, необходимость периодической очистки от загрязнений во время операции с последующим восстановлением положения [5].

Успех тораколапароскопической хирургии впечатляет, тем не менее удельный вес «открытых» оперативных вмешательств на органах брюшной и грудной полостей остается высоким, особенно в ургентных условиях общехирургических стационаров городского и районного звена [6, 7]. Для дополнительного освещения труднодоступных мест предложены ретракторы с фиксированным стеклянным устройством для волоконно-оптической передачи светового потока [8]. Они также имеют веские недостатки: низкая устойчивость к механическим повреждениям, малая площадь яркого освещения, необходимость периодического извлечения для очистки во время оперативного вмешательства [7, 9].

В настоящее время в хирургической практике все большее применение находят светодиодные осветители. В большинстве своем они представлены бесшумными потолочными и передвижными лампами, а также налобными осветителями.

В доступных отечественных и зарубежных источниках литературы мы не нашли информации о параметрах освещенности труднодоступных мест грудной и брюшной полостей; возможно, такие исследования не выполнялись. Исходя из этого, нами сформулирована рабочая гипотеза, согласно которой светодиодные источники, помещенные в герметичную силиконовую капсулу, фиксированную к рабочей части хирургического инструмента, позволят обеспечить достаточную освещенность операционного поля в сочетании с биологической инертностью и механической безопасностью.

Цель исследования — оценка уровня освещенности труднодоступных мест грудной и брюшной полостей традиционными инструментами, разработка и сравнительный анализ эффективности оригинальных, светодиодных осветителей.

Материал и методы

Уровень освещенности определяли люксметром (testo 540; **рис. 1**). Для бесшумных ламп потолочной фиксации (ЭМАЛЕД 300/300 и 500/500; галогеновая, холодного света, 42 источника) максимальные показатели фиксировали в точках наилучшего освещения, т.е. на расстоянии 117 см от источника. Для налобного осветителя (Rudolf Riecter ti-focus LED) — 50–60 см, а для всех остальных традиционных световодных инструментов (**рис. 2**) и оригинальных ретракторов — 7 см. Минимальные результаты



Рис. 1. Устройство для измерения освещенности (люксметр).

Fig. 1. Device for measuring illumination (luxmeter).

регистрировали в зонах крайнего удаления в латеральных направлениях конкретной анатомической области, т.е. 5–7 см.

Измерения проводили в условиях операционной хирургического профиля на макете-муляже (3B SCIENTIFIC), а также в условиях секционного зала бюро судебно-медицинской экспертизы (выписка из протокола заседания РЭК №11 от 26.12.2022 г.) на 17 свежих, не фиксированных трупах (8 мужского и 9 женского пола, умерших в возрасте от 42 до 67 лет не от заболеваний органов грудной и брюшной полостей: 6 — брахиморфного телосложения, 6 — мезоморфного, 5 — долихоморфного) [10]. Измерения осуществляли в поддиафрагмальных пространствах: левом, правом (надпеченочном, подпеченочном) и центральном (в зоне пищеводного отверстия диафрагмы); в правом и левом боковых каналах; в малом тазе; в заднем правом реберно-медиастинальном синусе. Для доступа к поддиафрагмальным пространствам выполняли верхнесрединную лапаротомию, для боковых каналов — среднесрединную, для малого таза — нижнесрединную, длиной 20–25 см, с установкой ранорасширителя Киршнера. Для доступа к заднему реберно-медиастинальному синусу выполняли правостороннюю боковую торакотомия в пятом межреберье (15–20 см) с установкой ранорасширителя Финочетто—Бурфорда. Глубина ран варьировала



Рис. 2. «Традиционные» осветители.

а — бестеневая лампа потолочной фиксации; б — налобный осветитель; в — эндоскопический осветитель (оптическая трубка); г — медиастинальный ретрактор с фиксированным световодом.

Fig. 2. «Traditional» illuminators.

a — a shadowless ceiling fixing lamp; b — a headlamp illuminator; c — an endoscopic illuminator (optical tube); d — a mediastinal retractor with a fixed light guide.

в зависимости от типа телосложения (табл. 1). Все исследования проводили в одинаковых условиях. Исследования осуществляли в дневное время, при естественном и стандартном искусственном освещении.

В этих же условиях определяли показатели освещенности труднодоступных мест с дополнительным использованием налобного осветителя, эндоскопического осветителя (оптической трубки GIMMI AlphaScope II) и ретрактора с фиксированным световодом (Maximed; 220×16 мм) от осветителя (Karl Storz Halogen 750W).

«Стандартом» освещенности операционного поля принят показатель бестеневой лампы потолочной фиксации, расположенной под углом 90° к горизонтальной плоскости муляжа на расстоянии 117 см, что составляет 17 523 лк.

