



ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ФЛУОРЕСЦЕНТНОЙ ICG-ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ИШЕМИИ КРАЁВ РАНЫ ПРИ ПЛАСТИКЕ ДЕФЕКТА ПОСЛЕ ШИРОКОГО ИССЕЧЕНИЯ ЛОКАЛИЗОВАННОЙ МЕЛАНОМЫ КОЖИ ТУЛОВИЩА И КОНЕЧНОСТЕЙ

Д.К. Туровец¹, К.С. Титов^{1,2}, С.С. Лебедев^{1,3}, И.Н. Лебединский¹, С.И. Васильева¹, М.В. Сорокина¹

¹Московский многопрофильный научно-клинический центр имени С.П. Боткина, 2-й Боткинский проезд, д. 5, г. Москва, 125284, Россия

²Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы, ул. Миклухо-Маклая, д. 6, г. Москва, 117198, Россия

³Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования, ул. Баррикадная, д. 2/1, стр. 1, г. Москва, 125993, Россия

Резюме. В статье представлен опыт применения флуоресцентной ICG-визуализации для контроля ишемии краёв раны при пластике дефекта после широкого иссечения локализованной меланомы кожи. Исследование демонстрирует эффективность использования внутривенного введения индоцианина зеленого (ICG) для интраоперационной оценки кровоснабжения краёв раны при двух методах закрытия дефекта: пластике перемещёнными местными лоскутами и мобилизации краёв раны. Данный метод позволяет интраоперационно визуализировать зоны ишемии и прогнозировать участки потенциального некроза, что даёт возможность своевременно принимать решения о необходимости антикоагулянтной терапии и другим мерам по профилактике ишемических осложнений, тем самым улучшая непосредственные результаты хирургического лечения пациентов с меланомой кожи туловища и конечностей.

Ключевые слова: индоцианин зеленый [D007208]; меланома кожи [D008545]; пластическая хирургия [D013515]; местные лоскуты [D013524]; ишемия тканей [D007511]; интраоперационная диагностика [D064847]; некроз [D009336]; перфузия тканей [D010477]; реконструктивная хирургия [D019651]; флуоресценция [D005453].

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование проводилось без спонсорской поддержки.

Соответствие нормам этики. Авторы подтверждают, что соблюдены права людей, принимавших участие в исследовании, включая обязательное получение информированного согласия.

Для цитирования: Туровец Д.К., Титов К.С., Лебедев С.С., Лебединский И.Н., Васильева С.И., Сорокина М.В. Опыт применения флуоресцентной ICG-визуализации для контроля ишемии краёв раны при пластике дефекта после широкого иссечения локализованной меланомы кожи туловища и конечностей. *Вестник медицинского института «РЕАВИЗ»: Реабилитация, Врач и Здоровье.* 2025;15(4):73-77. <https://doi.org/10.20340/vmi-rvz.2025.4.CLIN.9>

EXPERIENCE OF USING FLUORESCENT ICG IMAGING FOR MONITORING WOUND EDGE ISCHEMIA IN PLASTIC SURGERY AFTER WIDE EXCISION OF LOCALIZED SKIN MELANOMA OF THE TRUNK AND EXTREMITIES

Dar'ya K. Turovets¹, Konstantin S. Titov^{1,2}, Sergey S. Lebedev^{1,3}, Ivan N. Lebedinskiy¹,
Sardana I. Vasil'eva¹, Margarita V. Sorokina¹

¹Moscow Multidisciplinary Scientific and Clinical Center named after S.P. Botkin, 2-y Botkinskiy proezd, 5, Moscow, 125284, Russia

²Patrice Lumumba Peoples' Friendship University of Russia, Miklukho-Maklaya st., 6, Moscow, 117198, Russia

³Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Barrikadnaya str., 2/1, building 1, Moscow, 125993, Russia

Abstract. The article presents the experience of using fluorescent ICG imaging for assessment and control of wound edge ischemia during plastic surgery after wide excision of localized skin melanoma of the trunk and extremities. The study demonstrates the effectiveness of intravenous administration of Indocyanine Green (ICG) for intraoperative assessment of tissue blood supply in two methods of defect closure: local flap surgery and wound edge mobilization. The method allows predicting zones of potential necrosis, making it possible to make timely decisions about the need for anticoagulant therapy and prevention of ischemic complications, thereby improving the results of surgical treatment of patients with skin melanoma.

