

DOI: <https://doi.org/10.17650/2222-1468-2025-15-1-33-39>

Возможности эндоларингеальной ультрасонографии в диагностике опухолевой патологии гортани

Н.А. Дайхес^{1,2}, В.В. Виноградов^{1,2}, С.С. Решульский^{1,2}, М.Л. Исаева¹, Е.Б. Федорова¹, С.М. Кочиева¹,
Р.Р. Хабиев¹, К.В. Мищенко¹

¹ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр оториноларингологии Федерального медико-биологического агентства России»; Россия, 123182 Москва, Волоколамское шоссе, 30, корп. 2;

²ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России; Россия, 117513 Москва, ул. Островитянова, 1

Контакты: Сергей Сергеевич Решульский RSS05@mail.ru

Эндоскопическая ультрасонография является новым методом диагностики предопухолевых заболеваний и опухолей гортани. Эта методика хорошо зарекомендовала себя в выявлении патологии желудочно-кишечного тракта. Мы переняли опыт наших коллег и применили эндоскопическую ультрасонографию в диагностике плоскоклеточного рака гортани.

В статье описаны достоинства эндоскопической и ультразвуковой диагностики патологии гортани, представлен клинический случай применения эндоскопической ультрасонографии.

Ключевые слова: гортань, эндоскопия, ультразвуковое исследование, ультрасонография, плоскоклеточный рак

Для цитирования: Дайхес Н.А., Виноградов В.В., Решульский С.С. и др. Возможности эндоларингеальной ультрасонографии в диагностике опухолевой патологии гортани. Опухоли головы и шеи 2025;15(1):33–9.

DOI: <https://doi.org/10.17650/2222-1468-2025-15-1-33-39>

Possibilities of endolaryngeal ultrasonography in the diagnosis of laryngeal tumor pathology

N.A. Daikhes^{1,2}, V.V. Vinogradov^{1,2}, S.S. Reshulsky^{1,2}, M.L. Isaeva¹, E.B. Fedorova¹, S.M. Kochieva¹,
R.R. Khabiev¹, K.V. Mishchenko¹

¹National Medical Research Center for Otorhinolaryngology of the Federal Medical-Biological Agency of Russia; Bld. 2, 30 Volokolamskoye Shosse, Moscow 123182, Russia;

²N.I. Pirogov Russian National Research Medical University, Ministry of Health of Russia; 1 Ostrovityanova St., Moscow 117513, Russia

Contacts: Sergey Sergeyevich Reshulsky RSS05@mail.ru

Endoscopic ultrasound is a new technique for diagnosis of precancers and tumors of the larynx. This technique proved its effectiveness in identification of pathologies of the gastrointestinal tract. We have adopted the best practices of our colleagues and used endoscopic ultrasound in diagnosis of squamous cell carcinoma of the larynx.

The article describes advantages of endoscopic and ultrasound diagnosis of laryngeal pathology, presents a clinical case of using endoscopic ultrasound.

Keywords: larynx, endoscopy, ultrasound examination, ultrasonography, squamous cell carcinoma

For citation: Daikhes N.A., Vinogradov V.V., Reshulsky S.S. et al. Possibilities of endolaryngeal ultrasonography in the diagnosis of laryngeal tumor pathology. Opuholi golovy i shei = Head and Neck Tumors 2025;15(1):33–9. (In Russ.).

DOI: <https://doi.org/10.17650/2222-1468-2025-15-1-33-39>

Введение

Рак гортани является одним из самых распространенных заболеваний головы и шеи и составляет 1 % всех злокачественных новообразований в мире. По данным Всемирной организации здравоохранения, доля рака лор-органов среди злокачественных новообразований равна 20–25 %, при этом на долю рака гортани приходится 55 %. Подавляющее большинство злокачественных новообразований гортани (95–98 % случаев) представлено плоскоклеточным раком. Выявление заболевания на ранних стадиях и своевременное его лечение обеспечивают благоприятный прогноз и высокие показатели безрецидивной и общей выживаемости [1, 2].