С целью преодоления недостатков традиционных осветительных устройств и инструментов мы разработали ретракторы со светодиодными осветителями на рабочей части и в аналогичных условиях определяли их показатели освещенности труднодоступных мест:

1) ретрактор со светодиодным осветителем на рабочей гибко-упругой части инструмента (прототип зер-

кала Микулича—Радецкого; патент РФ №205813) [11], который состоит из рукоятки и рабочей части размером 18×6,5 см, расположенной под углом 115°. Последняя в виде изогнутой, матовой, антибликовой металлической пластины, на передненижней поверхности которой фиксирована силиконовая капсула с тремя светодиодными лентами с 24 источниками излучения, которая соединена с источником питания мягким двужильным электрическим проводом (рис. 3).

2) проволочный ретрактор (прототип легочного зеркала Эллисона; патент РФ №193407) [12] включает рабочую поверхность размером 19×8 см, выполненную из нержавеющей стали в виде сетки, соединенной с рукояткой под углом 125°. На передненижней поверхности рабочей части закреплены 3 силиконовые капсулы с тремя светодиодными лентами с 21 источником излучения (рис. 4).

3) почечное зеркало (прототип лопатки Федорова; патент РФ №193410) [13] включает рабочую часть из нержавеющей (медицинской) стали в виде изогнутой лопатки размером 13×4 см, жестко фиксированную к рукоятке под углом 115°, на которой металлическими скобами закреплен электрический

Таблица 1. Антропометрические показатели исследуемого анатомического материала

Table 1. Anthropometric indicators of the anatomical material under study

Место измерения освещенности	Тип телосложения (число тел)	Средняя глубина раны, см ($M \pm m$)
Подпеченочное пространство	Долихоморфное (5)	16,6±0,4
	Мезоморфное (6)	20,3±0,3
	Брахиморфное (6)	24±0,3
Надпеченочное пространство	Долихоморфное (5)	23,2±0,2
	Мезоморфное (6)	26±0,2
	Брахиморфное (6)	28,8±0,2
Левое поддиафрагмальное пространство	Долихоморфное (5)	23±0,25
	Мезоморфное (6)	25,8±0,2
	Брахиморфное (6)	28,7± 0,2
Зона пищеводного отверстия диафрагмы	Долихоморфное (5)	16,4±0,3
	Мезоморфное (6)	20,7±0,3
	Брахиморфное (6)	24,2±0,3
Правый боковой канал	Долихоморфное (5)	11,8±0,4
	Мезоморфное (6)	16,3±0,3
	Брахиморфное (6)	20,3±0,4
Левый боковой канал	Долихоморфное (5)	11,8±0,4
	Мезоморфное (6)	16,3±0,3
	Брахиморфное (6)	20,3±0,4
Малый таз	Долихоморфное (5)	21,2±0,2
	Мезоморфное (6)	23,8±0,2
	Брахиморфное (6)	26±0,2
Задний реберно-медиастинальный синус	Долихоморфное (5)	21±0,2
	Мезоморфное (6)	24,1±0,2
	Брахиморфное (6)	26,7±0,3

