

Биопсия сторожевых лимфатических узлов флуоресцентным методом с использованием индоцианина зеленого при локальной меланоме кожи

К.С. Титов^{1,2}, Ш.Р. Джамилев¹, И.Н. Лебединский¹, А.С. Сухотко¹, А.И. Евсиков¹, М.В. Сорокина¹, Г.М. Запиров^{2,3}, Д.Н. Греков^{1,4}

¹ГБУЗ «Городская клиническая больница им. С.П. Боткина Департамента здравоохранения г. Москвы»; Россия, 125284 Москва, 2-й Боткинский проезд, 5;

²ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов»; Россия, 117198 Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6;

³Московский научно-исследовательский онкологический институт им. П.А. Герцена — филиал ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Минздрава России; Россия, 125284 Москва, 2-й Боткинский проезд, 3;

⁴ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России; Россия, 125993 Москва, ул. Баррикадная, 2/1, стр. 1

Контакты: Шерали Раджабалиевич Джамилев 9211824533@mail.ru

Своевременная диагностика и лечение меланомы кожи являются актуальными задачами в настоящее время, поскольку смертность от данной патологии составляет более 70 % всех опухолей кожи, и это заболевание в России определяется на I стадии лишь в 35,7 % случаев. Правильно подобранная терапия дает хорошие результаты, но для эффективного лечения необходимо точное стадирование процесса, предполагающее выявление метастазов в сторожевых лимфатических узлах, которые клинически нельзя обнаружить. В настоящем обзоре проанализированы данные исследований, показывающих эффективность определения сторожевых лимфатических узлов с помощью флуоресцентного метода с использованием индоцианина.

Ключевые слова: меланома кожи, сторожевые лимфатические узлы, индоцианин зеленый, биопсия сторожевого лимфатического узла

Для цитирования: Титов К.С., Джамилев Ш.Р., Лебединский И.Н. и др. Биопсия сторожевых лимфатических узлов флуоресцентным методом с использованием индоцианина зеленого при локальной меланоме кожи. Саркомы костей, мягких тканей и опухоли кожи 2023;15(3):16–20. DOI: 10.17650/2782-3687-2023-15-3-16-20

BIOPSY OF THE SENTINEL LYMPH NODES USING INDOCYANINE GREEN FLUORESCENCE METHOD IN LOCAL CUTANEOUS MELANOMA

K.S. Titov^{1,2}, Sh.R. Dzhamilov¹, I.N. Lebedinsky¹, A.S. Sukhotko¹, A.I. Evsikov¹, M.V. Sorokina¹, G.M. Zapirov^{2,3}, D.N. Grekov^{1,4}

¹S.P. Botkin City Clinical Hospital of the Moscow Healthcare Department; 5 2nd Botkinskij proezd, Moscow 125284, Russia;

²Peoples' Friendship University of Russia; 6 Miklukho-Maklaya St., Moscow 117198, Russia;

³P.A. Herzen Moscow Research Oncological Institute — branch of the National Medical Research Center of Radiology, Ministry of Health of Russia; 3 2nd Botkinskij proezd, Moscow 125284, Russia;

⁴Russian Medical Academy of Continuing Professional Education, Ministry of Health of Russia; Bld. 1, 2/1 Barricadnaya St., Moscow 125993, Russia

Contacts: Sherali Rajabaliyevich Dzhamilov 9211824533@mail.ru

Timely diagnosis and treatment of cutaneous melanoma are important problems as mortality for this pathology exceeds 70 % of all skin tumors, and in Russia this disease is diagnosed at stage I only in 35.7 % of cases. Correctly selected therapy offers good results, but effective treatment requires accurate staging involving detection of metastases in the sentinel lymph nodes which cannot be identified clinically. This review analyzes study data showing the effectiveness of detection of the sentinel lymph nodes using indocyanine green fluorescence method.