Методы диагностики опухолей гортани

Основным методом диагностики опухолей гортани является видеоэндоскопия. В ходе этого исследования применяются специальные эндоскопы со встроенной камерой, получаемое изображение транслируется на экран монитора через процессор. Дополнительный канал видеоэндоскопа позволяет выполнять биопсию

непосредственно во время осмотра. Частота диагностических ошибок при применении этого метода составляет 3,1 % (рис. 1) [1, 3].

Одним из признаков злокачественных новообразований является несовершенный ангиогенез. Для оценки тканевой архитектоники и сосудистого рисунка слизистой оболочки применяют усовершенствованные методы эндоскопической визуализации с использованием световых фильтров и/или цифровой обработкой изображения.

Еще одной технологией, позволяющей улучшить качество изображения сосудистого рисунка слизистой оболочки при видеоэндоскопии в белом цвете, является цифровая обработка изображения в реальном времени (i-scan), разработанная компанией PENTAX Medical. Функция i-scan включает 3 режима: усиление поверхности (SE), контраста (CE) и тона (TE) (рис. 2).

Цифровая обработка изображения и переключение режимов происходят в реальном времени путем нажатия кнопки на эндоскопе и не требуют временной задержки. При режиме SE повышается резкость изображения, при CE более темные (депрессивные) области выглядят

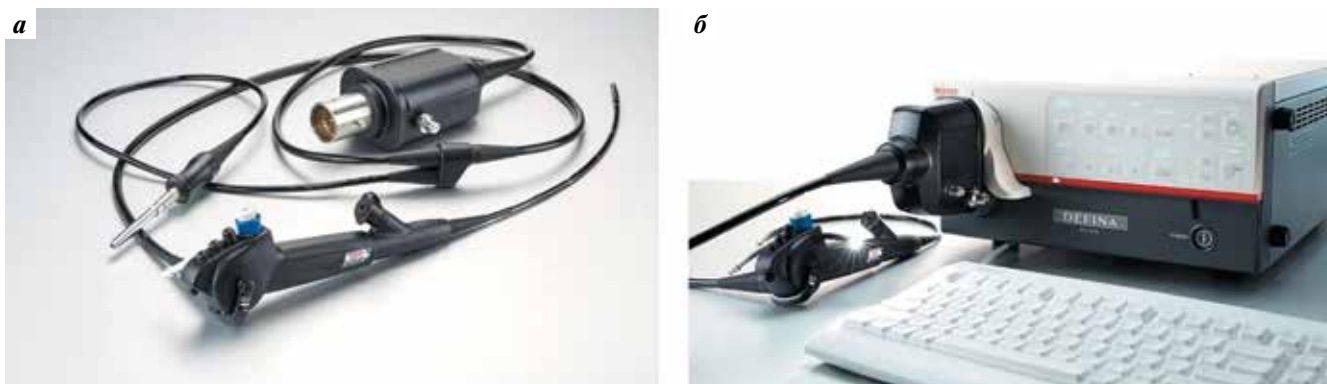


Рис. 1. Оториноларингологические видеоэндоскопы: а — PENTAX Medical VNL-J10 со встроенной видеокамерой; б — PENTAX Medical VNL-J10 со встроенной видеокамерой, подключенный к видеопроцессору Pentax MediaCl EPK-3000 DEFINA

Fig. 1. Otorhinolaryngologic video endoscopes: а — PENTAX Medical VNL-J10 with integrated video camera; б — PENTAX Medical VNL-J10 with integrated video camera connected to Pentax MediaCl EPK-3000 DEFINA video processor



Рис. 2. Эндоскопический осмотр гортани с использованием системы PENTAX Medical: а — усиление поверхности; б — усиление контраста; в — усиление тона. Определяется новообразование в области обеих голосовых складок и передней комиссуры

Fig. 2. Enoscopic examination of the larynx using the PENTAX Medical system: а — surface enhancement; б — contrast enhancement; в — tone value increase. A neoplasm near both vocal cords and anterior commissure is visualized

