

© CC BY Коллектив авторов, 2020
УДК 616.447-073:615.831+621.371.019.941
DOI: 10.24884/0042-4625-2020-179-3-113-119

РАДИОНАВИГАЦИОННЫЕ И ФОТОДИНАМИЧЕСКИЕ МЕТОДИКИ ИНТРАОПЕРАЦИОННОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ОКОЛОЩИТОВИДНЫХ ЖЕЛЕЗ (обзор литературы)

П. Н. Ромащенко, Н. А. Майстренко, Д. С. Криволапов, Д. О. Вшивцев*

Федеральное государственное бюджетное военное образовательное учреждение высшего образования «Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова» Министерства обороны Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия

Поступила в редакцию 24.01.20 г.; принята к печати 27.05.20 г.

Интраоперационная идентификация здоровых околощитовидных желез и паратиром способствует благоприятному исходу хирургического лечения пациентов с заболеваниями щитовидной железы и различными формами гиперпаратиреоза. В связи с этим на сегодняшний день в эндокринную хирургию активно внедряются вспомогательные навигационные и визуализирующие методики, основанные на применении радиофармпрепаратов и флуоресцентных агентов, тропных к паратиреоидной ткани. В статье представлена сравнительная характеристика современных методик интраоперационной визуализации околощитовидных желез, основанная на данных мировой литературы.

Ключевые слова: хирургия околощитовидных желез, гиперпаратиреоз, интраоперационный паратиреомониторинг, паратиреомониторинг, флуоресцентная диагностика

Для цитирования: Ромащенко П. Н., Майстренко Н. А., Криволапов Д. С., Вшивцев Д. О. Радионавигационные и фотодинамические методики интраоперационной визуализации околощитовидных желез (обзор литературы). *Вестник хирургии имени И. И. Грекова*. 2020;179(3):113–119. DOI: 10.24884/0042-4625-2020-179-3-113-119.

* **Автор для связи:** Дмитрий Олегович Вшивцев, Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова, 194044, Россия, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6. E-mail: dvo_vsh@mail.ru.

RADIO NAVIGATION AND PHOTODYNAMIC METHODS FOR INTRAOPERATIVE VISUALIZATION OF THE PARATHYROID GLANDS (review of literature)

Pavel N. Romashchenko, Nikolay A. Maistrenko, Denis S. Krivolapov,
Dmitriy O. Vshivtsev*

Military Medical Academy, Saint Petersburg, Russia

Received 24.01.20; accepted 27.05.20

Intraoperative identification of healthy parathyroid and parathyroid adenomas facilitate a favorable outcome of surgical treatment of patients with parathyroid diseases and various hyperparathyroidism's forms. In doing so, it is important to preserve the entire parathyroid tissue, since unintentional damaging, removal or devascularization leads to the most common development of complication – hypoparathyroidism, which occasionally becomes permanent. Although, in case of surgical treatment of patients with hyperparathyroidism, the removal of the whole pathologically altered tissue is needed in order to avoid the persistence and recurrence hyperparathyroidism, as confirmed by intraoperative and postoperative parathyroid hormone examination. Up to recent time, surgeons could had relied only on pre-surgical localization of hyperfunctioning parathyroid glands, thorough knowledge of front neck anatomy and personal experience, which wasn't always reliable to recognize the parathyroids intraoperatively and differentiate the healthy parathyroid tissue from adenoma. To solve these problems, the auxiliary navigation and visualization methods, based on application of radiopharmaceutical and fluorescent agents, tropic to parathyroid tissue, are being actively implemented to endocrine surgery nowadays. The comparative characteristic of modern methods for intraoperative visualization of the parathyroid glands, based on the worldwide literature data, is represented in this article.

Keywords: surgery of the parathyroid glands, hyperparathyroidism, intraoperative parathyroid monitoring, parathyroid monitoring, fluorescence diagnosis

For citation: Romashchenko P. N., Maistrenko N. A., Krivolapov D. S., Vshivtsev D. O. Radio navigation and photodynamic methods for intraoperative visualization of the parathyroid glands (review of literature). *Grekov's Bulletin of Surgery*. 2020;179(3):113–119. (In Russ.). DOI:10.24884/0042-4625-2020-179-3-113-119.

* **Corresponding author:** Dmitriy O. Vshivtsev, Military Medical Academy, 6, Akademika Lebedeva str., Saint Petersburg, 194044, Russia. E-mail: dvo_vsh@mail.ru.

Введение. Патология щитовидной (ЩЖ) и околощитовидных желез (ОЩЖ) занимает 2-е и 3-е место соответственно по распространенности среди эндокринных заболеваний. При этом хирургический метод является основным в лечении многих заболеваний ЩЖ и различных форм гиперпаратиреоза. Даже доскональное знание анатомии передней области шеи и тщательная дооперационная топическая диагностика не всегда позволяют во время операции отличить ОЩЖ от окружающих тканей [1]. Их непреднамеренное повреждение, удаление или деваскуляризация в ходе хирургического вмешательства на ЩЖ и ОЩЖ нередко приводят к серьезным последствиям. В то же время успешность оперативного лечения различных форм гиперпаратиреоза определяется удалением всей патологически измененной паратиреоидной ткани – одиночных или множественных аденом при манифестных формах первичного (ПГПТ) и третичного гиперпаратиреоза (ТГПТ), и только интра- и послеоперационное определение уровня паратиреоидного гормона может подтвердить радикальность вмешательства [2]. По данным различных авторов [3, 4], у 20–40 % прооперированных развивается транзиторная гипокальциемия, приобретающая постоянный характер у 1–5 % больных. Риск развития этих осложнений возрастет при выполнении тиреоидэктомии по поводу токсических форм зоба, аутоиммунного тиреоидита с компрессией органов шеи, рака ЩЖ и ОЩЖ, требующего выполнения центральной лимфаденэктомии, при повторных операциях на железах и регионарных лимфатических узлах, а также в случаях недифференцированного применения минимально инвазивных эндоскопически-ассистированных и эндоскопических вмешательств [5, 6]. На современном этапе с целью профилактики развития гипопаратиреоза и дифференциальной диагностики здоровых и измененных ОЩЖ разрабатываются методики, позволяющие интраоперационно идентифицировать паратиреоидную ткань и оценить ее функцию. Условно эти методики можно разделить на оптические, предусматривающие флуоресцентную визуализацию, и радиоизотопные, основанные на введении радиофармпрепаратов с последующим измерением интенсивности излучения от тканей.

Цель исследования – на основе анализа литературных данных оценить эффективность и сравнить наиболее распространенные радионавигационные и фотодинамические методики интраоперационной визуализации околощитовидных желез.