Keywords: cutaneous melanoma, sentinel lymph nodes, indocyanine green, sentinel lymph node biopsy

For citation: Titov K.S., Dzhamilov Sh.R., Lebedinsky I.N. et al. Biopsy of the sentinel lymph nodes using indocyanine green fluorescence method in local cutaneous melanoma. *Sarkomy kostei, miagkikh tkanei i opukholi kozhi = Bone and Soft Tissue Sarcomas, Tumors of the Skin* 2023;15(3):16–20. (In Russ.). DOI: 10.17650/2782-3687-2023-15-3-16-20

Введение

Меланома кожи (МК) в России составляет 1,82 % всех злокачественных новообразований взрослого населения и 12,65 % всех опухолей кожи, а смертность от данной патологии среди кожных онкологических заболеваний — более 70 %. В целом в РФ только в 35,7 % случаев МК выявляется на I стадии. В России данная патология входит в список ведущих опухолевых локализаций. В 2020 г. заболеваемость МК («грубый показатель») составила 6,94 случая на 100 тыс., среднегодовой темп прироста за 2010–2020 гг. — 2,86 %, общий прирост — 33,96 %. Постоянно увеличивается и абсолютное число заболевших: 3976 человек в 2015 г. против 2768 человек в 2005 г. [1–7].

Хирургическое удаление первичной МК и метастатически измененных регионарных лимфатических узлов (ЛУ) является основным методом лечения данной опухоли 0–III стадии. Однако использование современной адъювантной таргетной терапии или иммунотерапии после радикальной операции при МК III стадии позволяет улучшить отдаленные результаты лечения. Согласно международным и российским клиническим рекомендациям адъювантная терапия показана, начиная с МК стадии IIIA. При 0–IIA стадии рекомендуется лишь динамическое наблюдение, а при IIB–C — низкоэффективная адъювантная иммунотерапия интерфероном α -2b, не оказывающая существенного влияния на показатели общей выживаемости. Для определения прогноза и выбора оптимальной тактики лечения необходима более точная диагностика для адекватного стадирования МК [8].

При клинически выявляемых метастазах МК в регионарные ЛУ выполняется прицельная тонкоигольная аспирационная биопсия увеличенных ЛУ под ультразвуковой навигацией для стадирования и определения тактики лечения и объема операции.

В настоящее время выполнение профилактической регионарной лимфодиссекции не показано в связи с ее неэффективностью. Однако при локальных стадиях МК существует высокий риск наличия микрометастазов в регионарных ЛУ. По данным литературы, у 15–20 % пациентов с клинически не выявленными метастатически пораженными ЛУ при морфологическом исследовании определяются микрометастазы [9]. Для решения этой проблемы более 20 лет назад были предложены методики лимфатического картирования для биопсии сторожевых лимфатических узлов (БСЛУ) с гистологическим и иммуногистохимическим исследованиями при клинически неизмененных регионарных ЛУ (cN0) [10].

В настоящий момент в России лицензирована только одна методика определения сторожевого ЛУ (СЛУ) с использованием радиофармпрепаратов. В перспективе для биопсии СЛУ при МК альтернативной, более доступной и простой в использовании методикой может стать флуоресцентная лимфография с использованием экзоскопа и индоцианина зеленого (ICG). В настоящем обзоре рассмотрена эффективность данной лечебно-диагностической методики.

Эффективность биопсии сторожевых лимфатических узлов с использованием индоцианина зеленого

Индоцианин зеленый представляет собой трикарбоцианиновый краситель, который часто используется в диагностике и лечении пациентов с офтальмологическими, кардиологическими заболеваниями и болезнями печени [11]. Впервые применение ICG описано К. Когуре и соавт. в 1970 г. Этот краситель использовался при ангиографическом исследовании крупных сосудов [12]. После внутрикожной инъекции ICG связывается с альбумином — неотъемлемым компонентом лимфы — и поэтому является превосходным средством визуализации лимфатических протоков и ЛУ [13]. Биопсия СЛУ под контролем ICG проводилась при раке молочной железы, кожи, желудка, толстой кишки, анального канала и легких. Индоцианин зеленый имеет низкий аллергический риск, относительно прост в применении, не подвергает пациентов и медицинский персонал облучению и значительно снижает аллергические реакции по сравнению с реактивными красителями (0,05 и 1,1 % соответственно). Из-за низкой молекулярной массы ICG обычно может достигать зоны оттока лимфы в течение 5–10 мин [14]. С помощью системы визуализации в ближнем инфракрасном диапазоне ICG проникает в кожу, подкожную клетчатку и мягкие ткани на 1–2 см, а также в лимфоколлекторы и дает возможность наблюдать в режиме реального времени за лимфатическими сосудами и ЛУ. Это позволяет повысить точность хирургического позиционирования и более подробно изучить индивидуальную анатомическую особенность пациента. Точное позиционирование ICG СЛУ дает возможность уменьшить объем операции и частоту развития лимфатического отека (лимфедемы) конечности, а также повышает удовлетворенность больных полученным лечением в период реабилитации [15]. Хотя ICG имеет короткий период полувыведения, он может сохраняться в ЛУ более 10 ч, что обеспечивает более четкие

границы для последующего расширения операции до лимфодиссекции (при необходимости) [14].