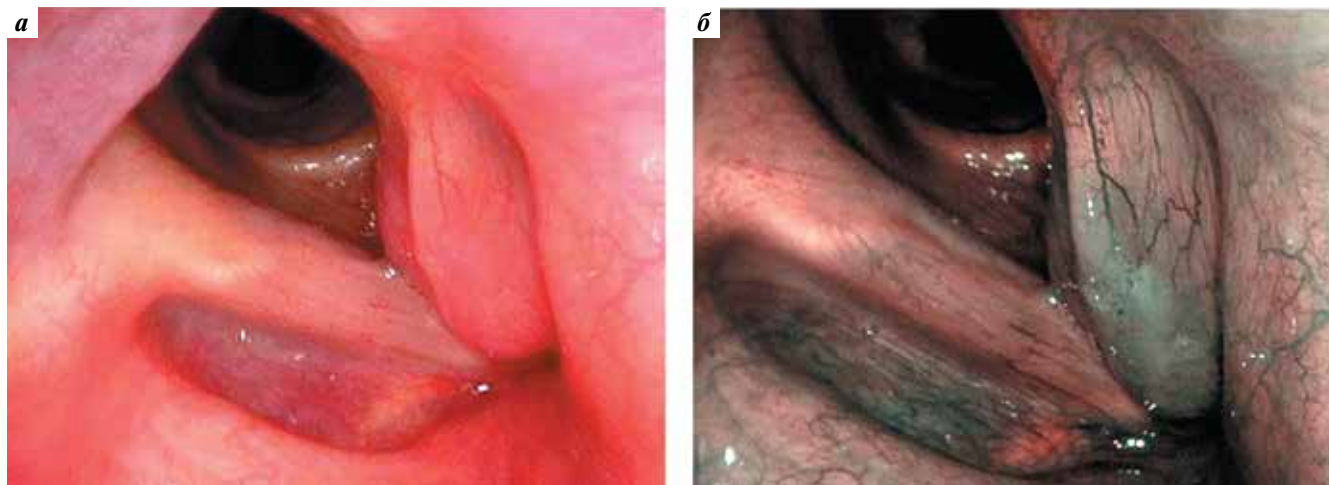


Рис. 3. Эндоскопия гортани: а — изображение в белом цвете. В области левой голосовой складки визуализируются утолщение и гиперемия слизистой оболочки; б — изображение с использованием светового фильтра. Более отчетливо прослеживаются границы новообразования в области левой голосовой складки и сосудистый рисунок слизистой оболочки, определяются аномалия сосудистого рисунка в области новообразования

Fig. 3. Endoscopy of the larynx: а — image in white color. Near the left vocal cord, thickening and hyperemia of the mucosa are observed; б — image using a light filter. The borders of the neoplasm near the left vocal fold and vascular pattern of the mucosa are seen more clearly, an anomaly of the vascular pattern near the neoplasm is observed

синими, а при ТЕ получается цифровое изображение с суженным спектром. Режим ТЕ имеет некоторое сходство с технологией спектрального цветового выделения: и в том, и в другом случаях изображение в белом цвете расщепляется на красную, зеленую и синюю составляющие.

Применение световых фильтров улучшает визуализацию кровеносных сосудов. Эффект достигается благодаря встроенному в процессор световому фильтру, который поглощает все длины волн, кроме 415 и 540 нм. Световые волны указанного спектра поглощаются исключительно гемоглобином. Сеть капилляров на поверхности слизистой оболочки окрашена в коричневый цвет, что дает возможность четко визуализировать их. Аномальный рисунок капиллярной сети слизистой оболочки позволяет заподозрить наличие дисплазии или опухолевого процесса (рис. 3).

Диагностическая точность узкополосной визуализации и непрямой ларингоскопии составляет 90,4 и 76,9 % соответственно, чувствительность узкополосной визуализации при обнаружении злокачественного поражения (карцинома *in situ* или инвазивная карцинома) — 88,9 %, тогда как чувствительность непрямой ларингоскопии — 68,9 % [4, 5].

Последние модели эндоскопического оборудования PENTAX Medical сочетают возможности применения как световых фильтров, так и цифровой обработки изображения (рис. 4).