Применение радионавигационных методик в хирургии щитовидной и околощитовидных желез. В 1927 г. Н. L. Blumgart et al. [7, 8] разработали и применили на практике метод радионуклидной диагностики, основанный на внутривенном введении изотопов радия и детекции гамма-излучения модифицированной облачной камерой С. T. R. Wilson с целью оценки скорости кровотока. Около 70 лет назад была впервые разработана концепция радионавигационной хирургии, основанная на введении радиофармпрепаратов (РФП) с последующим интраоперационным определением интенсивности радиационного излучения от тканей с использованием специальных систем. В качестве РФП использовался фосфор-32, являющийся источником бета-излучения, которое регистрировалось камерой J. W. Geiger. Методика была апробирована на 33 больных злокачественными образованиями головного мозга, среди которых точно установить локализацию опухоли удалось в 88 % случаев [9]. В 1956 г. С. C. Harris et al. [10] сообщили о первом опыте интраоперационного использования системы обнаружения гамма-излучения с внутривенным введением ^{131}I у больного раком щитовидной железы.

В 1984 г. С. S. Ubhi et al. [11] впервые применили гамма-детекцию в целях интраоперационного поиска аденомы ОЩЖ, а в 1995 г. D. A. Martinez et al. [12] предложили использовать

в качестве источника гамма-излучения $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -технетрил. Сегодня радионавигация широко применяется в хирургии ОЩЖ. В 1997 г. J. Norman et al. разработали методику минимально инвазивной селективной паратиреоидэктомии в условиях радионавигации. Пациенту внутривенно вводили РФП, после чего устанавливали локализацию предполагаемой аденомы ОЩЖ с помощью предоперационной скintiграфии. Через 1–3 ч после введения $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -технетрила выполняли хирургическое вмешательство. В ходе операции производили гамма-детекцию всех 4 квадрантов передней области шеи. Далее выполняли разрез кожи длиной около 2 см в проекции излучающей радиацию ОЩЖ. Послойное выделение аденоматозно измененной железы продолжали с использованием датчика обнаружения гамма-излучения (Gamma Finder). После резекции выполняли контрольное исследование гамма-датчиком передней области шеи и удаленных тканей. Было установлено, что аденомы ОЩЖ имели показатели интенсивности гамма-излучения на 20 % выше, чем фон здоровых тканей после операции [13, 14]. В дальнейшем многими авторами методика минимально инвазивной паратиреоидэктомии в условиях радионавигации была признана эффективной и перспективной при различных формах гиперпаратиреоза, а также позволяющей в 98 % случаев точно установить локализацию аденом ОЩЖ. В ходе последующего изучения проводились работы по внедрению технологии в рутинную клиническую практику, уменьшению дозы вводимого РФП, комбинированному применению $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -технетрила и $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -пертехнетата, модернизации гамма-датчика [15–17].

Анализ литературных данных позволил установить, что методика дает возможность с высокой точностью выявить патологические измененные ОЩЖ, не обеспечивая идентификации здоровых желез. К тому же радионавигационная хирургия обладает существенными недостатками, ограничивающими ее применение, такими как лучевая нагрузка на пациента и хирургическую бригаду, необходимость работы в специально оборудованной операционной и высокая стоимость методики.

Методики оптической идентификации околощитовидных желез. Аутофлуоресценция околощитовидных желез. В 2011 г. С. Paras et al. [18] впервые опубликовали доклад о наличии аутофлуоресценции ОЩЖ. При освещении их лазером с длиной волны 785 нм в ближнем инфракрасном спектре регистрируется флуоресцентное свечение с длиной волны 820–830 нм. Также было установлено, что интенсивность флуоресценции паратиреоидной ткани в 2–11 раз выше, чем ткани ЩЖ [18]. В дальнейшем методика была применена на 137 пациентах, у 97 % из которых удалось интраоперационно визуализировать ОЩЖ при помощи аутофлуоресценции. Тем же авторским коллективом были предположены факторы, влияющие на интенсивность аутофлуоресценции ОЩЖ: состояние больного, индекс массы тела, уровень витамина D и кальция крови [19]. Многими авторами [1, 20, 21] были опубликованы результаты успешной визуализации как здоровых, так и патологически измененных ОЩЖ, при помощи данной методики.

В то же время имеются сообщения [1] о получении ложноположительных результатов у молодых людей, у которых была зарегистрирована флуоресценция бурого жира в ближнем инфракрасном спектре. В связи с отсутствием разработанных количественных шкал, на сегодняшний день оценка интенсивности аутофлуоресценции ОЩЖ производится на основании субъективных ощущений оператора. Еще одним недостатком, ограничивающим применение методики, является необходимость непосредственного хирургического воздействия на ОЩЖ для визуализации флуоресценции. Это связано с тем, что диффузия света сильно ограничена, и свечение невозможно зарегистрировать, если ОЩЖ покрыта соединительной тканью

толщиной в несколько миллиметров [22, 23]. Полученные данные свидетельствуют о том, что необходимы дальнейшие исследования, направленные на демонстрацию эффективности и клинической пользы методики в целях поиска и сохранения ОЦЖ в ходе оперативных вмешательств.

Колориметрическая методика интраоперационной визуализации околощитовидных желез с использованием раствора метиленового синего. Более 45 лет назад N. E. Dudley [24] предложил использовать 1 %-й раствор метиленового синего для колориметрической визуализации околощитовидных желез. Применение красителя позволило в значительной степени упростить интраоперационный поиск патологически измененных ОЦЖ при гиперпаратиреозе за счет их интенсивного окрашивания и, как следствие, сократить время операции [25]. На сегодняшний день имеются сообщения об успешном опыте использования метиленового синего для визуализации здоровых ОЦЖ у больных хирургическими заболеваниями ЩЖ [26, 27]. Однако, несмотря на широкое и повсеместное распространение данной методики, она не лишена недостатков. В последнее время появилось большое число работ, посвященных развитию таких побочных эффектов применения метиленового синего, как тошнота, рвота, головные боли и гипертермия. Нежелательным эффектом внутривенного введения красителя является псевдоцианоз, затрудняющий интраоперационную оценку состояния больного анестезиологом. Наибольшую опасность представляет нейротоксическое действие при введении метиленового синего на фоне приема пациентом серотонинэргических антидепрессантов, часто назначаемых больным с гиперпаратиреозом [28, 29]. Тем не менее многими исследователями проводится работа по уменьшению побочных и нежелательных эффектов красителя. Так, А. В. Зубковым и др. [30] была предложена методика селективного введения 0,1 %-го водного раствора метиленового синего в нижнюю щитовидную артерию. Такой способ применения красителя позволяет снизить вводимую дозу и выраженность его побочных эффектов. P. Pigomchai et al. [31] сообщили об успешной визуализации ОЦЖ при использовании метиленового синего в виде спрея, который распыляется в области предполагаемого их расположения, что также позволило уменьшить общее воздействие на пациента. Еще один способ снизить выраженность побочных эффектов – уменьшение дозы вводимого красителя. Имеются данные об успешном окрашивании ткани ОЦЖ при внутривенном введении 3,5 мг/кг метиленового синего, тогда как общепринятая доза, используемая для их интраоперационной визуализации, составляет 7–7,5 мг/кг [32]. Ряд авторов [33] утверждают, что при использовании инфракрасного излучения и специальной камеры флуоресцентное свечение ОЦЖ возможно при введении красителя в дозе 0,5 мг/кг.

