

© Коллектив авторов, 2017  
УДК 616.24-089.87:617.542-072.1:628.9.037

В. Г. Пищик<sup>1, 2</sup>, А. И. Коваленко<sup>2</sup>, Е. И. Зинченко<sup>1, 2</sup>, А. Д. Оборнев<sup>1, 2</sup>

## ПЕРВЫЙ ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ФЛЮОРЕСЦЕНЦИИ С ИНДОЦИАНИНОМ ЗЕЛЁНЫМ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СЕГМЕНТАРНЫХ ГРАНИЦ ПРИ ТОРАКОСКОПИЧЕСКИХ СЕГМЕНТЭКТОМИЯХ

<sup>1</sup> Клиническая больница № 122 Федерального медико-биологического агентства РФ (главврач — проф. Я. А. Накатис), Санкт-Петербург; <sup>2</sup> медицинский факультет Санкт-Петербургского государственного университета (декан — проф. П. К. Яблонский)

**ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ.** Оценка первого европейского опыта флуоресцентной торакоскопии с индоцианином зеленым в спектре света, приближенного к инфракрасному, при торакоскопических сегментэктомиях. **МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ.** В течение 2016 г. выполнены 21 торакоскопическая сегментэктомия. Интраоперационно после пересечения сосудов и бронха внутривенно вводили индоцианин в дозе 0,15 мг/кг массы тела, монополярной коагуляцией маркировали линию резекции по границе флуоресценции. **РЕЗУЛЬТАТЫ.** Точно определить межсегментарные границы по флуоресценции удалось у 18 больных. Средняя продолжительность интенсивной флуоресценции составила 95 с, что оказалось достаточно для маркирования межсегментарной линии резекции. У 2 больных интраоперационная верификация не удалась вследствие технических ошибок. У третьего пациента достаточной флуоресценции удалось добиться после введения дополнительной дозы индоцианина. Ни у одного из пациентов не выявлено осложнений, связанных с введением препарата. **ЗАКЛЮЧЕНИЕ.** Флуоресценция является безопасным и эффективным методом верификации анатомических границ сегментов. Ее внедрение существенно облегчает проведение торакоскопических сегментэктомий. Одноволновые оптические системы позволяют работать с более низкими дозами индоцианина зеленого.

**Ключевые слова:** торакоскопическая сегментэктомия, индоцианин зеленый, флуоресценция

*V. G. Pishchik<sup>1, 2</sup>, A. I. Kovalenko<sup>2</sup>, E. I. Zinchenko<sup>1, 2</sup>, A. D. Osborne<sup>1, 2</sup>*

### **The first experience of application of ICG-fluorescence for detection of segmental plane formation in thoracoscopic segmentectomy**

<sup>1</sup> Clinical Hospital № 122, St. Petersburg; <sup>2</sup> Medical faculty of Saint-Petersburg State University

**OBJECTIVE.** The authors evaluated the first European experience of fluorescence thoracoscopy with indocyanine green (ICG) in light spectrum which was approximated to near-infrared (NIR) in thoracoscopic segmentectomy (VATS segmentectomy). **MATERIALS AND METHODS.** The study covered 21 patients who underwent thoracoscopic segmentectomy during 2016. The ICG (0,15 mg/kg of body weight) was injected intravenously after dominant pulmonary artery ligation during operation. The boundary line between areas was marked by electrocautery at the border of fluorescence. **RESULTS.** The well-defined fluorescence borders were observed in 18 out of 21 patients (85,7%). The median duration of intensive ICG staining was 95 sec and that was enough to mark intersegmental plane. The intraoperative verification was unsuccessful in 2 patients due to technical reasons. The first attempt of identification for the patient with severe COPD had unconvincing results and an additional ICG injection was used to achieve the precise fluorescence. There wasn't revealed any complications associated with ICG injection. **CONCLUSIONS.** The ICG fluorescence is safe and effective method of segmental plane location. The implementation of this method significantly facilitates in thoracoscopic segmentectomy. The NIR fluorescence imaging systems allow clinicians to work with lower doses of ICG.

**Key words:** thoracoscopic segmentectomy, indocyanine green (ICG), fluorescence

**Введение.** Наблюдаемые в последние годы в торакальной хирургии тенденции к сокращению операционной травмы и сохранению паренхимы лёгких привели к росту интереса к торакоскопическим сегментэктомиям [2]. Выполнение сегментэктомий, в сравнении с лобэктомиями, способно улучшить течение раннего послеоперационного периода без ухудшения отдалённых результатов [6], в том числе и при раке лёгкого [6, 16, 25]. В то же время выполнимость торакоскопической сегментэктомии зависит от детального понимания сегментарной анатомии и межсегментарных плоскостей [18]. Традиционно применяемые вентиляционные методы интраоперационного определения границ сегмента часто неточны и затрудняют торакоскопическую визуализацию [18, 19]. Использование для этого флуоресцентной торакоскопии с индоцианином зеленым (ICG) потенциально исключает подобные недостатки [7, 11, 14, 15, 24]. Однако на сегодняшний день международный опыт применения ICG-флуоресценции ограничен несколькими торакальными центрами Японии. Остаются не вполне изученными факторы, ограничивающие применение

метода, алгоритм и доза введения препарата [7, 10]. Мы анализируем первый европейский опыт использования ICG-флуоресценции при торакоскопических сегментэктомиях.