Однако эндоскопия имеет ряд недостатков и не позволяет выявить распространение опухоли в подслизистый слой и подлежащие мышцы, а также на хрящевой скелет гортани. Как правило, для этих целей используют компьютерную (КТ) и магнитно-резонанс-



Рис. 4. Вideonроцессор PENTAX Medical EPK-i7010 OPTIVISTA Plus с возможностью использования цифровой обработки изображения и оптическим фильтром

Fig. 4. PENTAX Medical EPK-i7010 OPTIVISTA Plus video processor with capability of digital processing and an optical filter

ную томографию (МРТ). В последние годы стали более активно применять ультразвуковое исследование (УЗИ) как легко воспроизводимый и доступный метод диагностики [6–9].

Сегодня целью УЗИ гортани служит выявление первичной опухоли, деформации и деструкции органа, инвазии новообразования в окружающие ткани, пищевод, магистральные кровеносные сосуды шеи, а также обнаружение метастазов в регионарных шейных лимфатических узлах и печени. По данным некоторых авторов, чувствительность УЗИ в обнаружении опухоли гортани и гортаноглотки составляет 94,1 %, точность — 91,9 %,

эффективность — 47,0 %, прогностическая ценность положительного результата — 97,5 %. К сожалению, не во всех случаях можно оценить степень инвазии опухоли в различные слои хряща и мягкотканые структуры гортани. С возрастом слой собственно хряща истончается, а в надхрящнице откладываются соли кальция, препятствующие проведению исследования [10–12].

Эндоультрасонография

С целью повышения качества и объема получаемой информации, а также сокращения срока обследования разработана эндоультрасонография (ЭУС) — метод визуализации, который объединяет преимущества эндоскопии и УЗИ. С помощью специальных видеоэндоскопов, совмещенных с ультразвуковым датчиком, стало возможным проводить эндоскопическое исследование полых органов одновременно с УЗИ (рис. 5) [13, 14].

Эндоультрасонография получила широкое распространение в различных областях медицины, включая гастроэнтерологию, пульмонологию и оториноларингологию (применяется относительно недавно). Основное преимущество ЭУС заключается в способности обеспечивать детальную визуализацию поверхностных и глубоких структур полых органов, что делает его незаменимым инструментом диагностики и стадирования опухолевых заболеваний [15–17].

В диагностике опухолей верхних отделов желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) ЭУС зарекомендовала себя как один из наиболее точных методов. Согласно данным D. B. Jones и соавт., ее точность при стадировании опухолей пищевода составляет 85–90 %, тогда как традиционная КТ демонстрирует точность на уровне 70–75 %. В исследовании С. Arens и М. Kraft сообщается, что ЭУС позволяет выявлять опухоли гортани размером от 3 мм, что особенно важно для ранней диагностики патологии и своевременного лечения [16, 18].

Результаты исследования подтверждают, что ЭУС обладает высокой точностью в определении глубины инвазии опухоли по сравнению с традиционной эндо-

скопией и КТ/МРТ. Данный метод позволяет визуализировать опухоли ротоглотки размером от 3 мм, что особенно важно для ранней диагностики рака гортани. Высокочастотный ультразвук (10–20 МГц) позволяет более точно оценить степень проникновения опухоли в перихондрий щитовидного хряща.

Несмотря на очевидные преимущества, ЭУС имеет и ряд недостатков. Так, визуализация может быть затруднена из-за наличия воздуха в верхних дыхательных путях, а также из-за сложности интерпретации изображений, требующей высокой квалификации специалиста. В исследовании С. Arens и Н. Glanz отмечается, что комбинация ЭУС с КТ позволяет снизить частоту диагностических ошибок на 18 % [19].

Кроме того, важным аспектом является безопасность метода. Согласно данным М. Kraft, частота осложнений при проведении ЭУС не превышает 1 %, что делает ее безопасной альтернативой более инвазивным методам диагностики [15].