Keywords: indocyanine green [D007208]; skin melanoma [D008545]; plastic surgery [D013515]; local flaps [D013524]; tissue ischemia [D007511]; intraoperative diagnosis [D064847]; necrosis [D009336]; tissue perfusion [D010477]; reconstructive surgery [D019651]; fluorescence [D005453].

Competing interests. The authors declare no competing interests. Nemstveridze Ya.E. is the scientific editor of the journal; he did not participate in the decision to publish the work.

Funding. This research received no external funding.

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.

Cite as: Turovets D.K., Titov K.S., Lebedev S.S., Lebedinskiy I.N., Vasil'eva S.I., Sorokina M.V. Experience of using fluorescent ICG imaging for monitoring wound edge ischemia in plastic surgery after wide excision of localized skin melanoma of the trunk and extremities. *Bulletin of the Medical Institute "REAVIZ": Rehabilitation, Doctor and Health.* 2025;15(4):73-77. <https://doi.org/10.20340/vmi-rvz.2025.4.CLIN.9>



Введение

Хирургическое лечение локализованной меланомы кожи туловища и конечностей часто требует широкого иссечения опухоли с последующей реконструкцией образовавшегося дефекта и по показаниям проведения биопсии сигнального лимфоузла [1]. Согласно современным клиническим рекомендациям, хирургические отступы при иссечении первичной меланомы кожи могут максимально достигать 2,0 см в зависимости от толщины опухоли по Бреслоу, что создаёт значительные дефекты, требующие сложных реконструктивных вмешательств. Выбор метода пластики определяется локализацией и размером дефекта, состоянием окружающих тканей, а также функциональными и эстетическими требованиями [2].

Одним из основных факторов, определяющих успех пластических операций, является адекватное кровоснабжение тканей, используемых для закрытия раны. Недостаточная перфузия может привести к ишемии и последующему некрозу краёв раны или лоскутов, что значительно осложняет течение послеоперационного периода и ухудшает функциональные и эстетические результаты лечения. По данным различных исследований, частота осложнений, связанных с нарушением кровоснабжения реконструктивных лоскутов при меланоме, может достигать 15–20%, что подчёркивает важность точной оценки перфузии тканей [3].

В последние годы возрастает интерес к применению методов интраоперационной визуализации кровоснабжения тканей. Особое внимание привлекает флуоресцентная диагностика с использованием индоцианина зеленого (ICG), который при внутривенном введении позволяет в режиме реального времени адекватно оценить перфузию тканей. Данная методика даёт возможность объективно определить жизнеспособность тканей и прогнозировать зоны потенциального некроза [4].

Индоцианин зеленый представляет собой водорастворимый флуоресцентный краситель, который после внутривенного введения быстро связывается с белками плазмы и остаётся преимущественно в сосудистом русле. При воздействии светом в ближнем инфракрасном диапазоне (длина волны 750–810 нм) ICG даёт эффект флуоресценции с пиком около 830 нм, что позволяет визуализировать его распределение в тканях с помощью специального экзоскопа. Период полувыведения ICG составляет до 5 минут, что делает возможным проведение повторных исследований в течение одной операции [5].

Многоцентровые исследования показали, что применение ICG-флуоресценции при пластических этапах операций по иссечению меланомы позволя-

ет снизить частоту осложнений на 30–40% по сравнению с простыми визуальными методами оценки жизнеспособности тканей. Особенно эффективна данная методика при использовании сложных перфорантных и свободных лоскутов, когда точная оценка перфузии крайне важна для успеха операции [6].

В данной статье представлен опыт применения флуоресцентной ICG-визуализации при онкопластических операциях при широком иссечении меланомы кожи с использованием двух методов закрытия дефекта: пластики местными лоскутами и мобилизацией краёв раны. Особое внимание уделяется возможности прогнозирования зон ишемии и своевременного принятия решения о необходимости проведения антикоагулянтной терапии и (или) других мер профилактики ишемических осложнений [7].