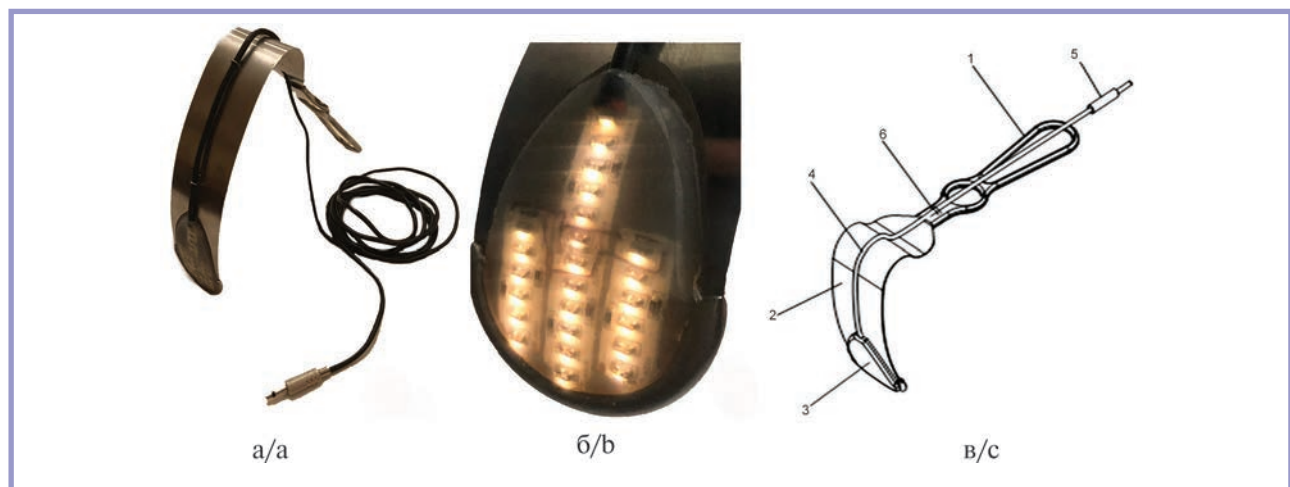


Рис. 3. Ретрактор со светодиодным осветителем на гибко-упругой рабочей части инструмента.

а — общий вид; б — рабочая часть; в — чертеж.

Fig. 3. A retractor with an LED illuminator on the flexible-elastic working part of the instrument.

а — general view; б — working part; в — drawing.

провод. На всей передней поверхности лопатки закреплена светодиодная лента с 18 источниками излучения (рис. 5).

4) ретрактор для оперативных вмешательств на органах брюшной полости из мини-доступа (патент РФ №193406) [14]. На рукоятке с перфорационными отверстиями фиксирован скобами электрический провод со штекером на свободном конце,

а на закрепленном фиксирована светодиодная лента с 15 источниками излучения, расположенная на всей передней поверхности лопатки размером 9×3,5 см. Угол рабочей части по отношению к рукоятке меняется путем отвинчивания бокового болта (рис. 6).

5) наконечник для аспирации (прототип наконечника аспирационного Янкауэра; патент РФ №191394) [15] состоит из полого корпуса размером



Рис. 4. Проволочный ретрактор.

а — общий вид; б — рабочая часть.

Fig. 4. Wire retractor.

a — general view; b — working part.



Рис. 5. Почечное зеркало.

а — общий вид; б — рабочая часть.

Fig. 5. Renal mirror.

a — general view; b — working part.

19,5×2,5 см и аспирационной трубки. На передней поверхности корпуса фиксирована светодиодная лента с 18 источниками излучения (рис. 7).

Все описанные оригинальные инструменты подключаются штекером к двухамперному блоку питания с трансформатором и резистором. Блок питания содержит индикатор выходного напряжения и шнур для подключения к сети питания переменного тока 220 V (рис. 8).

Проведены измерения оси операционного действия (по А. Ю. Созон-Ярошевичу) и падения светового потока во всех труднодоступных местах брюшной полости для выявления угла их пересече-

ния [4, 16—18]. Остальные критерии операционного доступа не входили в задачи исследования.

Статистическую обработку полученных данных осуществляли в программе Microsoft Excel 2019 г. Проводили вычисления среднего арифметического (M), среднего квадратичного отклонения (σ ; как промежуточное вычисление), средней ошибки среднего арифметического (m). Ввиду небольших размеров выборки в группах, допустимых для экспериментальных медико-биологических исследований, для определения уровня статистической значимости нами использовали непараметрический критерий достоверности Манна—Уитни.



Рис. 6. Ретрактор для оперативных вмешательств из мини доступа.

a — общий вид; б — рабочая часть.

Fig. 6. Retractor for surgical interventions from mini access.

a — general view; b — working part.

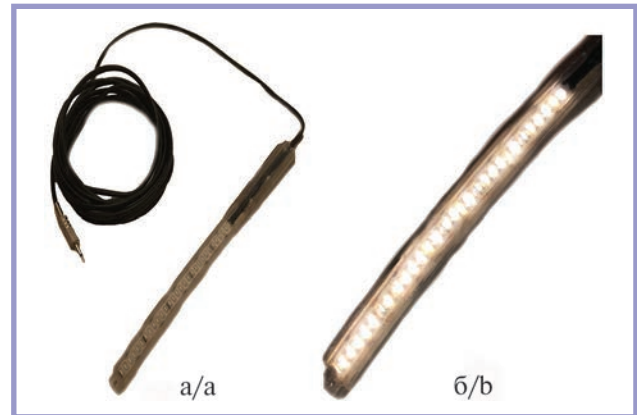


Рис. 8. Наконечник для аспирации.

a — общий вид; б — рабочая часть.

Fig. 8. The tip for aspiration.

a — general view; b — working part.



Рис. 7. Блок питания.

a — общий вид; б — с инструментом (включен).

Fig. 7. Power supply.

a — general view; b — with the tool (included).