Преимущества флуоресцентного метода с использованием индоцианина зеленого, применяемого при биопсии сторожевых лимфатических узлов

В ходе одного из исследований было проанализировано, может ли применение ICG улучшить характеристики распознавания СЛУ у пациентов с ранней акральной МК по сравнению с использованием метиленового синего [16]. Авторы обнаружили, что применение ICG значительно увеличивает частоту обнаружения СЛУ (73 % против 98 %). Из-за небольшого размера молекул ICG лучше локализуется в СЛУ, пораженных опухолевыми клетками [17]. Помимо увеличения частоты обнаружения СЛУ ICG также играет большую роль в уменьшении числа ложноотрицательных результатов. У контрольной группы пациентов с МК при использовании ICG выявлены метастатические СЛУ, которые не были распознаны при применении метиленового синего. Ни у одного больного с отрицательным результатом в дальнейшем при БСЛУ не выявлен локорегионарный рецидив заболевания. В этом исследовании среднее количество СЛУ, обнаруженных с помощью ICG в сочетании с метиленовым синим, составило 2,8. Это выше, чем среднее количество СЛУ, определенных только с помощью метиленового синего, что согласуется с предыдущими исследованиями [18, 19]. Авторы предположили, что видимость красителей при использовании инфракрасных устройств высокого разрешения была намного выше, чем при прямом визуальном наблюдении. Таким образом, применение ICG позволяет выявить СЛУ, которые не были обнаружены с помощью метиленового синего, и повысить точность биопсии.

Кроме того, некоторые исследования показали, что применение ICG позволяет выявить транзиторные метастазы меланомы в коже и подкожно-жировой клетчатке, которые распространяются через лимфатические протоки и располагаются между первичным очагом (>2 см в диаметре) и регионарными ЛУ [20, 21]. Во время БСЛУ у 1 пациента случайно была обнаружена точка концентрации флуоресценции в области предплечья, которая после иссечения морфологически верифицирована как транзиторный метастаз МК. В 2 СЛУ, взятых у другого пациента, использование ICG помогло выявить только один из них, в то время как применение метиленового синего позволило идентифицировать оба метастаза. Авторы предположили, что это могло быть вызвано визуальной ошибкой хирурга.

В одном из немногочисленных проспективных исследований сравнивалась эффективность использова-

ния ICG, метиленового синего и технеция-99m (^{99m}Tc) для проведения БСЛУ у пациентов с меланомой [22]. Индоцианин зеленый визуализировался до проведения разреза кожи у 44 % больных. При использовании ^{99m}Tc в среднем было выявлено 1,89 СЛУ на пациента, ICG — 1,87; метиленового синего — 0,71. При применении ^{99m}Tc и ICG обнаружено примерно одинаковое количество СЛУ на больного ($p = 0,73$), в то же время метиленовый синий уступал в способности определять СЛУ ($p < 0,001$). По данным исследования, ICG-флуоресцентная визуализация эквивалентна применению ^{99m}Tc для интраоперационной идентификации и биопсии сторожевых узлов при локальной МК [22].

Сравнение большинства исследований, посвященных МК головы и шеи, туловища и конечностей, показало, что средняя частота обнаружения СЛУ при использовании флуоресцентного метода с ICG и радиоизотопных методик сопоставима и варьирует в пределах 86–100 %. Эти результаты превосходят результаты контрастного метода с применением метиленового синего, частота обнаружения СЛУ при котором составляет всего 43–73 %. В 3 исследованиях показано, что частота выявления СЛУ при использовании ICG выше, чем при использовании радиоизотопной методики [23–25]. Согласно данным 5 работ [26–30], этот показатель оказался одинаковым при применении этих способов визуализации. В 5 исследованиях показана более высокая частота обнаружения СЛУ при использовании радиоизотопных методик [31–35].