Таким образом, данная методика получила широкое распространение в интраоперационной визуализации ОЦЖ за счет низкой стоимости и высокой эффективности. Тем не менее она обладает существенными недостатками вследствие большого спектра побочных эффектов от введения красителя в общепринятых дозах, в то время как ее снижение уменьшает интенсивность окрашивания паратиреоидной ткани. Предложенные способы уменьшения негативных последствий метиленового синего на организм зачастую предусматривают использование дополнительного оборудования.

Флуоресцентная методика интраоперационной визуализации околощитовидных желез с использованием раствора индоцианина зеленого. Индоцианин зеленый представляет собой водорастворимый трикарбоцианиновый краситель,

применяющийся в виде раствора для инъекций. После введения в кровеносное русло он быстро связывается с белками плазмы крови и переносится β -аполипопротеином В. Индоцианин зеленый в плазме крови имеет четко выраженный максимум поглощения в инфракрасной области при длине волны 800 нм. Максимальная интенсивность флуоресценции достигается при длине волны 830 нм. В 2014 г. [34] впервые изучена возможность применения индоцианина зеленого в целях флуоресцентной визуализации ОЦЖ на модели собаки. В том же году препарат был впервые применен на человеке. При облучении операционного поля в ближнем инфракрасном спектре через 20 с после внутривенного введения красителя отмечалась четкая флуоресценция ОЦЖ [35]. В результате некоторых исследований [36] достоверно установлено, что флуоресцентная диагностика с индоцианином зеленым позволяет оценивать васкуляризацию и целостность нормальных ОЦЖ и предсказывать их жизнеспособность после операций на ЩЖ. Некоторыми авторами [37–39] были предложены шкалы оценки степени перфузии ОЦЖ, позволяющие предположить вероятность послеоперационного гипопаратиреоза (гипокальциемии) и обоснованно принять решение о необходимости аутотрансплантации ОЦЖ. Так, при наличии хотя бы одной ОЦЖ с сохраненной хорошей васкуляризацией по данным ангиографии с индоцианином зеленым, в послеоперационном периоде не отмечалось случаев гипокальциемии [38, 39]. В. Н. Lang et al. [40] предложили количественную оценку степени перфузии ОЦЖ на примере 70 больных, перенесших тиреоидэктомию. Она основана на сравнении интенсивности флуоресценции паратиреоидной ткани и передней поверхности трахеи. В результате исследования была подтверждена возможность прогнозирования функции ОЦЖ при помощи фотодинамической диагностики с применением индоцианина зеленого. Однако при использовании данной методики у пациентов с гиперпаратиреозом не было установлено различия в интенсивности флуоресценции между здоровой ОЦЖ и аденомой. Авторами [41, 42] было предположено, что методика может быть применена для оценки перфузии оставшейся паратиреоидной ткани в случае необходимости удаления нескольких патологически измененных ОЦЖ, а также в целях фотодинамической визуализации атипично расположенных паратиром.

Несмотря на высокую эффективность методики в оценке степени перфузии ОЦЖ, отсутствие побочных эффектов индоцианина зеленого при проведении целого ряда исследований, его невысокую стоимость, имеется ряд факторов, ограничивающих его применение: препарат противопоказан лицам, имеющим повышенную чувствительность к йоду, постоянно принимающим бета-адреноблокаторы, а также больным с тяжелой почечной недостаточностью; кровотечение затрудняет флуоресцентную визуализацию ОЦЖ вследствие распространения красителя по всему операционному полю; краситель быстро накапливается в ткани щитовидной железы. На сегодняшний день методика требует дальнейшего изучения с целью определения оптимальных доз препарата, оценки его побочных эффектов и разработки количественных методик оценки степени флуоресценции ОЦЖ.

Флуоресцентная методика визуализации околощитовидных желез с использованием раствора 5-аминолевулиновой кислоты. 5-аминоливилиновая (5-АЛК) кислота в организме человека участвует в синтезе гема и является предшественником протопорфирина IX (ППФ IX), интенсивно флуоресцирующего в красной области спектра. В условиях избыточного введения экзогенной 5-АЛК в митохондриях опухолевых клеток происходит накопление ППФ IX, который в здоровых тканях под действием фермента феррохелатазы быстро превращается в

фотонеактивный гем. Благодаря указанным свойствам препарат нашел применение в онкологии для интраоперационной идентификации злокачественных образований легкого, мочевого пузыря, желудка, толстой кишки и других локализаций. На этом фоне в 2001 г. J. Gahlen et al. [43] предложили использовать 5-аминолевулиновую кислоту в целях фотодинамического поиска ОЦЖ. На примере крыс ими установлено, что введение 5-АЛК приводит к накоплению ППФ IX в нормальной ткани ОЦЖ, что может быть использовано для их интраоперационной визуализации. В ходе дальнейших исследований на животных также была подтверждена возможность применения 5-АЛК в целях фотодинамической идентификации ОЦЖ [44]. В результате некоторых исследований [45] установлено, что интенсивность флуоресценции аденоматозно измененной паратиреоидной ткани выше, чем здоровой. В 2006 г. были опубликованы результаты первой минимально инвазивной паратиреоидэктомии с применением флуоресцентной диагностики в целях интраоперационной визуализации ОЦЖ у пациента, страдающего первичным гиперпаратиреозом (ПГПТ). По мнению авторов [46], методика позволяет упростить поиск здоровых и патологически измененных желез, сократить время операции, вероятность развития послеоперационной гипопаратиреоза, а также может быть применена у больных с атипичным расположением ОЦЖ. Аналогичные результаты были получены при использовании методики у пациента со вторичным гиперпаратиреозом [47]. Способность 5-АЛК накапливаться в здоровой паратиреоидной ткани позволяет профилировать непреднамеренное повреждение или удаление ОЦЖ при операциях на ЩЖ [48]. В 2014 г. было проведено клиническое исследование [49], посвященное применению 5-АЛК у больных первичным и вторичным гиперпаратиреозом и хирургическими заболеваниями ЩЖ. В ходе исследования проводилась субъективная оценка интенсивности флуоресценции паратиреоидной и окружающих тканей. В результате работы была доказана возможность дифференциации здоровых ОЦЖ от патологически измененных. Экспериментальным путем установлена минимальная эффективная доза 5-АЛК, приводящая к флуоресценции ткани ОЦЖ с наименьшими побочными эффектами. При пероральном приеме 20–30 мг/кг препарата у части больных отмечалось транзиторное незначительное повышение уровня печеночных трансаминаз и не было зафиксировано таких реакций, как тошнота и рвота. В целях профилактики солнечных ожогов, локальных фототоксических реакций вследствие фотосенсибилизирующего эффекта препарата, пациентам после введения 5-АЛК рекомендуется 24–48 ч находиться в затененном помещении [49, 50].

Учитывая высокую эффективность методики в интраоперационной визуализации ОЦЖ, безопасность для больного и медицинского персонала, отсутствие необходимости в дополнительном дорогостоящем оборудовании, данная методика может быть расценена как перспективная для применения в клинической практике и дальнейшего изучения.