Результаты

Лампы потолочной фиксации обеспечивают среднюю освещенность труднодоступных мест грудной и брюшной полостей в следующих значениях: в точках непосредственно под инструментом (далее — первая зона) $816,81 \pm 163$ лк, у латеральных границ анатомической области (далее — вторая зона) — $578,2 \pm 120,3$ лк. Для налобного осветителя отмечены следующие средние результаты в аналогичных местах измерений: $11\,873,8 \pm 112,9$ и $3273,6 \pm 31,5$ лк. Параметры средней освещенности оптической трубкой и ретрактором с фиксированным световодом в первой зоне — $17\,367,3 \pm 18,7$ и $17\,268,1 \pm 31,6$ лк, во второй — $6655,2 \pm 86,7$ и $6719,4 \pm 14,8$ лк (табл. 2).

Средние показатели освещенности труднодоступных мест с помощью гибко-упругого и проволочно-

го ретракторов в первой зоне составили $17316,4 \pm 79,4$ и $17224,8 \pm 82$ лк, во второй — $11817,5 \pm 48,4$ и $11883,9 \pm 59,1$ лк. Почечное зеркало и ретрактор для «мини-доступа» дали следующие результаты: в первой зоне $16\,262,4 \pm 80,5$ и $15\,316,2 \pm 81,3$ лк, во второй — $11\,059,9 \pm 54,8$ и $10\,077,8 \pm 58$ лк (табл. 3).

Результаты измерений освещенности наконечником для аспирации со светодиодным покрытием на рабочей части идентичны с показателями почечного зеркала, так как количество светодиодных элементов одинаковое (18). В комбинации наконечника для аспирации со всеми оригинальными ретракторами показатели освещенности увеличивались в точках наилучшего освещения на 3310 лк, а в зонах крайнего отдаления — на 1197,4 лк ($p < 0,01$).

Таблица 2. Средние показатели освещенности труднодоступных мест грудной и брюшной полостей традиционными осветителями, лк (M±m)
Table 2. Average illumination indicators of hard-to-reach areas of the thoracic and abdominal cavities with traditional illuminators, lc (M±m)

Место измерения	Лампа потолочной фиксации			Налобный осветитель			Оптическая трубка			Ретрактор с фиксированным световодом		
	Зона 1	Зона 2	Зона 3	Зона 1	Зона 2	Зона 3	Зона 1	Зона 2	Зона 3	Зона 1	Зона 2	Зона 3
Подпеченочное пространство	1266,6±11,6*	922,8±8,4*	12303,8±27,3*	3381,6±7,8*	17302,4±23,3	6545,5±15,5*	17236,5±31,4	6773,3±26*	17236,5±31,4	6773,3±26*	17236,5±31,4	6773,3±26*
Надпеченочное пространство	684,1±15,9*	472,35±9,2*	11642,6±14,7*	3203,7±6,6*	17379,9±30,1	6636,2±12,6*	17247,6±27,5	6681,1±12,9*	17247,6±27,5	6681,1±12,9*	17247,6±27,5	6681,1±12,9*
Левое поддиафрагмальное пространство	623,76±8,4*	407,12±8,5*	11627,5±15,5*	3197±6,4*	17296,7±32,3	6843,9±6,4*	17167,8±31,5	6755,8±12,8*	17167,8±31,5	6755,8±12,8*	17167,8±31,5	6755,8±12,8*
Зона пищевода отверстия диафрагмы	807,2±10,9*	544,71±7,8*	11696±14,5*	3207,9±6,3*	17336,2±29,7	6627,5±14,7*	17215,7±33,3	6667,5±11,4*	17215,7±33,3	6667,5±11,4*	17215,7±33,3	6667,5±11,4*
Правый боковой канал	1292,4±16,3*	938,41±6,2*	12267,6±26,9*	3396,5±7,8*	17421,5±34	6595,5±15,1*	17313,5±34	6706,5±6,9*	17313,5±34	6706,5±6,9*	17313,5±34	6706,5±6,9*
Левый боковой канал	1304,4±15,1*	941,05±6*	12027,1±30,8*	3318,4±8,1*	17410,1±27,3	6665,9±12,4*	17236,8±24	6702,1±12,3*	17236,8±24	6702,1±12,3*	17236,8±24	6702,1±12,3*
Малый таз	268,1±4,6*	189,0±1,7*	11533,3±31,4*	3204,5±7,9*	17380,4±32,8	6662,2±13,5*	17445,3±25,7	6761,7±12,2*	17445,3±25,7	6761,7±12,2*	17445,3±25,7	6761,7±12,2*
Задний реберно-медиастинальный синус	287,9±2,2*	209,9±1,6*	11892,7±27,3*	3279,2±7,5*	17411,3±31,5	6664,7±14,8*	17281,9±33,2	6707,5±9,2*	17281,9±33,2	6707,5±9,2*	17281,9±33,2	6707,5±9,2*

Примечание. 1 — достоверность различий в сравнении с оригинальными инструментами (p<0,01); 2 — достоверность различий с гибко-упругим и проволочным ретракторами (p>0,05); * — достоверность.