Итак, можно констатировать, что использование ICG для определения и биопсии СЛУ является полноценной альтернативой стандартным радиоизотопным методам.

Применение ICG при БСЛУ остается еще недостаточно изученной, но многообещающей методикой диагностики и лечения МК. Ее использование у пациентов с меланомой было впервые описано в 2014 г. в статье J.M. Kohn и соавт. [23]. В этом ретроспективном обзоре сравнивали в общей сложности 90 пациентов с МК в 2 когортах, которым проводилась БСЛУ с традиционным синим красителем и радиоизотопом или БСЛУ с системой ICG Spy Elite. Результаты продемонстрировали статистически значимую разницу в обнаружении СЛУ с помощью метода флуоресценции с использованием ICG или радиоизотопного/ручного гамма-зонда (98,0 и 97,8 % соответственно) по сравнению с методом с применением метиленового синего (79,4 %). Кроме того, в группе ICG наблюдалась тенденция к сокращению продолжительности операции [23]. Другие исследования подтвердили высокую специфичность использования ICG при БСЛУ при МК и идентификации ЛУ, не обнаруживаемых традиционными методами (с использованием радиоизотопов или метиленового синего).

Заключение

Таким образом, использование ICG при БСЛУ злокачественных опухолей имеет очевидные преимущества: по сравнению с применением метиленового синего оно значительно повышает частоту обнаружения СЛУ. Частота же выявления данных ЛУ при применении ICG и радиоизотопов одинакова. Также частота развития тяжелых аллергических реакций, вызванных ICG, гораздо ниже этого показателя при

использовании метиленового синего (всего 0,05 %). Кроме того, флуоресцентный метод с ICG исключает потенциальный риск радиационного облучения, который возникает при применении радиоизотопных методик. Благодаря интраоперационным характеристикам визуализации использование ICG позволяет точно локализовать СЛУ, сократить время операции, уменьшить объем хирургического вмешательства и снизить риск развития послеоперационных осложнений [14, 15, 36].