**Материал и методы.** Одной хирургической бригадой Центра торакальной хирургии КБ № 122 в течение 2016 г. у 20 пациентов выполнена 21 торакоскопическая анатомическая сегментэктомия (ВТС-сегментэктомия) с использованием ICG в спектре света, приближенного к инфракрасному. 11 женщин и 9 мужчин в возрасте от 21 года до 76 лет, средний возраст ( $52,7 \pm 17,2$ ) года, оперированы в связи с различными периферическими новообразованиями лёгкого размером от 7 до 51 мм — средний показатель ( $20,8 \pm 12,2$ ) мм. Отбор больных раком лёгкого на сегментэктомию производили на основании международных критериев: размер образования не более 20–30 мм, смешанный тип строения опухоли, согласно данным КТ, отсутствие лимфоаденопатии корня лёгкого и средостения по данным предоперационного обследования [21]. Одному пациенту выполнены 2 последовательные сегментэктомии в связи с двусторонними артериовенозными мальформациями лёгких. Ни у одного из пациентов не отмечено аллергических реакций на лекарственные препараты, в том числе йодсодержащие. 7 пациентов — курильщики с многолетним стажем, среди которых у 5 выявлена хроническая обструктивная болезнь лёгких (ХОБЛ) смешанного типа. Двое из них продолжали курить на момент госпитализации. Средний показатель ОФВ<sub>1</sub> составил ( $82,9 \pm 23$ ) % с минимальным значением 27 %. Внелёгочный коморбидный фон у одного пациента был представлен постинфарктным кардиосклерозом с НК, у 2 пациентов — сахарным диабетом 1-го типа; 6 больных перенесли комбинированное лечение злокачественного новообразования другой локализации. Один из пациентов оперирован после торакоскопической лобэктомии с противоположной стороны.

Предоперационное планирование операции включало в себя 3D-моделирование оперируемого лёгкого. У пациентов изучали сегментарную анатомию сосудов корня лёгкого и расположение патологического образования по отношению к ним. Для этого использованы программы OsiriX MD для MacOS, а также Radiant DICOM Viewer для операционной системы Windows (рис. 1).

Все оперативные вмешательства выполняли по стандартной методике через 2 порта: мини-доступ длиной до 3 см в пятом межреберье с центром по передней подмышечной линии, порт для камеры в восьмом межреберье по средней подмышечной линии. Торакоскопию осуществляли при помощи эндоскопической системы NIR-ICG Karl Storz («Karl Storz», Tuttlingen, Germany), снабженной дополнительным осветителем и набором фильтров спектра, близкого к инфракрасному. Выделение сегментарных структур корня лёгкого сопровождалось прецизионной диссекцией N1 лимфатических узлов (рис. 2). Сразу после пережатия или пересечения артериальных структур удаляемого сегмента и бронха в периферическую вену вводили ICG. Стартовая доза болюсного введения препарата составляла 0,15 мг/кг массы тела. Далее в течение нескольких минут при помощи монополярной коагуляции намечали линию планируемой резекции по границе лёгкого с флуоресценцией и без неё (рис. 3).

Для сравнения выполняли вентиляционную пробу с пережатием сегментарного бронха (рис. 4). Сосуды пересекали после обработки полимерными клипсами, бронх обрабатывали сшивающим аппаратом. Для пересечения выявленных



Рис. 1. 3D-реконструкция сегментарной анатомии сосудов правого легкого.

1 — образование второго сегмента правого легкого; 2 — артерия второго сегмента; 3 — нисходящая артерия второго сегмента