Таблица 3. Показатели освещенности труднодоступных мест грудной и брюшной полостей оригинальными ретракторами со световодными осветителями, лк (M±m)
Table 3. Illumination indicators of hard-to-reach areas of the thoracic and abdominal cavities with original retractors with LED illuminators, lc (M±m)

Место измерения	Гибко-упругий ретрактор			Проволочный ретрактор			Почечное зеркало			Ретрактор для «мини доступа»		
	Зона 1	Зона 2	Зона 3	Зона 1	Зона 2	Зона 3	Зона 1	Зона 2	Зона 3	Зона 1	Зона 2	Зона 3
Подпеченочное пространство	17701,2±39,2	12077,9±15,5*	17524,1±33,5	12160,9±13,5*	16656,1±28,2*	11290,8±12,9*	10364,3±28,1*	9984,9±14,5*	10364,3±28,1*	9984,9±14,5*	10364,3±28,1*	9984,9±14,5*
Надпеченочное пространство	17203,6±57,7	11726,5±13,7*	17070,2±62,8	11789,6±14,6*	16107,7±27,5*	10984,6±11,5*	15195±30,5*	9984,9±15,3*	15195±30,5*	9984,9±15,3*	15195±30,5*	9984,9±15,3*
Левое поддиафрагмальное пространство	17147,6±47,9	11747,5±14,8*	17057,8±34,6	11718,3±15,1*	16109,3±23,8*	10895,1±14,3*	15167,0±31,8*	9972±15*	15167,0±31,8*	9972±15*	15167,0±31,8*	9972±15*
Зона пищевода отверстия диафрагмы	17149,1±60	11687,4±16,5*	16986,2±51,2	11781,1±14,3*	16200,3±32,5*	11001,2±13,5*	15236,1±26,6*	10022,9±14,3*	15236,1±26,6*	10022,9±14,3*	15236,1±26,6*	10022,9±14,3*
Правый боковой канал	17502,7±17,7	11912±13,4*	17379,4±15,5	12020±14*	16448,6±24,6*	11180,5±17,6*	15504,8±28,9*	10212,4±13*	15504,8±28,9*	10212,4±13*	15504,8±28,9*	10212,4±13*
Левый боковой канал	17442,5±21,7	11848,2±15*	17303,7±18,9	11959,1±14,7*	16347,8±37,9*	11174,3±19,4*	15304,6±11,6*	10099,3±15,8*	15304,6±11,6*	10099,3±15,8*	15304,6±11,6*	10099,3±15,8*
Малый таз	17122,3±57,1	11735,8±12,3*	17014,1±82,1	11730,6±12,7*	16000,8±32,4*	10886,9±14,9*	15036,1±30,6*	9875,5±11,5*	15036,1±30,6*	9875,5±11,5*	15036,1±30,6*	9875,5±11,5*
Задний реберно-медиастинальный синус	17262,4±47,8	11804,7±13,6*	17463,2±56	11861,6±14*	16228,7±30,9*	11066,3±13,4*	15365,7±32,5*	10091,3±16,4*	15365,7±32,5*	10091,3±16,4*	15365,7±32,5*	10091,3±16,4*

Примечание. 3 — достоверность различий световодных инструментов в сравнении с почечным зеркалом и ретрактором для мини-доступа (p<0,01); 4 — в сравнении со световодными осветителями, достоверности различий не выявлено (p>0,05); 5 — в зонах крайнего отдаления показатели достоверно выше (p<0,01); * — достоверность.

Таблица 4. Угол между осями операционного действия и падения светового потока

Table 4. Angle between the axes of the surgical action and the incidence of the luminous flux

Место измерения	Угол между осями операционного действия и падения светового потока, ° ($M \pm m$)
Подпеченочное пространство	17,5±1,3
Надпеченочное пространство	37,5±0,8
Левое поддиафрагмальное пространство	45,5±0,6
Центральное поддиафрагмальное пространство	49,3±1,1
Правый боковой канал	24,9±0,8
Левый боковой канал	46±1,7
Малый таз	26,6±1,2

Для исключения вероятного зрительного дискомфорта при попадании прямого светового потока в обзор хирурга, создаваемого оригинальными ретракторами, измеряли угол между осями операционного действия и падения светового потока. Во всех случаях, во всех труднодоступных местах грудной и брюшной полостей, для всех инструментов, кроме наконечника для аспирации, определяемый показатель был менее 50° (табл. 4).