Заключение. Тщательная дооперационная топическая диагностика ОЦЖ с применением двух и более визуализирующих методик, таких как ультразвуковое исследование, динамическая сцинтиграфия шеи с ^{99m}Tc -технетрилом и однофотонная эмиссионная компьютерная томография, а также точное знание анатомии передней области шеи и опыт хирургической бригады определяют исход оперативных вмешательств у пациентов с заболеваниями ЩЖ и ОЦЖ. При этом, с целью улучшения результатов лечения последних, эндокринным хирургам необходима надежная и безопасная технология, которая помогает во время операции идентифицировать ОЦЖ, определить их жизнеспособность, дифференцировать паратиромы от здоровых желез, а также, наряду с интра- и послеоперационным определением

уровня паратиреоидного гормона, прогнозировать радикальность выполненного вмешательства. Проанализированные в статье радионавигационные и фотодинамические методики как раз и позволяют достичь поставленных целей.

Фотодинамические методики интраоперационной визуализации ОЦЖ являются относительно безопасными и вспомогательными при их дифференцированном использовании во время оперативных вмешательств на ЩЖ и ОЦЖ. Флуоресцентные технологии не требуют применения дополнительного дорогостоящего оборудования. К тому же, в отличие от радионавигационных методик, они лишены такого недостатка, как воздействие ионизирующего излучения на пациента и хирургическую бригаду. Однако с учетом физических свойств света, флуоресцентные методики требуют предварительного удаления всех тканей с поверхности ОЦЖ, что, с одной стороны, может привести к их дополнительному повреждению, с другой – не позволяет использовать паратиреономониторинг для навигации в случае эктопически расположенных желез.

Раствор метилового синего при применении в общепринятых дозах обладает высокой токсичностью и выраженными побочными эффектами. При попытках уменьшить дозу вводимого вещества до безопасной у многих больных не удается достигнуть окрашивания ОЦЖ. В связи с этим препарат не может рутинно использоваться в целях интраоперационной визуализации ОЦЖ. Раствор индоцианина зеленого относительно безопасен для пациента. С помощью него возможно достоверно оценить целостность сосудов ОЦЖ и прогнозировать их функцию в послеоперационном периоде и, как следствие, обоснованно принять решение о необходимости выполнения аутоотрансплантации ОЦЖ. Тем не менее данный краситель не позволяет дифференцировать патологически измененную паратиреоидную ткань от здоровой, что ограничивает его применение при операциях по поводу гиперпаратиреоза. В этих целях возможно применение комбинации ангиографии с индоцианином зеленым и аутофлуоресценции ОЦЖ. Из известных флуоресцентных агентов наиболее перспективным для дальнейшего изучения и клинического применения представляется 5-АЛК. Данное вещество является естественным для организма. Несмотря на фотосенсибилизирующие свойства, препарат обладает наименьшим числом зарегистрированных побочных эффектов, а также не приводит к флуоресценции окружающих тканей. Внедрение в клиническую практику интраоперационного мониторинга ОЦЖ с 5-АЛК позволяет осуществлять поиск и дифференциальную диагностику здоровых ОЦЖ и паратиром, тем самым способствуя радикальности вмешательств при гиперпаратиреозе, профилактике рецидива и персистенции заболевания, а также послеоперационного гипопаратиреоза (гипопаратиреоза) при операциях на ЩЖ. Тем не менее необходимо проведение дальнейших исследований с накоплением значительного опыта применения фотодинамических методик визуализации ОЦЖ, в том числе в минимально инвазивной хирургии, с целью оценки их безопасности, отработки оптимальных дозировок препаратов, объективизации их побочных эффектов и разработки количественных способов оценки флуоресценции ОЦЖ.

Конфликт интересов

Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Соответствие нормам этики

Авторы подтверждают, что соблюдены права людей, принимавших участие в исследовании, включая получение информированного

согласия в тех случаях, когда оно необходимо, и правила обращения с животными в случаях их использования в работе. Подробная информация содержится в Правилах для авторов.

Compliance with ethical principles

The authors confirm that they respect the rights of the people participated in the study, including obtaining informed consent when it is necessary, and the rules of treatment of animals when they are used in the study. Author Guidelines contains the detailed information.