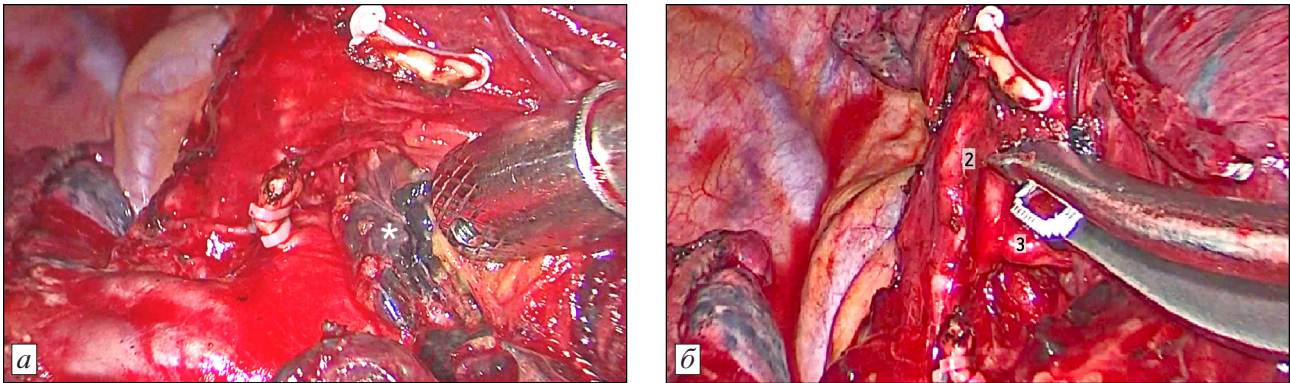


Рис. 2. Интраоперационная фотография лимфодиссекции уровня N1 (полимерные клипсы расположены на артерии второго сегмента).

*a* — до удаления межсегментарных лимфатических узлов; *б* — после удаления лимфатических узлов; 2 — бронх заднего сегмента, 3 — бронх переднего сегмента

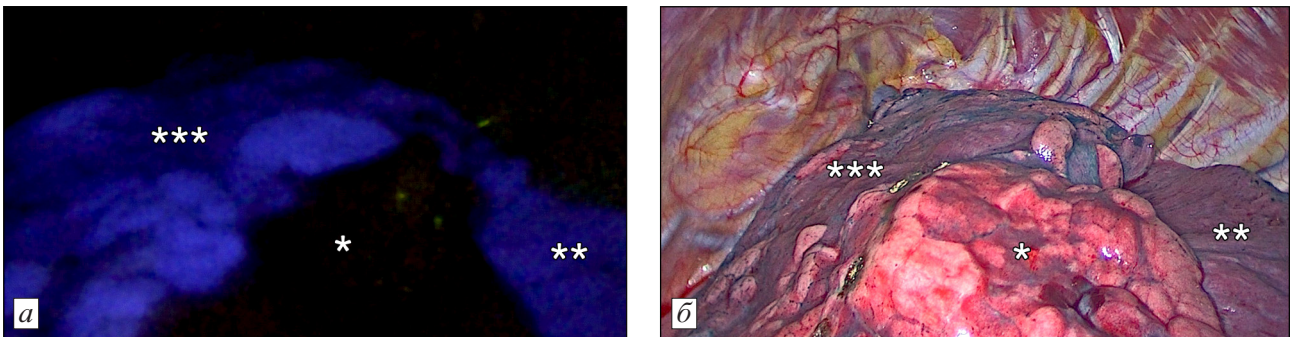


Рис. 3. Интраоперационная фотография маркировки планируемой резекции язычковых сегментов.

*a* — интраоперационная картина в режиме NIR; *б* — интраоперационная картина в стандартном режиме (\* — язычковые сегменты, \*\* — шестой сегмент, \*\*\* — сегменты I–III, коагулятором намечена планируемая граница резекции)

межсегментарных границ использовали эндоскопические сшивающе-режущие аппараты с формированием двух аппаратных швов, окаймляющих корень сегмента, с оставлением в препарате периферических культей артерии, вены и бронха (рис. 5). Все оперативные вмешательства, выполняемые в связи со злокачественным новообразованием лёгкого, дополнены медиастиальной лимфодиссекцией, как минимум, 3 групп лимфатических узлов с обязательным включением группы 7 (рис. 6).

**Результаты.** Среди выполненных сегментэктомий были 11 правосторонних и 10 — левосторонних (таблица). Чаще других выполняли сегментэктомии из верхних долей. Средняя продолжительность оперативного вмешательства составила  $(157 \pm 35)$  мин; 5 операций длились менее 2 ч. Окончательные диагнозы были следующими: у 12 больных — немелкоклеточный рак лёгкого, у 3 — солитарные метастазы лёгкого, у 1 — туберкулёма, гамартохондрома, у 1 — хронический абсцесс и у 1 — артериовенозная мальформация лёгких. Ни у одного из пациентов не выявлено поражение лимфатических узлов уровня N1 и N2. Средний объём лимфодиссекции трех дольспецифичных групп уровня N2 составил  $(11,1 \pm 1,7)$  лимфатического узла.