Цель исследования: изучить и проанализировать опыт применения флуоресцентной ICG-визуализации для контроля ишемии краёв раны при пластике дефекта после широкого иссечения локализованной меланомы кожи туловища и конечностей.

Задачи:

1. Оценить эффективность применения флуоресцентной ICG-визуализации для интраоперационного контроля кровоснабжения тканей при различных методах пластики дефектов после широкого иссечения меланомы кожи.
2. Сравнить особенности перфузии тканей при использовании местных лоскутов и мобилизации краёв раны с помощью ICG-картирования.
3. Проанализировать возможности прогнозирования и профилактики ишемических осложнений на основе данных интраоперационной флуоресцентной диагностики.

Материалы и методы

Исследование проведено на базе онкохирургического отделения ММНКЦ им. С.П. Боткина ДЗМ с анализом 20 клинических случаев пациентов с локализованной меланомой кожи туловища и конечностей. Пациенты были разделены на две группы: первая группа (n=9) – пластика местными лоскутами, вторая группа (n=11) – мобилизация краёв раны.

Методика ICG-визуализации включала внутривенное введение 5 мг индоцианина зеленого после наложения основных швов с последующей оценкой флуоресценции тканей в инфракрасном спектре. Критериями оценки служили: равномерность свечения, интенсивность флуоресценции и наличие зон гипоперфузии.

Результаты

Анализ результатов проведённого исследования продемонстрировал серьёзные различия в перфузии тканей между группами пациентов с различными методами реконструкции после иссечения меланомы кожи туловища и конечностей [8].

В первой группе местных лоскутов (n=9) интраоперационная ICG-визуализация не выявила признаков ишемии, что говорит о надёжном кровоснабжении тканей при данном методе реконструкции. Это может быть связано с сохранением осевого кровотока в перемещаемых тканях и меньшей травматизацией питающих сосудов при формировании лоскута.

Во второй группе с мобилизацией краёв раны (n=11) интраоперационно у шести пациентов были зафиксированы значимые нарушения микроциркуляции, визуализируемые как зоны сниженной или отсутствующей флуоресценции при ICG-исследовании, двум пациентам потребовалась коррекция хирургической тактики. В трёх случаях была

выполнена дополнительная мобилизация тканей для снижения натяжения, а в одном случае принято решение о конверсии метода реконструкции с применением местного лоскута [9]. В данной группе послеоперационные осложнения зарегистрированы в четырёх случаях: три - с преобладанием на конечностях и один с минимальной частотой при локализации на туловище. Характерными осложнениями для данной группы являлись клинически значимые диастаз краёв раны и нагноение [8].

Также во второй группе с мобилизацией краёв выявленные ишемические изменения потребовали проведения противоишемической терапии в послеоперационном периоде. Основными мероприятиями стали: назначение антикоагулянтов (низкомолекулярные гепарины в профилактических дозах), местное применение вазодилатирующих препаратов, наблюдение с контролем перфузии. Интенсивность терапии определялась степенью выявленных нарушений микроциркуляции [10].



Рисунок 1. а - предоперационная разметка с новообразованием кожи; б - образовавшийся дефект после широкого иссечения; в - ушитая рана методом мобилизации краев с видимым участком ишемии

Figure 1. а - preoperative marking with skin neoplasm; б - resulting defect after wide excision; в - sutured wound using edge mobilization method with visible ischemic area