ЛИТЕРАТУРА

- De Leeuw F., Breuskin I., Abbaci M. et al. Intraoperative near-infrared imaging for parathyroid gland identification by autofluorescence : a feasibility study // *World J. Surg.* 2016. Vol. 40, № 9. P. 2131–2138. Doi: 10.1007/s00268-016-3571-5.
- Surgical management of primary hyperparathyroidism / S. Ryan, D. Courtney, J. Moriariu, C. Timon // *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology.* 2017. Vol. 274, № 12. P. 4225–4232. Doi: 10.1007/s00405-017-4776-4.
- Mathonnet M., Cuerq A., Tresallet C. et al. What is the care pathway of patients who undergo thyroid surgery in France and its potential pitfalls? A national cohort // *BMJ Open.* 2017. Vol. 7. P. e013589. Doi: 10.1136/bmjopen-2016-013589.
- Christou N., Mathonnet M. Complications after total thyroidectomy // *Journal of Visceral Surgery.* 2013. Vol. 150, № 4. P. 249–256. Doi: 10.1016/j.jvisc.2013.04.003.
- Zhao W., Luo H., Zhou Y. et al. Evaluating the effectiveness of prophylactic central neck dissection with total thyroidectomy for cN0 papillary thyroid carcinoma : An updated meta-analysis // *European Journal of Surgical Oncology.* 2017. Vol. 43, № 11. P. 1989–2000. Doi: 10.1016/j.ejso.2017.07.008.
- Barczyński M., Gólkowski F., Nawrot I. Parathyroid transplantation in thyroid surgery // *Gland Surgery.* 2017. Vol. 6, № 5. P. 530–536. Doi: 10.21037/g.2017.06.07.
- Blumgart H. L., Yens O. C. Studies on the velocity of blood flow : I. The method utilized // *J. Clin. Invest.* 1927. Vol. 4, № 1. P. 1–13. Doi: 10.1172/JCI100106.
- Blumgart H. L., Weiss S. Studies on the velocity of blood flow : VII. The Pulmonary Circulation Time in Normal Resting Individuals // *J. Clin. Invest.* 1927. Vol. 4, № 3. P. 399–425. Doi: 10.1172/JCI100131.
- Silverstone B., Sweet W. H., Robinson C. V. The clinical use of radioactive phosphorus in the surgery of brain tumors // *Annals of Surgery.* 1949. Vol. 130, № 4. P. 643–651. Doi: 10.1097/0000658-194910000-00007.
- Harris C. C., Bigelow R. R., Francis J. E. et al. A Cs(Ti)-crystal surgical scintillation probe // *Nucleonics.* 1956. Vol. 14. P. 102–108.
- Ubhi C. S., Hardy J. G., Pegg C. A. S. Mediastinal parathyroid adenoma : A new method of localization // *British Journal of Surgery.* 1984. Vol. 71, № 11. P. 859–860. Doi: 10.1002/bjs.1800711118.
- Martinez D. A., King D. R., Romshe C. et al. Intraoperative identification of parathyroid gland pathology : A new approach // *Journal of Pediatric Surgery.* 1995. Vol. 30, № 9. P. 1306–1309. Doi: 10.1016/0022-3468(95)90491-3.
- Norman J., Chheda H. Minimally invasive parathyroidectomy facilitated by intraoperative nuclear mapping // *Surgery.* 1997. Vol. 122, № 6. P. 998–1004. Doi: 10.1016/s0039-6060(97)90201-4.
- Padma S., Sundaram P. Parathyroid scintigraphy, histopathology correlation in patients with tropical pancreatitis and coexisting primary hyperparathyroidism // *Indian Journal of Nuclear Medicine.* 2013. Vol. 28, № 1. P. 5. Doi: 10.4103/0972-3919.116796.
- Ogi S., Fukumitsu N., Uchiyama M. et al. The usefulness of radio-guided surgery in secondary hyperparathyroidism // *Annals of Nuclear Medicine.* 2004. Vol. 18, № 1. P. 69–71. Doi: 10.1007/bf02985617.
- Takeyama H., Shioya H., Mori Y. et al. Usefulness of radio-guided surgery using technetium-99m methoxyisobutylisonitrile for primary and secondary hyperparathyroidism // *World J. Surg.* 2004. Vol. 28. P. 576–582.
- Minimally invasive radio-guided parathyroidectomy : long-term results with the «low 99mTc-sestamibi protocol» / D. Rubello, G. Mariani, A. Al-Nahas, M. R. Pelizzo // *Nuclear Medicine Communications.* 2006. Vol. 27, № 9. P. 709–713. Doi: 10.1097/01.nmm.0000230071.54318.28.
- Paras C., Keller M., White L. et al. Near-infrared autofluorescence for the detection of parathyroid glands // *Journal of Biomedical Optics.* 2011. Vol. 16, № 6. P. 067012. Doi: 10.1117/1.3583571.
- McWade M. A., Sanders M. E., Broome J. T. et al. Establishing the clinical utility of autofluorescence spectroscopy for parathyroid detection // *Surgery.* 2016. Vol. 159, № 1. P. 193–202. Doi: 10.1016/j.surg.2015.06.047.
- Benmiloud F., Rebaudet S., Varoquaux A. et al. Impact of autofluorescence-based identification of parathyroids during total thyroidectomy on postoperative hypocalcemia : a before and after controlled study // *Surgery.* 2018. Vol. 163. P. 23–30. Doi: 10.1016/J.SURG.2017.06.022.
- Kahramangil B., Dip F., Benmiloud F. et al. Detection of parathyroid autofluorescence using near-infrared imaging : a multicenter analysis of concordance between different surgeons // *Ann. Surg. Oncol.* 2018. Vol. 25, № 4. P. 957–962. Doi: 10.1245/s10434-018-6364-2.
- Kim S. W., Lee H. S., Ahn Y.-C. et al. Near-infrared autofluorescence image-guided parathyroid gland mapping in thyroidectomy // *J. Am. Coll. Surg.* 2018. Vol. 226, № 2. P. 165–172. Doi: 10.1016/j.jamcollsurg.2017.10.015.
- Ladurner R., Sommerer S., AlArabi N. et al. Intraoperative near-infrared autofluorescence imaging of parathyroid glands // *Surg. Endosc.* 2017. Vol. 31, № 8. P. 3140–3145. Doi: 10.1007/s00464-016-5338-3.
- Dudley N. E. Methylene Blue for Rapid Identification of the Parathyroids // *British Medical Journal.* 1971. Vol. 3. P. 680–681.
- Bambach C. P., Reeve T. S. Parathyroid identification by methylene blue infusion // *ANZ Journal of Surgery.* 1978. Vol. 48, № 3. P. 314–317. Doi: 10.1111/j.1445-2197.1978.tb05238.x.
- Tummers Q. R., Schepers A., Hamming J. F. et al. Intraoperative guidance in parathyroid surgery using near-infrared fluorescence imaging and low-dose Methylene Blue // *Surgery.* 2015. Vol. 158, № 5. P. 1323–1330. Doi: 10.1016/j.surg.2015.03.027.
- Use of methylene blue and near-infrared fluorescence in thyroid and parathyroid surgery / S. L. Hillary, S. Guillermet, N. J. Brown, S. P. Balasubramanian // *Langenbecks Arch. Surg.* 2018. Vol. 403, № 1. P. 111–118. Doi: 10.1007/s00423-017-1641-2.
- Shopes E., Gerard W., Baughman J. Methylene blue encephalopathy : a case report and review of published cases // *AANA J.* 2013. Vol. 81, № 3. P. 215–221.
- Heritier Barras A.-C., Walder B., Seeck M. Serotonin syndrome following Methylene Blue infusion: a rare complication of antidepressant therapy // *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry.* 2010. Vol. 81, № 12. P. 1412–1413. Doi: 10.1136/jnnp.2009.172221.
- Зубков А. В., Краюшкин А. И., Загребин В. Л. Использование метиленового синего в интраоперационном поиске околощитовидных желез // *Международ. науч.-исслед. журн.* 2018. Т. 9, № 75. С. 118–121. Doi: 10.23670/IRJ.2018.75.9.022.
- Piromchai P., Juengtrakool T., Laohasiriwong S. et al. The sensitivity and specificity of methylene blue spray to identify the parathyroid gland during thyroidectomy // *PeerJ.* 2019. Vol. 7. P. e6376. Doi: 10.7717/peerj.6376.
- Bewick J., Pfeleiderer A. The value and role of low dose methylene blue in the surgical management of hyperparathyroidism // *The Annals of The Royal College of Surgeons of England.* 2014. Vol. 96, № 7. P. 526–529. Doi: 10.1308/003588414x13946184903883.
- Vorst J. R. van der, Schaafsma B. E., Verbeek F. P. R. et al. Intraoperative near-infrared fluorescence imaging of parathyroid adenomas with use of low-dose methylene blue // *Head & Neck.* 2013. Vol. 36, № 6. P. 853–858. Doi: 10.1002/hed.23384.
- Suh Y. J., Choi J. Y., Chai Y. J. et al. Indocyanine green as a near-infrared fluorescent agent for identifying parathyroid glands during thyroid surgery in dogs // *Surg Endosc.* 2015. Vol. 29, № 9. P. 2811–2817. Doi: 10.1007/s00464-014-3971-2.
- Indocyanine green fluorescence-guided redo parathyroidectomy / J. M. Chakedis, C. Maser, K. T. Brumund, M. Bouvet // *BMJ Case Rep.* 2015. Vol. 2015. P. bcr2015211778. Doi: 10.1136/bcr-2015-211778.
- Rudin A. V., McKenzie T. J., Thompson G. B. et al. Evaluation of Parathyroid Glands with Indocyanine Green Fluorescence Angiography After Thyroidectomy // *World J. Surg.* 2019. Vol. 43, № 6. P. 1538–1543. Doi: 10.1007/s00268-019-04909-z.
- Zaidi N., Bucak E., Yazici P. et al. The feasibility of indocyanine green fluorescence imaging for identifying and assessing the perfusion of parathyroid glands during total thyroidectomy // *J. Surg. Oncol.* 2016. Vol. 113, № 7. P. 775–778. Doi: 10.1002/jso.24237.
- Karampinis I., Di Meo G., Gerken A. et al. Intraoperative Indocyanine Green Fluorescence to Assure Vital Parathyroids in Thyroid Resections //