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Злокачественные новообразования в России в 2013 году (заболеваемость и смертность). Под ред. А.Д. Каприна, В.В. Старинского, Г.В. Петровой. М.: МНИОИ им. П.А. Герцена – филиал ФГБУ «НМИРЦ им. П.А. Герцена» Минздрава России, 2015. Malignant neoplasms in Russia in 2013 (morbidity and mortality). Ed. by A.D. Kaprin, V.V. Starinsky, G.V. Petrova. Moscow: P.A. Herzen Moscow State Medical Research Institute – branch of the Federal State Budgetary Institution “P.A. Herzen NMIRC” of the Ministry of Health of Russia, 2015. (In Russ.).
2. Злокачественные новообразования в России в 2015 году (заболеваемость и смертность). Под ред. А.Д. Каприна, В.В. Старинского, Г.В. Петровой. М.: МНИОИ им. П.А. Герцена – филиал ФГБУ «НМИРЦ им. П.А. Герцена» Минздрава России, 2017. Malignant neoplasms in Russia in 2015 (morbidity and mortality). Ed. by A.D. Kaprin, V.V. Starinsky, G.V. Petrova. Moscow: P.A. Herzen Moscow State Medical Research Institute – branch of the Federal State Budgetary Institution “P.A. Herzen NMIRC” of the Ministry of Health of Russia, 2017. (In Russ.).
3. Злокачественные новообразования в России в 2017 году (заболеваемость и смертность). Под ред. А.Д. Каприна, В.В. Старинского, Г.В. Петровой. М.: МНИОИ им. П.А. Герцена – филиал ФГБУ «НМИРЦ им. П.А. Герцена» Минздрава России, 2018. Malignant neoplasms in Russia in 2017 (morbidity and mortality). Moscow: P.A. Herzen Moscow State Medical Research Institute – branch of the Federal State Budgetary Institution “P.A. Herzen NMIRC” of the Ministry of Health of Russia, 2018. (In Russ.).
4. Злокачественные новообразования в России в 2020 году (заболеваемость и смертность). Под ред. А.Д. Каприна, В.В. Старинского, А.О. Шахзадовой. М.: МНИОИ им. П.А. Герцена – филиал ФГБУ «НМИРЦ им. П.А. Герцена» Минздрава России, 2021. 252 с. Malignant neoplasms in Russia in 2020 (morbidity and mortality). Ed. by A.D. Kaprin, V.V. Starinsky, G.V. Petrova. Moscow: P.A. Herzen Moscow State Medical Research Institute – branch of the Federal State Budgetary Institution “P.A. Herzen NMIRC” of the Ministry of Health of Russia, 2021. 252 p. (In Russ.).
5. Петрова Г.В., Каприн А.Д., Грецова О.П., Старинский В.В. Злокачественные новообразования в России. Обзор статистической информации за 1993–2013 гг. Под общ. ред. А.Д. Каприна, В.В. Старинского. М., 2015. С. 306–339. Petrova G.V., Kaprin A.D., Gretsova O.P., Starinsky V.V. Malignant neoplasms in Russia. Review of statistical information for 1993–2013. General ed. by A.D. Kaprin, V.V. Starinsky. Moscow, 2015. Pp. 306–339. (In Russ.).
6. Состояние онкологической помощи населению России в 2015 году. Под ред. А.Д. Каприна, В.В. Старинского, Г.В. Петровой. М.: МНИОИ им. П.А. Герцена – филиал ФГБУ «НМИРЦ им. П.А. Герцена» Минздрава России, 2016. 236 с. The state of oncological care to the population of Russia in 2015. Ed. by A.D. Kaprin, V.V. Starinsky, G.V. Petrova. Moscow: P.A. Herzen Moscow State Medical Research Institute – branch of the Federal State Budgetary Institution “P.A. Herzen NMIRC” of the Ministry of Health of Russia, 2016. 236 p. (In Russ.).
7. Состояние онкологической помощи населению России в 2016 году. Под ред. А.Д. Каприна, В.В. Старинского, Г.В. Петровой. М.: МНИОИ им. П.А. Герцена – филиал ФГБУ «НМИРЦ им. П.А. Герцена» Минздрава России 2017. 236 с. The state of oncological care to the population of Russia in 2016. Ed. by A.D. Kaprin, V.V. Starinsky, G.V. Petrova. Moscow: P.A. Herzen Moscow State Medical Research Institute – branch of the Federal State Budgetary Institution “P.A. Herzen NMIRC” of the Ministry of Health of Russia, 2017. 236 p. (In Russ.).
8. Практические рекомендации по лечению меланомы кожи RUSSCO, 2021. Доступно по: <https://rosoncweb.ru/> Practical recommendations for the treatment of melanoma of the skin RUSSCO, 2021. (In Russ.). Available at: <https://rosoncweb.ru/>
9. Valsecchi M.E., Silbermins D., de Rosa N. et al. Lymphatic mapping and sentinel lymph node biopsy in patients with melanoma: a meta-analysis. J Clin Oncol 2011;29(11):1479–87. DOI: 10.1200/JCO.2010.33.1884
10. Morton D.L., Thompson J.F., Cochran A.J. et al. Final trial report of sentinel-node biopsy versus nodal observation in melanoma. N Engl J Med 2014;370(7):599–609. DOI: 10.1056/NEJMoa1310460
11. Chang J.M., Kosiorek H.E., Dueck A.C. et al. Stratifying SLN incidence in intermediate thickness melanoma patients. Am J Surg 2018;215(4):699–706. DOI: 10.1016/j.amjsurg.2017.12.009
12. Kogure K., David N.J., Yamanouchi U., Choromokos E. Infrared absorption angiography of the fundus circulation. Arch Ophthalmol 1970;83(2):209–14. DOI: 10.1001/archoph.1970.00990030211015
13. Marshall M.V., Rasmussen J.C., Tan I.C. et al. Near-infrared fluorescence imaging in humans with indocyanine green: a review and update. Open Surg Oncol J 2010;2(2):12–25. DOI: 10.2174/1876504101002010012
14. Vahabzadeh-Hagh A.M., Blackwell K.E., Abemayor E., St. John M.A. Sentinel lymph node biopsy in cutaneous melanoma of the head and neck using the indocyanine green SPY Elite system. Am J Otolaryngol 2018;39(5):485–8. DOI: 10.1016/j.amjoto.2018.05.006
15. Shao J., Fan Jiang F., Murong Hu M. et al. The role of FOS-mediated autophagy activation in the indocyanine green-based photodynamic therapy for treating melanoma. J Photochem Photobiol 2020;214:112101. DOI: 10.1016/j.jphotobiol.2020.112101
16. Lese I., Constantinescu M.A., Leckenby J.I. et al. Transcutaneous sentinel lymph node detection in cutaneous melanoma with indocyanine green and near-infrared fluorescence: a diagnostic sensitivity study. Medicine 2022;101(36):e30424. DOI: 10.1097/MD.00000000000030424
17. Knackstedt R., Couto R.A., Ko J. et al. Indocyanine green fluorescence imaging with lymphoscintigraphy for sentinel node biopsy in melanoma: increasing the sentinel lymph node-positive rate. Ann Surg Oncol 2019;26(11):3550–60. DOI: 10.1245/s10434-019-07617-z