При сопоставлении результатов измерений освещенности в труднодоступных местах брюшной полости лампами потолочной фиксации и налобным осветителем в сравнении с оригинальными ретракторами установлены достоверные различия ($p < 0,01$). Показатели для эндоскопического осветителя (оптической трубки) и ретрактора с фиксированным световодом достоверно различались ($p < 0,01$) только в сравнении с почечным зеркалом и ретрактором для мини-доступа. Для гибко-упругого и проволочного ретракторов в сравнении со световодными осветителями достоверных различий не выявлено ($p > 0,05$), а в зонах крайнего отдаления показатели освещенности оригинальными ретракторами со светодиодными элементами были достоверно выше ($p < 0,01$).

Обсуждение

Наименьшие показатели освещенности труднодоступных мест получены для ламп потолочной фиксации, а их снижение между зоной 1 (точками наилучшего освещения) и зоной 2 (точками крайнего отдаления) были достоверными и составили 29,2%. Следующие по значению показатели зафиксированы для налобного осветителя с достоверным снижением в аналогичных точках измерений на 72,4%.

Наибольшие средние показатели максимальной освещенности во всех областях исследования установлены у эндоскопического осветителя (оптической трубки) и ретрактора с фиксированным световодом, но в латеральных границах анатомических областей отмечено достоверное снижение показателей на 61,7 и 61,1% соответственно.

Оригинальные, гибко-упругий и проволочный ретракторы обеспечивают среднюю освещенность

труднодоступных мест, сопоставимую с наилучшими показателями световодных инструментов, а в точках крайнего отдаления снижение средних показателей оказалось незначительным (на 31,7 и 31,0% соответственно).

Меньшие показатели максимальной освещенности установлены для почечного зеркала и ретрактора для мини-доступа, с их достоверным снижением по мере удаления к латеральным границам анатомических областей на 32,0 и 34,2%. Это связано с малым количеством светодиодных элементов (18 и 15) на рабочей части. При дополнительном использовании осветительного наконечника для аспирации показатели увеличиваются, и разница со световодными инструментами нивелируется.

Углы пересечения между осями операционного действия и падения светового потока во всех труднодоступных местах брюшной полости для оригинальных ретракторов со светодиодными элементами составили менее 50°, что исключает вероятность попадания прямого светового потока в обзор хирурга.

Кроме того, оригинальные ретракторы и наконечник для аспирации со светодиодными осветителями могут быть подвергнуты всем традиционным методам стерилизации (термическим, химическим, лучевой) без потери рабочих качеств. Следующим достоинством оригинальных инструментов является устойчивость к случайным механическим повреждениям, так как осветительные (светодиодные) элементы помещены в прочную эластическую силиконовую капсулу, а ее очистка по ходу операции от неизбежных загрязнений осуществляется путем простого протирания и не требует извлечения из операционной раны.

Выводы

1. Бестеневые лампы потолочной фиксации и налобные осветители не обеспечивают достаточную освещенность труднодоступных мест грудной и брюшной полостей ($816,8 \pm 353,2$ и $11873,8 \pm 249$ лк). Эндоскопические осветители (оптические трубки) и ретракторы с фиксированным световодом пред-

ставляют наилучшую освещенность на ограниченном участке падения светового потока диаметром 5–6 см ($17\,367,3 \pm 41,7$ и $17\,268,1 \pm 59,1$ лк) с прогрессивным снижением показателей по мере удаления в латеральном направлении ($6655,2 \pm 54$ и $6719,4 \pm 33,1$ лк).

2. Разработанные оригинальные ретракторы со светодиодными осветителями на рабочей части обладают показателями, сопоставимыми с максимальными значениями световодных инструментов ($17\,316,4 \pm 174,3$ и $17\,224,8 \pm 192,7$ лк), с незначительным их снижением по мере отдаления ($11\,817,5 \pm 96,4$ и $11\,883,9 \pm 134,1$ лк), что свидетельствует о равномерной освещенности труднодоступных мест.

3. Предложенные нами ретракторы органично сочетают функциональность и эргономичность, т.е. объединяют функцию ретрактора с оптимальным освещением труднодоступных мест брюшной и грудной полостей, имеют эстетичный вид, не громоздкие, удобные в использовании, не вызывают попадания прямого светового потока в обзор хирурга, имеют матовую поверхность, что исключает зрительный дискомфорт (блики), легко поддаются ремонту, менее затратные в изготовлении.

4. Для оперативных вмешательств в труднодоступных местах брюшной и грудной полостей при глубине раны 20–30 см целесообразно применять ретрактор со светодиодным осветителем на рабочей гибко-упругой части инструмента или про-

волочный ретрактор при глубине раны 15–20 см — почечное зеркало с осветителем, а при глубине раны менее 15 см — осветительный ретрактор для минидоступа. В качестве дополнительного источника освещения может быть рекомендован оригинальный светодиодный наконечник для аспирации.