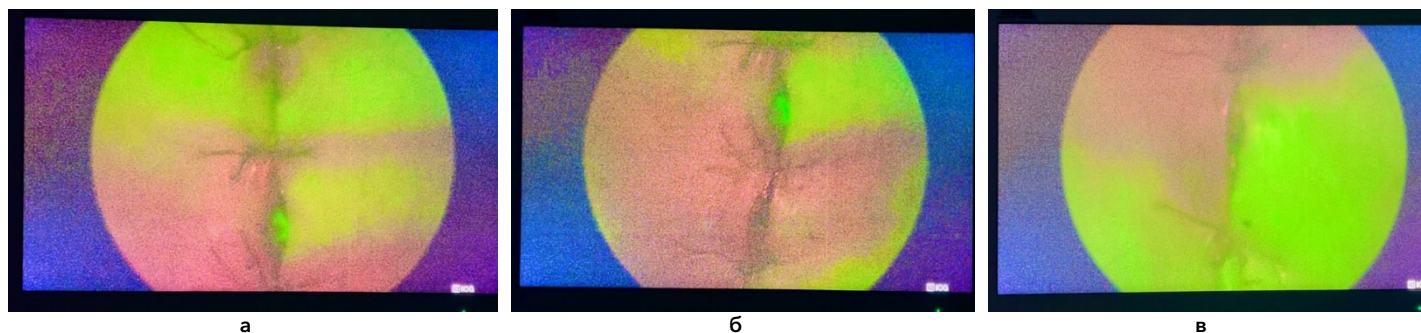


Рисунок 2. Интраоперационная оценка зон нарушения перфузии кожи с использованием ICG: а - проксимальная область шва; б - центральная область шва; в - дистальная область шва

Figure 2. Intraoperative assessment of skin perfusion disorders using ICG: а - proximal suture area; б - central suture area; в - distal suture area

Последующее более длительное наблюдение (3 месяца после операции) показало, что в группе применения местных лоскутов осложнений, связанных с нарушением кровоснабжения, не отмечено. Во второй группе мобилизации краёв раны у четырёх пациентов с выявленными зонами риска на фоне проводимой терапии достигнуто полное заживление раны без осложнений. У двух пациентов с критическими зонами ишемии развился краевой некроз тканей, однако его площадь была значительно меньше прогнозируемой по данным ICG-визуализации (15-20% от предполагаемой), что может свидетельствовать об эффективности проведённой противоишемической терапии.

Преимущества ICG-визуализации включают: возможность интраоперационной оценки кровоснабжения в режиме реального времени, объективизацию рисков некроза с количественным определением перфузионного индекса, персонализированный подход к профилактике осложнений. Кроме того, метод позволяет проводить динамическую оценку эффективности противоишемических мероприятий и прогнозировать исход лечения [11].

Интраоперационная флуоресцентная ангиография с индоцианином зеленым (ICG) продемонстрировала значимые различия в перфузии тканей между группами. В 1-й группе (местные лоскуты, n=9) ICG-визуализация ни у одного из пациентов не выявила признаков ишемии, что свидетельствует о надёжном кровоснабжении тканей при данном методе реконструкции, вероятно, благодаря сохранению осевого кровотока в перемещаемых тканях и меньшей травматизации питающих сосудов.

Напротив, во 2-й группе (мобилизация краев раны, n=11) зафиксированы значимые нарушения микроциркуляции, эффективно визуализируемые с помощью ICG-картирования, как зоны сниженной или отсутствующей флуоресценции.

Выводы

Исследование продемонстрировало значительные различия в частоте послеоперационных осложнений между методами пластики местными тканями и мобилизацией краёв раны. Применение перемещённых местных лоскутов обеспечивает более надёжное кровоснабжение тканей и снижает вероятность развития послеоперационных хирургических осложнений, особенно при пластике раневых дефектов на конечностях. Флуоресцентная ангиография с индоцианином зеленым (ICG) подтвердила диагностическую ценность метода и перспективность его применения в онкохирургии.

Заключение

Проведённое исследование демонстрирует высокую диагностическую ценность флуоресцентной ангиографии с индоцианином зелёным в онкохирургии. Метод позволяет интраоперационно объективно оценивать кровоснабжение тканей, выявлять зоны потенциальной ишемии и прогнозировать риски послеоперационных осложнений. Установлено, что пластика местными лоскутами обеспечивает более надёжное кровоснабжение по сравнению с простой мобилизацией краёв раны, что подтверждено результатами ICG-визуализации. Применение данной методики способствует персонализированному подходу к профилактике хирургических осложнений, позволяет своевременно корректировать тактику лечения и снижать риски некроза тканей. Перспективность использования ICG-флуоресценции заключается в возможности количественной оценки перфузии, динамического контроля эффективности противоишемических мероприятий и улучшения непосредственных результатов хирургического лечения онкологических больных.