- Zentralbl. Chir. 2018. Vol. 143, № 4. P. 380–384. Doi: 10.1055/a-0655-7881.
39. Vidal Fortuny J., Sadowski S. M., Belfontali V. et al. Randomized clinical trial of intraoperative parathyroid gland angiography with indocyanine green fluorescence predicting parathyroid function after thyroid surgery // *Br. J. Surg.* 2018. Vol. 105, № 4. P. 350–357. Doi: 10.1002/bjs.10783.
 40. Lang B. H., Wong C. K., Hung H. T. et al. Indocyanine green fluorescence angiography for quantitative evaluation of in situ parathyroid gland perfusion and function after total thyroidectomy // *Surgery.* 2017. Vol. 161, № 1. P. 87–95. Doi: 10.1016/j.surg.2016.03.037.
 41. Vidal Fortuny J., Sadowski S. M., Belfontali V. et al. Indocyanine Green Angiography in Subtotal Parathyroidectomy : Technique for the Function of the Parathyroid Remnant // *Journal of the American College of Surgeons.* 2016. Vol. 223, № 5. P. e43–e49. Doi: 10.1016/j.jamcollsurg.2016.08.540.
 42. Cui L., Gao Y., Yu H. et al. Intraoperative Parathyroid Localization with Near-Infrared Fluorescence Imaging Using Indocyanine Green during Total Parathyroidectomy for Secondary Hyperparathyroidism // *Scientific Reports.* 2017. Vol. 7, № 1. Doi: 10.1038/s41598-017-08347-6.
 43. Gahlen J., Winkler S., Flechtenmacher C. et al. Intraoperative Fluorescence Visualization of the Parathyroid Gland in Rats // *Endocrinology.* 2001. Vol. 142, № 11. P. 5031. Doi: 10.1210/endo.142.11.8594.
 44. Prosst R. L., Schroeter L., Gahlen J. Kinetics of intraoperative fluorescence diagnosis of parathyroid glands // *Eur. J. Endocrinol.* 2004. Vol. 150, № 5. P. 743–747.
 45. Prosst R. L., Schroeter L., Gahlen J. Enhanced ALA-induced fluorescence in hyperparathyroidism // *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology.* 2005. Vol. 79, № 1. P. 79–82. Doi: 10.1016/j.jphotobiol.2004.11.019.
 46. Prosst R. L., Willeke F., Schroeter L. et al. Fluorescence-guided minimally invasive parathyroidectomy : a novel detection technique for parathyroid glands // *Surgical Endoscopy.* 2006. Vol. 20, № 9. P. 1488–1492. Doi: 10.1007/s00464-005-0471-4.
 47. Prosst R. L., Gahlen J., Schnuelle P. et al. Fluorescence-Guided Minimally Invasive Parathyroidectomy : A Novel Surgical Therapy for Secondary Hyperparathyroidism // *American Journal of Kidney Diseases.* 2006. Vol. 48, № 2. P. 327–331. Doi: 10.1053/j.ajkd.2006.05.002.
 48. Suzuki T., Numata T., Shibuya M. Intraoperative photodynamic detection of normal parathyroid glands using 5-aminolevulinic acid // *The Laryngoscope.* 2011. Vol. 121, № 7. P. 1462–1466. Doi: 10.1002/lary.21857.
 49. Takeuchi S., Shimizu K., Shimizu K. Jr. et al. Identification of pathological and normal parathyroid tissue by fluorescent labeling with 5-aminolevulinic acid during endocrine neck surgery // *J. Nippon Med. Sch.* 2014. Vol. 81, № 2. P. 84–93.
 50. Prosst R. L., Weiss J., Hupp L. et al. Fluorescence-Guided Minimally Invasive Parathyroidectomy : Clinical Experience with a Novel Intraoperative Detection Technique for Parathyroid Glands // *World Journal of Surgery.* 2010. Vol. 34, № 9. P. 2217–2222. Doi: 10.1007/s00268-010-0621-2.
- ## REFERENCES
1. De Leeuw F., Breuskin I., Abbaci M., Casiraghi O., Mirghani H., Ben Lakhdar A. et al. Intraoperative near-infrared imaging for parathyroid gland identification by autofluorescence: a feasibility study. *World J Surg.* 2016;40(9):2131–2138. Doi: 10.1007/s00268-016-3571-5.
 2. Ryan S., Courtney D., Moriariu J., Timon C. Surgical management of primary hyperparathyroidism. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology.* 2017;274(12):4225–4232. Doi: 10.1007/s00405-017-4776-4.
 3. Mathonnet M., Cuerq A., Tresallet C., Thalabard J.-C., Fery-Lemonnier E., Russ G. et al. What is the care pathway of patients who undergo thyroid surgery in France and its potential pitfalls? A national cohort. *BMJ Open.* 2017;7:e013589. Doi: 10.1136/bmjopen-2016-013589.
 4. Christou N., Mathonnet M. Complications after total thyroidectomy. *Journal of Visceral Surgery.* 2013;150(4):249–256. Doi: 10.1016/j.jvisc.2013.04.003.
 5. Zhao W., Luo H., Zhou Y., Dai W., Zhu J. Evaluating the effectiveness of prophylactic central neck dissection with total thyroidectomy for cN0 papillary thyroid carcinoma: An updated meta-analysis. *European Journal of Surgical Oncology.* 2017;43(11):1989–2000. Doi: 10.1016/j.ejso.2017.07.008.
 6. Barczyński M., Gólkowski F., Nawrot I. Parathyroid transplantation in thyroid surgery. *Gland Surgery.* 2017;6(5):530–536. Doi: 10.21037/gs.2017.06.07.
 7. Blumgart H. L., Yens O. C. Studies on the velocity of blood flow: I. The method utilized. *J Clin Invest.* 1927;4(1):1–13. Doi: 10.1172/JCI100106.
 8. Blumgart H. L., Weiss S. Studies on the velocity of blood flow: VII. The Pulmonary Circulation Time in Normal Resting Individuals. *J Clin Invest.* 1927;4(3):399–425. Doi: 10.1172/JCI100131.
 9. Selverstone B., Sweet W. H., Robinson C. V. The clinical use of radioactive phosphorus in the surgery of brain tumors. *Annals of Surgery.* 1949;130(4):643–651. Doi: 10.1097/0000658-194910000-00007.
 10. Harris C. C., Bigelow R. R., Francis J. E., Kelly G. G., Bell P. R. A Cs-137 crystal surgical scintillation probe. *Nucleonics.* 1956;14:102–108.
 11. Ubhi C. S., Hardy J. G., Pegg C. A. S. Mediastinal parathyroid adenoma: A new method of localization. *British Journal of Surgery.* 1984;71(11):859–860. Doi: 10.1002/bjs.1800711118.
 12. Martinez D. A., King D. R., Romshe C., Lozano R. A., Morris J. D., O'Dorisio M. S., Martin E. Intraoperative identification of parathyroid gland pathology: A new approach. *Journal of Pediatric Surgery.* 1995;30(9):1306–1309. Doi: 10.1016/0022-3468(95)90491-3.
 13. Norman J., Chheda H. Minimally invasive parathyroidectomy facilitated by intraoperative nuclear mapping. *Surgery.* 1997;122(6):998–1004. Doi: 10.1016/s0039-6060(97)90201-4.
 14. Padma S., Sundaram P. Parathyroid scintigraphy, histopathology correlation in patients with tropical pancreatitis and coexisting primary hyperparathyroidism. *Indian Journal of Nuclear Medicine.* 2013;28(1):5. Doi: 10.4103/0972-3919.116796.
 15. Ogi S., Fukumitsu N., Uchiyama M., Mori Y., Takeyama H. The usefulness of radio-guided surgery in secondary hyperparathyroidism. *Annals of Nuclear Medicine.* 2004;18(1):69–71. Doi: 10.1007/bf02985617.
 16. Takeyama H., Shiota H., Mori Y., Ogi S., Yamamoto H., Kato N., Kinoshita S., Yoshida K., Uchida K., Yamazaki Y. Usefulness of radio-guided surgery using technetium-99m methoxyisobutylisonitrile for primary and secondary hyperparathyroidism. *World J Surg.* 2004;28:576–582.
 17. Rubello D., Mariani G., Al-Nahhas A., Pelizzo M. R. Minimally invasive radio-guided parathyroidectomy: long-term results with the "low 99mTc-sestamibi protocol". *Nuclear Medicine Communications.* 2006;27(9):709–713. Doi: 10.1097/01.mnm.0000230071.54318.28.
 18. Paras C., Keller M., White L., Phay J., Mahadevan-Jansen A. Near-infrared autofluorescence for the detection of parathyroid glands. *Journal of Biomedical Optics.* 2011;16(6):067012. Doi: 10.1117/1.3583571.
 19. McWade M. A., Sanders M. E., Broome J. T., Solórzano C. C., Mahadevan-Jansen A. Establishing the clinical utility of autofluorescence spectroscopy for parathyroid detection. *Surgery.* 2016;159(1):193–202. Doi: 10.1016/j.surg.2015.06.047.
 20. Benmiloud F., Rebaudet S., Varoquaux A., Penaranda G., Bannier M., Denizot A. Impact of autofluorescence-based identification of parathyroids during total thyroidectomy on postoperative hypocalcemia: a before and after controlled study. *Surgery.* 2018;163:23–30. Doi: 10.1016/J.SURG.2017.06.022.
 21. Kahramangil B., Dip F., Benmiloud F., Falco J., de La Fuente M., Verna S. et al. Detection of parathyroid autofluorescence using near-infrared imaging: a multicenter analysis of concordance between different surgeons. *Ann Surg Oncol.* 2018;25(4):957–962. Doi: 10.1245/s10434-018-6364-2.
 22. Kim S. W., Lee H. S., Ahn Y.-C., Park C. W., Jeon S. W., Kim C. H. et al. Near-infrared autofluorescence image-guided parathyroid gland mapping in thyroidectomy. *J Am Coll Surg.* 2018;226(2):165–172. Doi: 10.1016/j.jamcollsurg.2017.10.015.
 23. Ladurner R., Sommerer S., Al Arabi N., Hallfeldt K. K. J., Stepp H., Gallwas J. K. S. Intraoperative near-infrared autofluorescence imaging of parathyroid glands. *Surg Endosc.* 2017;31(8):3140–3145. Doi: 10.1007/s00464-016-5338-3.
 24. Dudley N. E. Methylene Blue for Rapid Identification of the Parathyroids. *British Medical Journal.* 1971;3:680–681.
 25. Bambach C. P., Reeve T. S. Parathyroid identification by methylene blue infusion. *ANZ Journal of Surgery.* 1978;48(3):314–317. Doi: 10.1111/j.1445-2197.1978.tb05238.x.
 26. Tummers Q. R., Schepers A., Hamming J. F., Kievit J., Frangioni J. V., van de Velde C. J., Vahrmeijer A. L. Intraoperative guidance in parathyroid surgery using near-infrared fluorescence imaging and low-dose Methylene Blue. *Surgery.* 2015;158(5):1323–1330. Doi: 10.1016/j.surg.2015.03.027.