В онкологическом отделении Федерального научно-клинического центра специализированных видов медицинской помощи и медицинских технологий Федерального медико-биологического агентства России проведена апробация ультразвукового видеоэндоскопа фирмы PENTAX Medical EB19-J10U. Представляем клинический случай применения ЭУС в нашей практике, наглядно демонстрирующий все преимущества этой методики.

Клинический случай

Пациент С., 56 лет, поступил в онкологическое отделение Федерального научно-клинического центра специализированных видов медицинской помощи и медицинских технологий Федерального медико-биологического агентства России с верифицированным плоскоклеточным раком правой голосовой складки I стадии, T1N0M0 для проведения эндоларингеальной лазерной резекции. Операция выполнялась под эндотрахеальным наркозом. После интубации трахеи установлен гортанный клинок, визуализированы голосовые складки. Далее в просвет гортанного клинка введен ультразвуковой видеоэндоскоп PENTAX Medical EB19-J10U (рис. 6).

Под эндоскопическим контролем визуализирована опухоль экзофитного роста, располагающаяся в средней трети правой голосовой складки. Далее датчик ультразвукового фиброскопа установлен на область опухолевого поражения правой голосовой складки (рис. 7).

При оценке ультразвуковой картины визуализирована опухоль, располагающаяся на слизистой оболочке правой голосовой складки, без распространения на голосовую связку и голосовую мышцу (рис. 8). Следует отметить, что при проведении КТ и МРТ гортани с контрастированием не удалось определить патологический очаг и его распространение на близлежащие структуры.

С учетом данных интраоперационной ЭУС проведено удаление опухоли в пределах здоровых тканей



Рис. 5. Эндоскопическое оборудование: а — внешний вид ультразвукового видеоэндоскопа PENTAX Medical EB19-J10U; б — ультразвуковой датчик на концевой части видеоэндоскопа PENTAX Medical EB19-J10U

Fig. 5. Endoscopic equipment: a — ultrasound video endoscope PENTAX Medical EB19-J10U; б — ultrasound probe at the end of PENTAX Medical EB19-J10U video endoscope

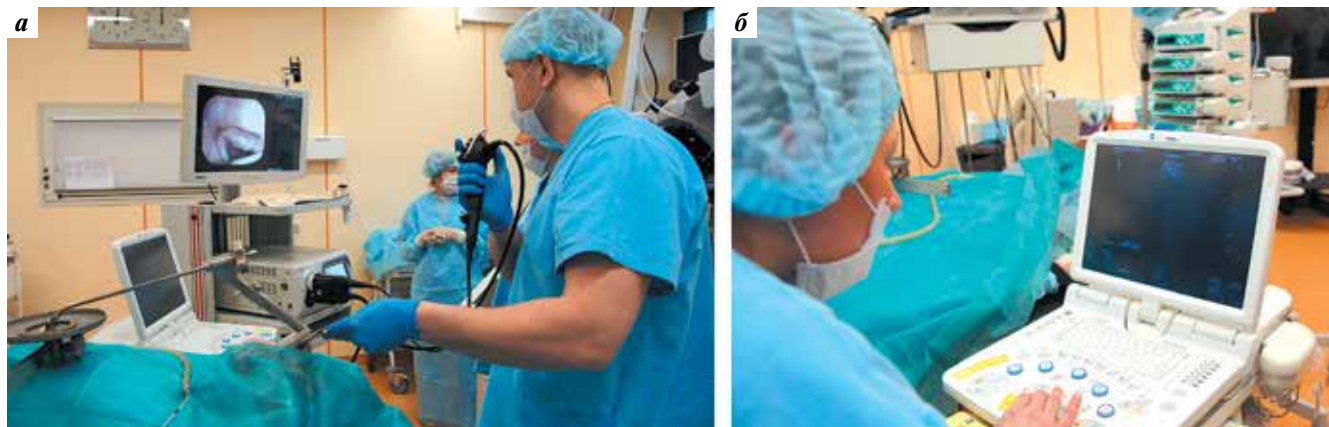


Рис. 6. Ход операции: а — ультразвуковой видеоскоп PENTAX Medical EB19-J10U введен в просвет гортанного клинка под эндоскопическим контролем; б — оценка получаемого с помощью эндоультрасонографии изображения, транслируемого на экран портативного ультразвукового аппарата
Fig. 6. Surgery: а — ultrasound video endoscope PENTAX Medical EB19-J10U is inserted into the larynx under endoscopic control; б — evaluation of the image obtained using endoscopic ultrasound streamed on the screen of a portable ultrasound device