Литература [References]

- 1 Дубровин В.Ю., Тымчук С.С., Давлетшина В.В., Павлов Р.В., Кашченко В.А. Современные возможности ICG-флуоресцентной визуализации в абдоминальной онкохирургии. *Сибирский онкологический журнал*. 2023;22(2):143-159. Dubrovin V.Yu., Tymchuk S.S., Davletshina V.V., Pavlov R.V., Kashchenko V.A. Modern possibilities of ICG-fluorescent visualization in abdominal oncosurgery. *Siberian Journal of Oncology*. 2023;22(2):143-159. (In Russ.).
- 2 Козлов С.В., Каганов О.И., Моряттов А.А., Орлов А.Е., Копылов А.В., Андреева А.А. Флуоресцентная диагностика и фотодинамическая терапия злокачественной меланомы кожи. *Злокачественные опухоли*. 2017;(Спецвыпуск 1):156. Kozlov S.V., Kaganov O.I., Moryatov A.A., Orlov A.E., Kopylov A.V., Andreeva A.A. Fluorescent diagnosis and photodynamic therapy of malignant skin melanoma. *Malignant Tumors*. 2017;(Special Issue 1):156. (In Russ.).
- 3 Patel N., Allen M., Arianpour K., Keidan R. The utility of ICG fluorescence for sentinel lymph node identification in head and neck melanoma. *Am J Otolaryngol*. 2021;42(5):103147. <https://doi.org/10.1016/j.amjoto.2021.103147>
- 4 Осминин С.В., Ветшев Ф.П., Билялов И.Р., Алексеев К.И., Евентьева Е.В., Астаева М.О., Керамиди С.С. Флуоресцентная навигация и ангиография индоцианином зеленым в хирургии рака желудка. *Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова*. 2024;(2):34-41. Osminin S.V., Vetshev F.P., Bilyalov I.R., Alekseev K.I., Eventyeva E.V., Astaeva M.O., Keramidi S.S. Fluorescent navigation and indocyanine green angiography in gastric cancer surgery. *N.I. Pirogov Journal of Surgery*. 2024;(2):34-41. (In Russ.).
- 5 Абдулова Л.Ю., Крылов А.С., Рыжков А.Д., Николаева Е.А., Захарова Т.В., Билик М.Е., Барышников К.А. Эффективность методов радионуклидной визуализации сторожевого лимфоузла у пациентов с меланомой кожи. *Онкологический журнал: лучевая диагностика, лучевая терапия*. 2021;4(2):37-50. Abdulova L.Yu., Krylov A.S., Ryzhkov A.D., Nikolaeva E.A., Zakharova T.V., Bilik M.E., Baryshnikov K.A. Effectiveness of radionuclide imaging methods of sentinel lymph node in patients with skin melanoma. *Oncology Journal: Radiation Diagnostics, Radiation Therapy*. 2021;4(2):37-50. (In Russ.).

- 6 Coit D., Thompson J., Albertini M., et al. Cutaneous Melanoma, Version 2.2019, NCCN Clinical Practice Guidelines in Oncology. *J Natl Comprehensive Cancer Network*. 2019;17(4):367-402. <https://doi.org/10.6004/jnccn.2019.0018>
- 7 Morrison S., Han D. Re-evaluation of Sentinel Lymph Node Biopsy for Melanoma. *Curr Treat Options Oncol*. 2021;22(3). <https://doi.org/10.1007/s11864-021-00819-2>
- 8 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. Titov K.S., Djamilov Sh.R., Lebedinsky I.N., et al. Sentinel lymph node biopsy using fluorescent method with indocyanine green in local skin melanoma. *Bone and Soft Tissue Sarcomas, Skin Tumors*. 2023;15(3):16-20. (In Russ.). <https://doi.org/10.17650/2782-3687-2023-15-3-16-20>
- 9 Практические рекомендации по лечению меланомы кожи RUSSCO, 2021. Доступно по: <https://rosoncweb.ru/> Practical recommendations for the treatment of skin melanoma RUSSCO, 2021. (In Russ.). Available at: <https://rosoncweb.ru/>
- 10 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. <https://doi.org/10.1007/s10147-013-0524-y>
- 11 Knackstedt R., 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. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2018.02.064>

Авторская справка

Туровец Дарья Константиновна

Врач онколог отделения общей онкологии №1 Центра амбулаторной онкологической помощи, Московский многопрофильный научно-клинический центр имени С.П. Боткина.