27. Hillary S. L., Guillermet S., Brown N. J., Balasubramanian S. P. Use of methylene blue and near-infrared fluorescence in thyroid and parathyroid surgery. *Langenbecks Arch Surg.* 2018;403(1):111–118. Doi: 10.1007/s00423-017-1641-2.
28. Shopes E., Gerard W., Baughman J. Methylene blue encephalopathy: a case report and review of published cases. *AANA J.* 2013;81(3):215–221.
29. Heritier Barras A.-C., Walder B., Seeck M. Serotonin syndrome following Methylene Blue infusion: a rare complication of antidepressant therapy. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry.* 2010;81(12):1412–1413. Doi: 10.1136/jnnp.2009.172221.
30. Zubkov A. V., Krayushkin A. I., Zagrebina V. L. Ispol'zovanie metilennovogo sinogo v intraoperacionnom poiske okoloshchitovidnykh zhelez. *Mezh-dunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal.* 2018;9(75):118–121. Doi: 10.23670/IRJ.2018.75.9.022. (In Russ.).
31. Piroomchai P., Juengtrakool T., Laohasiriwong S., Kasemsiri P., Ungareevittaya P. The sensitivity and specificity of methylene blue spray to identify the parathyroid gland during thyroidectomy. *PeerJ.* 2019; 7:e6376. Doi: 10.7717/peerj.6376.
32. Bewick J., Pfeleiderer A. The value and role of low dose methylene blue in the surgical management of hyperparathyroidism. *The Annals of The Royal College of Surgeons of England.* 2014;96(7):526–529. Doi: 10.1308/003588414x13946184903883.
33. Van der Vorst J. R., Schaafsma B. E., Verbeek F. P. R., Swijnenburg R.-J., Tummers Q. R. J. G., Hutteman M. et al. Intraoperative near-infrared fluorescence imaging of parathyroid adenomas with use of low-dose methylene blue. *Head & Neck.* 2013;36(6):853–858. Doi: 10.1002/hed.23384.
34. Suh Y. J., Choi J. Y., Chai Y. J., Kwon H., Woo J. W., Kim S. J., Kim K. H., Lee K. E., Lim Y. T., Youn Y. K. Indocyanine green as a near-infrared fluorescent agent for identifying parathyroid glands during thyroid surgery in dogs. *Surg Endosc.* 2015;29(9):2811–2817. Doi: 10.1007/s00464-014-3971-2.
35. Chakedis J. M., Maser C., Brumund K. T., Bouvet M. Indocyanine green fluorescence-guided redo parathyroidectomy. *BMJ Case Rep.* 2015;bcr2015211778. Doi: 10.1136/bcr-2015-211778.
36. Rudin A. V., McKenzie T. J., Thompson G. B., Farley D. R., Lyden M. L. Evaluation of Parathyroid Glands with Indocyanine Green Fluorescence Angiography After Thyroidectomy. *World J Surg.* 2019;43(6):1538–1543. Doi: 10.1007/s00268-019-04909-z.
37. Zaidi N., Bucak E., Yazici P., Soundararajan S., Okoh A., Yigitbas H., Dural C., Berber E. The feasibility of indocyanine green fluorescence imaging for identifying and assessing the perfusion of parathyroid glands during total thyroidectomy. *J Surg Oncol.* 2016;113(7):775–778. Doi: 10.1002/jso.24237.
38. Karampinis I., Di Meo G., Gerken A., Stasiunaitis V., Lammert A., Nowak K. Intraoperative Indocyanine Green Fluorescence to Assure Vital Parathyroids in Thyroid Resections. *Zentralbl Chir.* 2018;143(4):380–384. Doi: 10.1055/a-0655-7881.
39. Vidal Fortuny J., Sadowski S.M., Belfontali V., Guigard S., Poncet A., Ris F. et al. Randomized clinical trial of intraoperative parathyroid gland angiography with indocyanine green fluorescence predicting parathyroid function after thyroid surgery. *Br J Surg.* 2018;105(4):350–357. Doi: 10.1002/bjs.10783.
40. Lang B. H., Wong C. K., Hung H. T., Wong K. P., Mak K. L., Au K. B. Indocyanine green fluorescence angiography for quantitative evaluation of in situ parathyroid gland perfusion and function after total thyroidectomy. *Surgery.* 2017;161(1):87–95. Doi: 10.1016/j.surg.2016.03.037.
41. Vidal Fortuny J., Sadowski S. M., Belfontali V., Karenovics W., Guigard S., Triponez F. Indocyanine Green Angiography in Subtotal Parathyroidectomy: Technique for the Function of the Parathyroid Remnant. *Journal of the American College of Surgeons.* 2016;223(5):e43–e49. Doi: 10.1016/j.jamcollsurg.2016.08.540.
42. Cui L., Gao Y., Yu H., Li M., Wang B., Zhou T., Hu Q. Intraoperative Parathyroid Localization with Near-Infrared Fluorescence Imaging Using Indocyanine Green during Total Parathyroidectomy for Secondary Hyperparathyroidism. *Scientific Reports.* 2017;7(1). Doi: 10.1038/s41598-017-08347-6.
43. Gahlen J., Winkler S., Flechtenmacher C., Prosst R. L., Herfarth C. Intraoperative Fluorescence Visualization of the Parathyroid Gland in Rats. *Endocrinology.* 2001;142(11):5031. Doi: 10.1210/endo.142.11.8594.
44. Prosst R. L., Schroeter L., Gahlen J. Kinetics of intraoperative fluorescence diagnosis of parathyroid glands. *Eur J Endocrinol.* 2004;150(5):743–747.
45. Prosst R. L., Schroeter L., Gahlen J. Enhanced ALA-induced fluorescence in hyperparathyroidism. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology.* 2005;79(1):79–82. Doi: 10.1016/j.jphotobiol.2004.11.019.
46. Prosst R. L., Willeke F., Schroeter L., Post S., Gahlen J. Fluorescence-guided minimally invasive parathyroidectomy: a novel detection technique for parathyroid glands. *Surgical Endoscopy.* 2006;20(9):1488–1492. Doi: 10.1007/s00464-005-0471-4.
47. Prosst R. L., Gahlen J., Schnuelle P., Post S., Willeke F. Fluorescence-Guided Minimally Invasive Parathyroidectomy: A Novel Surgical Therapy for Secondary Hyperparathyroidism. *American Journal of Kidney Diseases.* 2006;48(2):327–331. Doi: 10.1053/ajkd.2006.05.002.
48. Suzuki T., Numata T., Shibuya M. Intraoperative photodynamic detection of normal parathyroid glands using 5-aminolevulinic acid. *The Laryngoscope.* 2011;121(7):1462–1466. Doi: 10.1002/lary.21857.
49. Takeuchi S., Shimizu K., Shimizu K. Jr., Akasu H., Okamura R. Identification of pathological and normal parathyroid tissue by fluorescent labeling with 5- aminolevulinic acid during endocrine neck surgery. *J Nippon Med Sch.* 2014;81(2):84–93.
50. Prosst R. L., Weiss J., Hupp L., Willeke F., Post S. Fluorescence-Guided Minimally Invasive Parathyroidectomy: Clinical Experience with a Novel Intraoperative Detection Technique for Parathyroid Glands. *World Journal of Surgery.* 2010;34(9):2217–2222. Doi: 10.1007/s00268-010-0621-2.