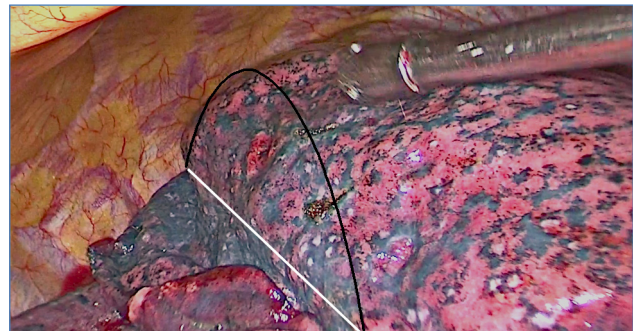
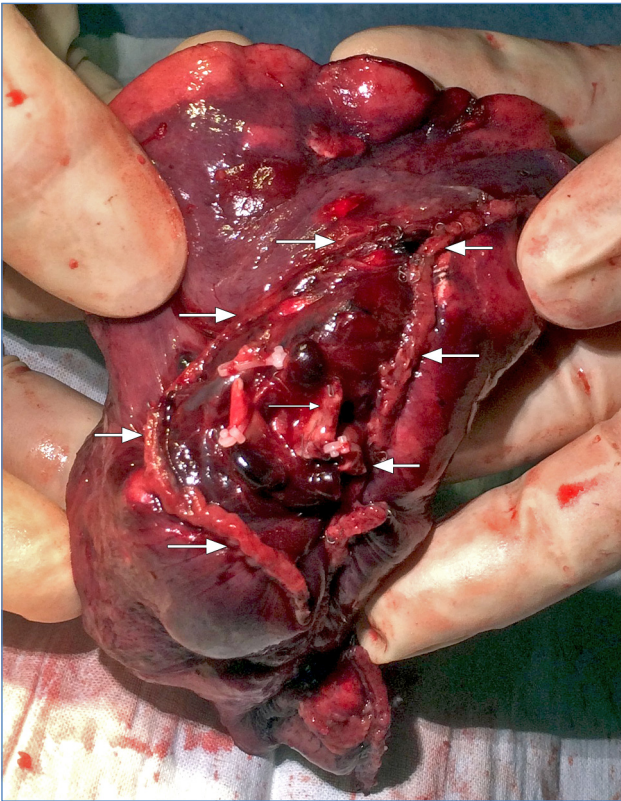


Рис. 4. Интраоперационная фотография при вентиляционной и перфузионной методиках определения межсегментарной границы (черная линия — намеченная перфузионная граница, белая линия — намеченная вентиляционная граница)

Все оперированные пациенты выписаны в течение 1-й недели после операции. Средняя длительность пребывания в стационаре составила  $(5,8 \pm 1,1)$  сут, 4 пациента выписаны на 3-и сутки после операции. Послеоперационный период у 6 пациентов осложнился продленным сбросом воздуха; 5 из них выписаны с функционирующим дренажем, подключённым к клапану Хеймлиха. Дренажи у них удалены амбулаторно с 9-х по





*Рис. 5. Фотография удаленного заднего сегмента верхней доли правого легкого.*

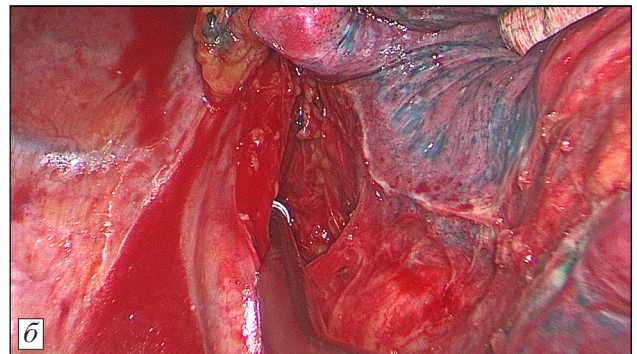
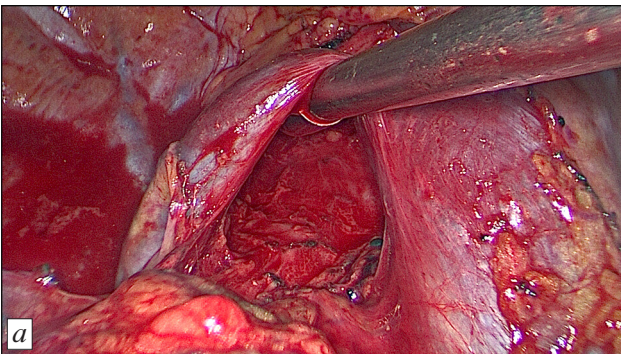
*Сегментарные сосуды обработаны полимерными клипсами, тонкая стрелка — культя сегментарного бронха, широкие стрелки — две линии аппаратного шва паренхимы*

14-е сутки после операции. Других осложнений послеоперационного периода не наблюдали.

У всех больных интраоперационное введение в периферическую вену ICG сопровождалось незамедлительной флюоресценцией кровоснабжаемых структур плевральной полости. Задержку флюоресценции при меньшей её интенсивности наблюдали у пациентки после введения препарата в периферическую вену. Точно определить границу резекции по флюоресценции удалось

у 18 больных. При этом только у 6 намеченные перфузионные границы сегмента соответствовали вентиляционным, у остальных — вентиляционная проба превышала границы удаляемой части лёгкого. Наибольшее несоответствие выявлено у курильщиков с многолетним стажем и бронхообструкцией.