ORCID 0009-0001-6541-5042

Вклад автора: концепция и дизайн исследования, написание текста.

Титов Константин Сергеевич

Д-р мед. наук, профессор, ведущий научный сотрудник, Московский многопрофильный научно-клинический центр имени С.П. Боткина; профессор кафедры онкологии и рентгенодиагностики имени академика В.П. Харченко Медицинского института, Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы. ORCID 0000-0003-4460-9136; SPIN-код: 7795-6512; AuthorID: 921470

Вклад автора: концепция и дизайн исследования, написание текста.

Лебединский Иван Николаевич

Канд. мед. наук, старший научный сотрудник, заведующий хирургическим отделением общей онкологии, Московский многопрофильный научно-клинический центр имени С.П. Боткина.

ORCID 0000-0001-7735-1106

Вклад автора: подбор литературы, редактирование.

Лебедев Сергей Сергеевич

Д-р мед. наук, доцент, заместитель главного врача по онкологии, Московский многопрофильный научно-клинический центр имени С.П. Боткина; доцент кафедры хирургии хирургического факультета, Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования.

ORCID 0000-0001-5366-1281; SPIN-код: 2736-0683; AuthorID: 936520

Вклад автора: подбор литературы, редактирование.

Васильева Сардана Ивановна

Врач-онколог, клинический ординатор, Московский многопрофильный научно-клинический центр имени С.П. Боткина.

ORCID 0009-0007-3358-6123

Вклад автора: сбор и обработка материала, редактирование.

Сорокина Маргарита Викторовна

Врач-онколог, заведующий онкологическим отделением ЦАОП, Московский многопрофильный научно-клинический центр имени С.П. Боткина.

ORCID 0000-0002-4436-8101

Вклад автора: сбор и обработка материала, редактирование.

Author's reference

Dar'ya K. Turovets

Oncologist, General Oncology Department #1, Outpatient Oncology Care Center, Moscow Multidisciplinary Scientific and Clinical Center named after S.P. Botkin.

ORCID 0009-0001-6541-5042

Author's contribution: study concept and design, writing the text.

Konstantin S. Titov

Dr. Sci. (Med.), leading researcher, Moscow Multidisciplinary Scientific and Clinical Center named after S.P. Botkin; professor, V.P. Kharchenko Oncology and Roentgenology Department, Medical Institute, Patrice Lumumba Peoples' Friendship University of Russia.

ORCID 0000-0003-4460-9136; SPIN-code: 7795-6512; AuthorID: 921470

Author's contribution: study concept and design, writing the text.

Ivan N. Lebedinskiy

Cand. Sci. (Med.), Senior Researcher, Head of the General Oncology Surgical Department, Moscow Multidisciplinary Scientific and Clinical Center named after S.P. Botkin.

ORCID 0000-0001-7735-1106

Author's contribution: literature selection, editing.

Sergey S. Lebedev

Dr. Sci. (Med.), Docent, Deputy Chief Physician for Oncology, Moscow Multidisciplinary Scientific and Clinical Center named after S.P. Botkin; Associate Professor, Department of Surgery, Faculty of Surgery, Russian Medical Academy of Continuous Professional Education.

ORCID 0000-0001-5366-1281; SPIN-code: 2736-0683; AuthorID: 936520

Author's contribution: literature selection, editing.

Sardana I. Vasil'eva

Oncologist, clinical resident of the State Budgetary Healthcare Institution, Moscow Multidisciplinary Scientific and Clinical Center named after S.P. Botkin.

ORCID 0009-0007-3358-6123

Author's contribution: collection and processing of materials, editing.

Margarita V. Sorokina

Oncologist, head of the oncology department of the Central Oncological Society, Moscow Multidisciplinary Scientific and Clinical Center named after S.P. Botkin.

ORCID 0000-0002-4436-8101

Author's contribution: collection and processing of materials, editing.