Информация об авторах:

Ромашченко Павел Николаевич, доктор медицинских наук, профессор, член-корреспондент РАН, начальник кафедры факультетской хирургии им. С. П. Фёдорова, Военно-медицинская академия им. С. М. Кирова (Санкт-Петербург, Россия), ORCID: 0000-0001-8918-1730; **Майстренко Николай Анатольевич**, доктор медицинских наук, профессор, академик РАН, профессор кафедры факультетской хирургии им. С. П. Фёдорова, Военно-медицинская академия им. С. М. Кирова (Санкт-Петербург, Россия), ORCID: 0000-0002-1405-7660; **Криволапов Денис Сергеевич**, старший ординатор онкологического отделения кафедры факультетской хирургии им. С. П. Фёдорова, Военно-медицинская академия им. С. М. Кирова (Санкт-Петербург, Россия), ORCID: 0000-0002-9499-2164; **Вшивцев Дмитрий Олегович**, клинический ординатор кафедры факультетской хирургии им. С. П. Фёдорова, Военно-медицинская академия им. С. М. Кирова (Санкт-Петербург, Россия), ORCID: 0000-0002-9000-427X.

Information about authors:

Romashchenko Pavel N., Dr. of Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Faculty Surgery named after S.P. Fedorov, Military Medical Academy (Saint Petersburg, Russia), ORCID: 0000-0001-8918-1730; **Maistrenko Nikolay A.**, Dr. of Sci. (Med.), Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Professor of the Department of Faculty Surgery named after S.P. Fedorov, Military Medical Academy (Saint Petersburg, Russia), ORCID: 0000-0002-1405-7660; **Krivolapov Denis S.**, Senior Resident of the Oncology Division of the Department of Faculty Surgery named after S.P. Fedorov, Military Medical Academy (Saint Petersburg, Russia), ORCID: 0000-0002-9499-2164; **Vshivtsev Dmitry O.**, Clinical Resident of the Department of Faculty Surgery named after S.P. Fedorov, Military Medical Academy (Saint Petersburg, Russia), ORCID: 0000-0002-9000-427X.