Из 3 пациентов с неудовлетворительными результатами интраоперационной верификации сегментарных границ у 2 имели место технические ошибки. У 1 больного при поисковой окклюзии артерия X сегмента оказалась полностью пережатой сосудистым зажимом, что привело к распространению препарата в удаляемый сегмент. У другого пациента подобный результат был получен вследствие недооценки кровоснабжения II сегмента правого лёгкого дополнительной артерией, не пересеченной на момент введения ICG. Единственный случай слабой флюоресценции наблюдался у пациента с тяжёлой ХОБЛ смешанного типа. При этом немедленное введение в периферическую вену повторной дозы препарата в сочетании с вентиляционной пробой позволили наметить планируемую границу резекции. У других пациентов, страдающих ХОБЛ, интраоперационная верификация межсегментарной границы прошла успешно, но с более коротким периодом интенсивной флюоресценции. Средняя величина данного показателя в общей группе оперированных составила  $(95 \pm 25)$  с. Этого времени оказалось достаточно для маркировки межсегментарной линии резекции. При этом максимальное контрастирование остающейся части лёгкого с удаляемым сегментом наблюдали в течение первых десятков секунд, после чего контрастность постепенно уменьшалась к 4-й минуте. К концу 2-й минуты интенсивность флюоресценции снижалась с меньшей скоростью. Вместе с тем коллатеральное распространение препарата от периферии к центру удаляемого сегмента затрудняло дальнейшую визуализацию межсегментарной



*Рис. 6. Интраоперационная фотография при дольспецифичной лимфодиссекции.*  
*а — лимфодиссекция R2-4; б — лимфодиссекция R7*

границы в режиме NIR. К концу всех операций сохранялась слабая флюоресценция лёгкого. Наибольшая длительность с момента интраоперационной верификации анатомических структур до окончания операции составила 57 мин. Ни у одного из пациентов не выявлено осложнений, связанных с введением ICG.

**Обсуждение.** Все чаще появляются публикации, посвященные торакоскопическим сегментэктомиям при раке лёгких [6, 21], отдалённые результаты которых не уступают таковым лобэктомий. Очевидной преградой к их распространению, помимо устаревших сведений об их нерадикальности [4], следует считать сложность выполнения [26]. Успех торакоскопических сегментэктомий во многом определяют технические приемы верификации сегментарной анатомии лёгких [8, 15, 18]. Наиболее сложным хирургическим этапом сегментэктомий, помимо внутридолевой лимфодиссекции, является верификация межсегментарной плоскости. От этого этапа зависит как органосохраняющая составляющая, так и онкологическая радикальность операции. Кроме того, ложное определение анатомических границ удаляемого сегмента может привести к кровотечению, резекциям иного объёма, потере непальпируемой опухоли в остающейся части лёгкого. В связи с этим невозможно переоценить важность интраоперационной визуализации в ходе любой торакоскопии, тем более при выполнении сегментэктомий.

Достаточно простой и воспроизводимый метод определения межсегментарной границы на основании инфляции и (или) дефляции удаляемого сегмента описан с момента первых сегментэкто-

### Характеристика оперированных пациентов и длительность максимальной флюоресценции

Пациент	Пол	Возраст, лет	Размер образования, мм	Стаж курения, лет	ОФВ1, %	Объем операции	Диагноз	Длительность флюоресценции, с	Результат верификации
1	Ж	29	19	0	99	S <sub>III</sub> справа	T6	110	Отличный
2	М	58	7	30	91	S <sub>III</sub> слева	M	90	Отличный
3	М	71	15	10	59	S <sub>X</sub> слева	НМРЛ	90	Неудовлетворительный
4	Ж	63	13	10	108	S <sub>II</sub> справа	M	10	Отличный
5	Ж	32	51	0	109	S <sub>VIII</sub> справа	M	105	Отличный
6	М	64	13	40	88	S <sub>II</sub> справа	НМРЛ	100	Неудовлетворительный
7	М	59	38	40	27	S <sub>VI</sub> справа	НМРЛ	85	Удовлетворительный
8	М	21	13	0	87	S <sub>II</sub> справа	ABM	130	Отличный
9	М	21	12	0	80	S <sub>IV+V</sub> слева	ABM	115	Отличный
10	Ж	35	34	10	98	S <sub>VIII-X</sub> слева	ВП	100	Отличный
11	М	64	29	0	86	S <sub>III</sub> слева	НМРЛ	100	Отличный
12	Ж	64	20	0	109	S <sub>III</sub> и S <sub>VI</sub> слева	НМРЛ	90	Отличный
13	Ж	37	44	0	101	S <sub>I-III</sub> слева	ГХ	115	Отличный
14	Ж	56	17	0	81	S <sub>IV+V</sub> слева	НМРЛ	100	Отличный
15	Ж	63	26	0	99	S <sub>II</sub> справа	ХА	120	Отличный
16	М	59	13	60	48	S <sub>I</sub> справа	НМРЛ	70	Хороший
17	М	65	10	45	85	S <sub>III</sub> слева	НМРЛ	95	Отличный
18	Ж	66	8	0	87	S <sub>II</sub> справа	НМРЛ	110	Отличный
19	М	38	21	50	64	S <sub>III</sub> справа	НМРЛ	80	Хороший
20	Ж	67	24	0	96	S <sub>III</sub> справа	НМРЛ	100	Отличный
21	Ж	76	11	90	39	S <sub>III</sub> слева	НМРЛ	70	Хороший