Участие авторов:

Концепция и дизайн исследования — С.А. Колесников, В. В., Бугаев

Сбор и обработка материала — С.Р. Бугаева, В.В. Бугаев, Е.В. Куница

Статистическая обработка — С.Р. Бугаева

Написание текста — С.А. Колесников, В. В. Бугаев, С.Р. Бугаева

Редактирование — А.И. Бежин

Participations of authors:

Concept and design of the study — S.A. Kolesnikov, V.V. Bugaev

Data collection and processing — S.R. Bugaeva,

V.V. Bugaev, E.V. Kunitsa

Statistical processing of the data — S.R. Bugaeva

Text writing — S.A. Kolesnikov, V.V. Bugaev,

S.R. Bugaeva

Editing — A.I. Bezhin

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interest.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

- Wang H, Cuijpers R.H, Luo MR, Heynderickx I, Zheng Z. Optimal illumination for local contrast enhancement based on the human visual system. *J Biomed Opt.* 2015;20(1):015005-1-015005-8. <https://doi.org/10.1117/1.jbo.20.1.015005>
- Kurabuchi Y, Nakano K, Ohnishi T, Naka-guchi T, Hauta-Kasari M, Haneishi H. Optimization of surgical illuminant spectra for organ microstructure visualization. *IEEE Access.* 2019;7:70733-70741. <https://doi.org/10.1109/access.2019.2919451>
- Curlin J, Herman CK. Current State of Surgical Lighting. *Surg J (NY).* 2020;6(2):87-97. <https://doi.org/10.1055/s-0040-1710529>
- Капцов В.А., Дейнего В.Н., Уласюк В.Н. Энергетический потенциал митохондрий в условиях светодиодного освещения и риски заболевания глаз. *Анализ риска здоровью.* 2019;2:175-184. Kaptsov VA, Deinego VN, Ulasyuk VN. Energy potential of mitochondria under led lighting and risks of eyes diseases. *Analiz riska zdorov'yu.* 2019;2:175-184. (In Russ.). <https://doi.org/10.21668/health.risk/2019.2.19.eng>
- Тургунов Е.М., Нурбеков А.А., Алибеков А.Е., Балыкбаева А.М. *Хирургический инструментарий*: Учебное пособие. Караганда: Карагандинский государственный медицинский университет; 2017. Turgunov EM, Nurbekov AA, Alibekov AE, Balykbaeva AM. *Hirurgicheskij instrumentarij*: Uchebnoe posobie. Karaganda: Karagandinskij Gosudarstvennyj Medicinskij Universitet; 2017. (In Russ.).
- Черноусов А.Ф., Богопольский П.М., Курбанов Ф.С. *Хирургия нищевода*: Руководство для врачей. М.: Медицина; 2000. Chernousov AF, Bogopol'skij PM, Kurbanov FS. *Khirurgiya pishchevoda*: Rukovodstvo dlya vrachei. M.: Meditsina; 2000. (In Russ.).
- Федоров А.В., Оловянный В.Е. Лапароскопическая хирургия в регионах России: проблемы и пути развития. *Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова.* 2011;6:4-10. Fedorov AV, Oloviannyi VE. Laparoscopic surgery in regions: problems and ways of development. *Khirurgiya. Zhurnal im. N.I. Pirogova.* 2011;6:4-10. (In Russ.). <https://www.mediasphera.ru/issues/khirurgiya-zhurnal-im-n-i-pirogova/2011/6/030023-1207201161>
- Arshava EV, Arshava AE, Keech JC, Weigel RJ, Parekh KR. Illuminated Transhiatal Retractor for Mediastinal Dissection During Transhiatal Esophagectomy. *Ann Thorac Surg.* 2020;109(1):67-69. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2019.07.076>
- Атрощенко А.О., Хатьков И.Е., Барсуков Ю.А. Основные этапы развития лапароскопической хирургии в онкологической колопроктологии. *Вестник РОНЦ им. Н.Н. Блохина РАМН.* 2012;23(1). Ссылка активна на 07.05.22. Atroschenko AO, Hat'kov IE, Barsukov YuA. Osnovnye etapy razvitiya laparoskopicheskoy hirurgii v onkologicheskoy koloproktologii. *Vestnik RONC im. N.N. Blohina RAMN.* 2012;23(1). Ssylka aktivna na 07.05.22. (In Russ.). <https://www.ronc.ru/upload/iblock/268/2683be66bdd9d7edbf51fca9ef18d4e7.pdf>
- Дыдыкин С.С., Заднипрятый И.В., Третьякова О.С. AQUA — anatomical quality assurance (обеспечение качества в анатомических исследованиях): обзор опыта иностранных коллег. *Оперативная хирургия и клиническая анатомия (Пироговский научный журнал).* 2017;1:14-19. Dydikin SS, Zadnipryatny IV, Tretyakova OS. AQUA (anatomical quality assurance): A review of the experience of foreign colleagues Russian *Operativnaya khirurgiya i klinicheskaya anatomiya (Pirogovskii nauchnyi zhurnal).* 2017;1:14-19. (In Russ.).