18. Knackstedt R., Couto R.A., Gastman B. Indocyanine green fluorescence imaging with lymphoscintigraphy for sentinel node biopsy in head and neck melanoma. *Clinics (Sao Paulo)* 2018;228:77–83. DOI: 10.1016/j.jss.2018.02.064
19. Namikawa K., Tsutsumida A., Tanaka R. et al. Limitation of indocyanine green fluorescence in identifying sentinel lymph node prior to skin incision in cutaneous melanoma. *Int J Clin Oncol* 2014;19(1):198–203. DOI: 10.1007/s10147-013-0524-y
20. Chang J.W., Huang Y.-L., Chang Y.-Y. et al. Sentinel lymph node biopsy was associated with favorable survival outcomes for patients with clinically node-negative asian melanoma. *Cancer Manag Res* 2019;119: 655–64. DOI: 10.2147/CMAR.S227837
21. Bae Y.C., Jeong D.K., Kim K.H. et al. Adequacy of sentinel lymph node biopsy in malignant melanoma of the trunk and extremities: clinical observations regarding prognosis. *Arch Plast Surg* 2020;47(1):42–8. DOI: 10.5999/aps.2019.00934
22. Pameijer C.R., Rogerio A.L., Neves I., Zhu J. Indocyanine green and fluorescence lymphangiography for sentinel node identification in patients with melanoma. *Am J Surg* 2018;216(3):558–61. DOI: 10.1016/j.amjsurg.2018.01.009
23. Korn J.M., Tellez-Diaz A., Bartz-Kurycki M., Gastman B. Indocyanine green SPY elite-assisted sentinel lymph node biopsy in cutaneous melanoma. *Plast Reconstr Surg* 2014;133(4):914–22. DOI: 10.1097/PRS.0000000000000006
24. Namikawa K., Tsutsumida A., Tanaka R. et al. Limitation of indocyanine green fluorescence in identifying sentinel lymph node prior to skin incision in cutaneous melanoma. *Int J Clin Oncol* 2014;19(1):198–203. DOI: 10.1007/s10147-013-0524-y
25. Van den Berg N.S., Brouwer O.R., Schaafsma B.E. et al. Multimodal surgical guidance during sentinel node biopsy for melanoma: combined gamma tracing and fluorescence imaging of the sentinel node through use of the hybrid tracer indocyanine green-(99m)Tc-nanocolloid. *Radiology* 2015;275(2):521–9. DOI: 10.1148/radiol.14140322
26. Brouwer O.R., Klop W.M., Buckle T. et al. Feasibility of sentinel node biopsy in head and neck melanoma using a hybrid radioactive and fluorescent tracer. *Ann Surg Oncol* 2012;19(6):1988–94. DOI: 10.1245/s10434-011-2180-7
27. Vahabzadeh-Hagh A.M., Blackwell K.E., Abemayor E., St John M.A. Sentinel lymph node biopsy in cutaneous melanoma of the head and neck using the indocyanine green SPY Elite system. *Am J Otolaryngol* 2018;39(5):485–8. DOI: 10.1016/j.amjoto.2018.05.006
28. Gilmore D.M., Khullar O.V., Gioux S. et al. Effective low-dose escalation of indocyanine green for near-infrared fluorescent sentinel lymph node mapping in melanoma. *Ann Surg Oncol* 2013;20(7):2357–63. DOI: 10.1245/s10434-013-2905-x
29. Van der Vorst J.R., Schaafsma B.E., Verbeek F.P. et al. Dose optimization for nearinfrared fluorescence sentinel lymph node mapping in patients with melanoma. *Br J Dermatol* 2013;168(1):93–8. DOI: 10.1111/bjd.12059
30. Cloyd J.M., Wapnir I.L., Read B.M. et al. Indocyanine green and fluorescence lymphangiography for sentinel lymph node identification in cutaneous melanoma. *J Surg Oncol* 2014;110(7):888–92. DOI: 10.1002/jso.23745
31. Knackstedt R.W., Couto R.A., Gastman B. Indocyanine green fluorescence imaging with lymphoscintigraphy for sentinel node biopsy in head and neck melanoma. *J Surg Res* 2018;228:77–83. DOI: 10.1016/j.jss.2018.02.064
32. Knackstedt R., Couto R.A., Ko J. et al. Indocyanine green fluorescence imaging with lymphoscintigraphy for sentinel node biopsy in melanoma: increasing the sentinel lymph node-positive rate. *Ann Surg Oncol* 2019; 26(11):3550–60. DOI: 10.1245/s10434-019-07617-z
33. Goppner D., Nekwasil S., Jellestad A. et al. Indocyanine green-assisted sentinel lymph node biopsy in melanoma using the “FOVIS” system. *J Dtsch Dermatol Ges* 2017;15(2):169–78. DOI: 10.1111/ddg.12794
34. Stoffels I., Dissemont J., Poppel T. et al. Intraoperative fluorescence imaging for sentinel lymph node detection: prospective clinical trial to compare the usefulness of indocyanine green vs technetium Tc 99m for identification of sentinel lymph nodes. *JAMA Surg* 2015;150(7):617–23. DOI: 10.1001/jamasurg.2014.3502
35. Pameijer C.R., Leung A., Neves R.I., Zhu J. Indocyanine green and fluorescence lymphangiography for sentinel node identification in patients with melanoma. *Am J Surg* 2018;216(3):558–61. DOI: 10.1016/j.amjsurg.2018.01.009
36. Somashekhar S.P., Kumar C.R., Ashwin K.R. et al. Can low cost indo cyanine green florescence technique for sentinel lymph node biopsy replace dual dye (radio-colloid & blue dye) technique in early breast cancer: a prospective two arm comparative study. *Clin Breast Cancer* 2020;2095:e576–83. DOI: 10.1016/j.clbc.2020.03.013