Примечание. S — сегментэктомия; T6 — туберкулема; M — метастатическое поражение легкого; НМРЛ — немелкоклеточный рак легкого; ABM — артериовенозная мальформация легких.



мий [1]. Однако раздутие всего оперируемого лёгкого после пережатия сегментарного бронха может приводить к распространению воздуха по порам Кона, скрывая истинную границу сегмента [19]. Перераздувание невентилируемых участков лёгкого, особенно у больных с эмфиземой, ещё больше затрудняет точную идентификацию межсегментарной щели и края резекции. В то же время, по данным В. G. Leshpower и соавт. [12], край резекции паренхимы при сегментэктомии должен отстоять от опухоли не менее чем на 2 см. Выборочная вентиляция удаляемого сегмента в некоторой степени улучшает надёжность метода для торакоскопии [18]. В публикациях представлены несколько вариантов селективной вентиляции бронха. Один из них основан на формировании границы инфляции/дефляции — раздутие всего лёгкого с последующим пережатием удаляемого бронха и спадением сохраняемой части лёгкого [18]. Другой — осуществляется с использованием высокочастотной вентиляции под контролем бронхоскопии [19]. Кроме того, представлены данные прямой вентиляции бронха посредством интраоперационной его пункции венозным катетером [9]. Тем не менее, все описанные выше методы, вопреки относительной простоте их выполнения, не позволяют с необходимой точностью выявить межсегментарную плоскость при торакоскопии.

Принципиально новым решением стали перфузионные методы определения границ сегментов. Использование специального красителя — ICG — стало возможным в последние несколько лет [7, 10, 14, 17, 24]. Метод заключается в определении препарата в тканях на основании флюоресценции в свете, близком к инфракрасному. Для получения контрастного изображения используют специальные оптические фильтры и источники света. Интраоперационное введение ICG в периферическую вену после пережатия или пересечения сегментарной артерии позволяет отличить некровоснабжаемую часть лёгкого по отсутствию специфического свечения. Такой способ не требует интраоперационной вентиляции лёгкого, что значительно улучшает визуализацию при торакоскопии, особенно при выраженной эмфиземе лёгких.

Подтвердив воспроизводимость использования ICG-технологии на экспериментальной модели, группа японских исследователей [14, 15] описали успешную визуализацию межсегментарной границы у всех 8 больных. С накоплением опыта частота сомнительных результатов интраоперационной верификации сегментарной анатомии у тех же авторов возросла до 15,4% [24]. Эффективность методики, опубликованная в другом

исследовании этого года [7], составила 98,6%. В нашей работе убедительную визуализацию межсегментарной границы наблюдали у 18 из 21 пациента. Как и во всех предыдущих работах японских коллег, причиной снижения эффективности метода стала выраженная эмфизема лёгкого. Изучая параметры чувствительности ICG-технологии, S. Iizuka и соавт. [7] выявили, что увеличение стажа курения, снижение ОФВ<sub>1</sub>, наряду со сниженной плотностью паренхимы лёгкого по данным КТ, отрицательно влияют на качество флюоресценции. Неудивительно, что исторически методы ICG-визуализации внедрены в торакальную хирургию при буллезной эмфиземе лёгких [5]. Данное направление активно исследуется и в последние годы [13]. На основании собственного опыта и последней публикации, можно подтвердить, что выраженная эмфизема снижает интенсивность свечения ICG, что требует, скорее, увеличения дозы вводимого препарата, чем использования других методик.

Режим дозирования и длительности сохранения контрастности удаляемого сегмента может зависеть от пути введения препарата [17, 20] и оптической системы, используемой при операции [10]. S. Sugimoto и соавт. [23] полагают, что окраска лёгкого ICG как через периферическую вену, так и с использованием сегментарного бронха позволяет достоверно определить планируемую границу резекции. В то же время некоторые авторы предпочитают трансбронхиальный путь введения ICG, аргументируя это перманентным окрашиванием паренхимы лёгкого на всю её глубину [17, 20]. Правда, в таких случаях требуются существенно большие дозы красителя.