11. Колесников С.А., Бугаева С.Р., Бугаев В.В., Чайкин Р.С. *Ретрактор со светодиодным осветителем на рабочей гибко-упругой части инструмента*. Патент на изобретение №205813/11.08.2021 Бюл. №23.
12. Патент РФ на изобретение №193407/ 28.10.2019 Бюл. №31. Колесников С.А., Бессмертный А.С., Ксенофонтов А.О., Безжин А.И., Милютин Е.В. Проволочный ретрактор. Kolesnikov SA, Bessmertnyj AS, Ksenofontov AO, Bezhin AI, Milyutina EV. *Provolochnyj retraktor*. Patent RF na izobretenie №193407/28.10.2019 Vyul. №31. (In Russ.).
13. Колесников С.А., Бессмертный А. С., Ксенофонтов А. О., Безжин А. И., Горелик С.Г. *Почечное зеркало*. Патент РФ на изобретение №193410/ 28.10.2019 Бюл. №31. Kolesnikov SA, Bessmertnyj AS, Ksenofontov AO, Bezhin AI, Gorelik SG. *Pochechnoe zerkalo*. Patent RF na izobretenie №193410/28.10.2019 Vyul. №31. (In Russ.).
14. Колесников С.А., Бессмертный А. С., Ксенофонтов А. О., Безжин А.И., Горелик С.Г. Ретрактор для оперативных вмешательств на органах брюшной полости из мини доступа. Патент РФ на изобретение №193406/28.10.2019 Бюл. №31. Kolesnikov SA, Bessmertnyj AS, Ksenofontov AO, Bezhin AI, Gorelik SG. *Retraktor dlya operativnyh vmeshatel'stv na organanah bryushnoj polosti iz mini dostupa*. Patent RF na izobretenie №193406/28.10.2019 Vyul. №31. (In Russ.).
15. Колесников С.А., Бессмертный А.С., Ксенофонтов А.О., Безжин А.И., Милютин Е.В. *Наконечник для аспирации*. Патент РФ на изобретение №191394/05.08.2019 Бюл. №22. Kolesnikov SA, Bessmertnyj AS, Ksenofontov AO, Bezhin AI, Milyutina EV. *Nakonechnik dlya aspiracii*. Patent RF na izobretenie №191394/05.08.2019 Vyul. №22. (In Russ.).
16. Созон-Ярошевич А.Ю. *Анатомо-хирургическое обоснование хирургических доступов к внутренним органам*. Л.: Медгиз; 1954. Sozon-Yaroshevich AYU. *Anatomo-khirurgicheskoe obosnovanie khirurgicheskikh dostupov k vnutrennim organam* [Anatomical and surgical rationale of surgical approaches to visceral organs]. L.: Medgiz; 1954. (in Russ.).
17. Амарантов Д.Г., Федорова Н.А. Разработка способа адаптации размеров лапаротомии к топографо-анатомическим параметрам живота больных тонкокишечной непроходимостью. *Альманах клинической медицины*. 2015;40:121-125. Amaratov DG, Fedorova NA. Development of a method for adapting the size of laparotomy to topographic-anatomical parameters of the abdomen of patients with small bowel obstruction. *Al'manakh klinicheskoi meditsiny*. 2015;40:121-125 (In Russ.). <https://doi.org/10.18786/2072-0505-2015-40-121-125>
18. Амарантов Д.Г., Заривчацкий М.Ф., Альхамидх А.А., Горст Н.Х., Железнички О.В., Журавлев О.С. Гендерные особенности живота, определяющие глубину операционной раны при абдоминальных операциях. *Пермский медицинский журнал*. 2019;36(5):11-20. Amaratov DG, Zarivchatsky MF, Alkhamaidh AA, Gorst NK, Zhelezničkih OV, Zhuravlev OS. Gender abdominal features, determining depth of incisional wound in abdominal surgeries. *Permskii meditsinskij zhurnal*. 2019;36(5):11-20. (In Russ.). <https://doi.org/10.17816/pmj36511-20>

Поступила 26.09.2022

Received 26.09.2022

Принята к печати 27.10.2022

Accepted 27.10.2022