Вклад авторов

К.С. Титов, Д.Н. Греков, И.Н. Лебединский: сбор данных, редактирование;
Ш.Р. Джамиллов: сбор данных, написание текста статьи;
А.И. Евсиков, А.С. Сухотко, М.В. Сорокина, Г.М. Запиров: сбор данных.
Authors' contribution

K.S. Titov, D.N. Grekov, I.N. Lebedinsky: data collection, editing;
Sh.R. Dzhamilov: data collection, article writing;
A.I. Evisikov, A.S. Sukhotko, M.V. Sorokina, G.M. Zapirov: data collection.

ORCID авторов / ORCID of authors

К.С. Титов / K.S. Titov: <https://orcid.org/0000-0003-4460-9136>
Ш.Р. Джамиллов / Sh.R. Dzhamilov: <https://orcid.org/0000-0002-1445-7277>
И.Н. Лебединский / I.N. Lebedinsky: <https://orcid.org/0000-0001-7735-1106>
А.С. Сухотко / A.S. Sukhotko: <https://orcid.org/0000-0002-2337-5919>
А.И. Евсиков / A.I. Evisikov: <https://orcid.org/0000-0003-0502-5517>
М.В. Сорокина / M.V. Sorokina: <https://orcid.org/0000-0002-4436-8101>
Г.М. Запиров / G.M. Zapirov: <https://orcid.org/0000-0001-7154-3326>
Д.Н. Греков / D.N. Grekov: <https://orcid.org/0000-0001-8391-1210>

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Финансирование. Работа выполнена без спонсорской поддержки.
Funding. The work was performed without external funding.

Статья поступила: 01.03.2023. **Принята к публикации:** 31.03.2023.
Article submitted: 01.03.2023. **Accepted for publication:** 31.03.2023.