В работе мы использовали внутривенное введение препарата, исходя из технической простоты и меньшей необходимой дозы ICG. В ранних исследованиях было продемонстрировано, что доля анафилактических реакций на ICG при дозе менее 0,5 мг/кг массы тела составляет 0,003%, значительно увеличиваясь после порога в 5 мг/кг массы тела [22]. В ходе операций у наших пациентов использовали ICG в дозе 0,15 мг/кг массы тела, увеличивая её у 4 из них до 0,3 мг/кг. Это не привело ни к одному системному побочному эффекту.

Необходимо отметить, что ряд авторов используют большие дозы контрастирующего вещества и при трансвазальном введении препарата. Так, N. Misaki и соавт. [15] в 2010 г. вводили ICG в дозе 3 мг/кг массы тела. В другой работе 2013 г. те же авторы описывают неудовлетворительный результат при введении препарата в дозе 0,5 мг/кг массы тела [24]. Y. Kasai и соавт. [10]

сравнивали оптические системы, отличающиеся спектром воспринимаемого света, и способ его воспроизведения на видеомониторе. При двухволновой обработке спектра света оптическая система выявляет разницу между волнами длиной 940 и 805 нм. Одноволновые эндоскопы отражают волны длиной 780 нм, поглощая волны 830 нм, создавая изображение флюоресценции в кровоснабжаемой ткани. В результате авторы [10] продемонстрировали, что использование одноволновых оптических систем позволяет в 10 раз снизить дозу контрастирующего вещества (0,5 мг/кг) и увеличить длительность активной флюоресценции (с 220 до 370 с). В нашем исследовании использовали одноволновую систему воспроизведения изображения в спектре света, близком к инфракрасному (NIR). Продолжительность максимальной флюоресценции при этом не превышала 130 с, что соответствует исследованной длительности полувыведения препарата [3]. Введение препарата в дозе меньшей, чем в опубликованных работах, не помешало нам достоверно определить линию резекции. Технические детали торакоскопических сегментэктомий будут описаны нами в последующих статьях.

**Выводы.** 1. Следует полагать, что использование ICG-технологии является безопасным и эффективным методом верификации анатомических границ сегментов при торакоскопических сегментэктомиях.

2. В сравнении с другими методиками перфузионная техника ICG-флюоресценции предпочтительна для торакоскопических операций.

3. Одноволновые оптические системы позволяют работать с меньшими дозами ICG. Даже при наличии неблагоприятных условий для флюоресценции удвоение дозы препарата позволяет надёжно верифицировать межсегментарную границу.

#### ЛИТЕРАТУРА [REFERENCE]

- Churchill E.D., Belsey R. Segmental pneumonectomy in bronchoectasis : the lingular segment of the left upper lobe // *Ann. Surg.* 1939. Vol. 109. P. 481–499.
- De Zoysa M.K., Hamed D., Routledge T., Scarci M. Is limited pulmonary resection equivalent to lobectomy for surgical management of stage I non-small-cell lung cancer? // *Interact. Cardiovasc. Thorac. Surg.* 2012. Vol. 14. P. 816–820.
- Desmettre T., Devoisselle J.M., Mordon S. Fluorescence properties and metabolic features of indocyanine green (ICG) as related to angiography // *Surv. Ophthalmol.* 2000. Vol. 45. P. 15–27.
- Ginsberg R.J., Rubinstein L.V. Randomized trial of lobectomy versus limited resection for T1 N0 non-small cell lung cancer // *Ann. Thorac. Surg.* 1995. Vol. 60. P. 615–622.
- Gotoh M., Okamoto T., Yamamoto Y., Yokomise H. Real time imaging and quantitative evaluation of the emphysematous lung by infrared thoracoscopy in experimental dogs // *ASAIO J.* 2005. Vol. 51. P. 148–151.
- Hwang Y., Kang C.H., Kim H.S. et al. Comparison of thoracoscopic segmentectomy and thoracoscopic lobectomy on the patients with non-small cell lung cancer : a propensity score matching study // *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2015. Vol. 48. P. 273–278.
- Iizuka S., Kuroda H., Yoshimura K. et al. Predictors of indocyanine green visualization during fluorescence imaging for segmental plane formation in thoracoscopic anatomical segmentectomy // *J. Thorac. Dis.* 2016. Vol. 8. P. 985–991.
- Iwata H., Shirahashi K., Mizuno Y. et al. Surgical technique of lung segmental resection with two intersegmental planes // *Interact. Cardiovasc. Thorac. Surg.* 2013. Vol. 16. P. 423–425.
- Kamiyoshihara M., Kakegawa S., Ibe T., Takeyoshi I. Butterfly-needle video-assisted thoracoscopic segmentectomy : a retrospective review and technique in detail // *Innovations (Phila).* 2009. Vol. 4. P. 326–330.
- Kasai Y., Tarumi S., Chang S.S. et al. Clinical trial of new methods for identifying lung intersegmental borders using infrared thoracoscopy with indocyanine green : comparative analysis of 2- and 1-wavelength methods // *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2013. Vol. 44. P. 1103–1107.
- Kuroda H., Dejima H., Mizuno T. et al. A new LigaSure technique for the formation of segmental plane by intravenous indocyanine green fluorescence during thoracoscopic anatomical segmentectomy // *J. Thorac. Dis.* 2016. Vol. 8. P. 1210–1216.
- Leshnowar B.G., Miller D.L., Fernandez F.G. et al. Video-assisted thoracoscopic surgery segmentectomy: a safe and effective procedure // *Ann. Thorac. Surg.* 2010. Vol. 89. P. 1571–1576.
- Li H., Zhou J., Chi C. et al. Clinical application of near-infrared thoracoscope with indocyanine green in video-assisted thoracoscopic bullectomy // *J. Thorac. Dis.* 2016. Vol. 8. P. 1841–1845.
- Misaki N., Chang S.S., Gotoh M. et al. A novel method for determining adjacent lung segments with infrared thoracoscopy // *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2009. Vol. 138. P. 613–618.
- Misaki N., Chang S.S., Igai H. et al. New clinically applicable method for visualizing adjacent lung segments using an infrared thoracoscopy system // *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2010. Vol. 140. P. 752–756.
- Nomori H., Mori T., Ikeda K. et al. Segmentectomy for selected cT1N0M0 non-small cell lung cancer : a prospective study at a single institute // *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2012. Vol. 144. P. 87–93.
- Oh S., Suzuki K., Miyasaka Y. et al. New technique for lung segmentectomy using indocyanine green injection // *Ann. Thorac. Surg.* 2013. Vol. 95. P. 2188–2190.
- Oizumi H., Kato H., Endoh M. et al. Techniques to define segmental anatomy during segmentectomy // *Ann. Cardiothorac. Surg.* 2014. Vol. 3. P. 170–175.
- Okada M., Mimura T., Ikegaki J. et al. A novel video-assisted anatomic segmentectomy technique : selective segmental inflation via bronchofiberoptic jet followed by cautery cutting // *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2007. Vol. 133. P. 753–758.
- Sekine Y., Ko E., Oishi H., Miwa M. A simple and effective technique for identification of intersegmental planes by infrared thoracoscopy after transbronchial injection of indocyanine green // *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2012. Vol. 143. P. 1330–1335.
- Sihoe A.D., Van Schil P. Non-small cell lung cancer: when to offer sublobar resection // *Lung Cancer.* 2014. Vol. 86. P. 115–120.
- Speich R., Saesseli B., Hoffmann U. et al. Anaphylactoid reactions after indocyanine-green administration // *Ann. Intern. Med.* 1988. Vol. 109. P. 345–346.
- Sugimoto S., Oto T., Miyoshi K., Miyoshi S. A novel technique for identification of the lung intersegmental plane using dye injection

- into the segmental pulmonary artery // J. Thorac. Cardiovasc. Surg. 2011. Vol. 141. P. 1325–1327.
24. Tarumi S., Misaki N., Kasai Y. et al. Clinical trial of video-assisted thoracoscopic segmentectomy using infrared thoracoscopy with indocyanine green // Eur. J. Cardiothorac. Surg. 2014. Vol. 46. P. 112–115.
25. Wolf A.S., Richards W.G., Jaklitsch M.T. et al. Lobectomy versus sublobar resection for small (2 cm or less) non-small cell lung cancers // Ann. Thorac. Surg. 2011. Vol. 92. P. 1819–1823.
26. Yang C.F., D'Amico T.A. Thoracoscopic segmentectomy for lung cancer // Ann. Thorac. Surg. 2012. Vol. 94. P. 668–681.

Поступила в редакцию 14.12.2016 г.

---

**Сведения об авторах:**

*Пищик Вадим Григорьевич* (e-mail: [vadim.pischnik@mail.ru](mailto:vadim.pischnik@mail.ru)), д-р мед. наук, руков. службы торакальн. хир. КБ № 122, проф. каф. госп. хир. мед. факультета СПбГУ; *Зинченко Евгений Игоревич* (e-mail: [evgeniy-zinchenko@yandex.ru](mailto:evgeniy-zinchenko@yandex.ru)), торакальн. хир. службы торакальн. хир. той же больницы; *Оборнев Александр Дмитриевич* (e-mail: [nurnberghd@mail.ru](mailto:nurnberghd@mail.ru)), торакальн. хир. той же больницы; Клиническая больница № 122 Федерального медико-биологического агентства РФ, 194291, Санкт-Петербург, пр. Культуры, 4;

*Коваленко Александр Игоревич* (e-mail: [kovalenko.th@gmail.com](mailto:kovalenko.th@gmail.com)), аспирант каф. госп. хир. мед. факультета СПбГУ; медицинский факультет, Санкт-Петербургский государственный университет, 199106, Санкт-Петербург, В. О., 21-я линия, дом 8-А.