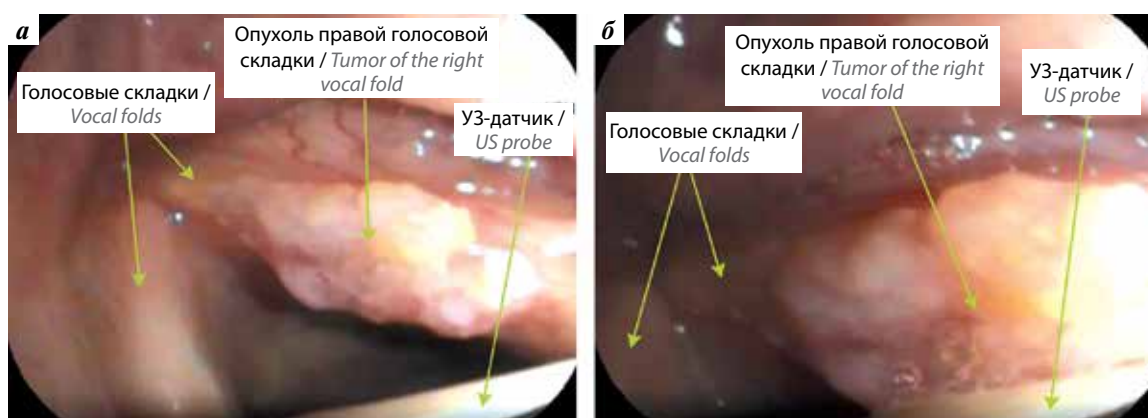


Рис. 7. Эндоскопия гортани: а — в средней трети правой голосовой складки визуализируется опухоль с экзофитным ростом на широком основании; б — в средней трети правой голосовой складки визуализируется опухоль с экзофитным ростом на широком основании, к которой подведен ультразвуковой (УЗ) датчик фиброскопа

Fig. 7. Endoscopy of the larynx: а — in the middle third of the right vocal fold, a tumor with exophytic growth and wide base is visualized; б — in the middle third of the right vocal fold, a tumor with exophytic growth and wide base to which an ultrasound (US) probe of a fibroscope was delivered

без повреждения голосовой связки и мышцы, что в дальнейшем благоприятно сказалось на функциональных результатах.

Заключение

Эндоскопическая ультразвуковая диагностика — ценный диагностический инструмент в современной медицине, позволяющий более точно определить размеры и глубину проникновения опухолей. Эта методика доказала эффективность в диагностике рака ЖКТ. Опыт, полученный нашими коллегами при исследовании ЖКТ с использованием ЭУС, может быть использован специалистами, занимающимися диагностикой и лечением опухолей головы и шеи, в частности ларингологами. Данный метод позволяет получить важные сведения для планирования объема резекции гортани, минимизировать повреждение здоровых тканей с сохранением хороших онкологических результатов.

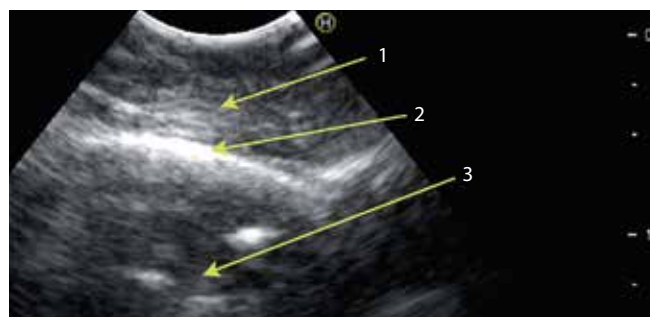


Рис. 8. Ультразвуковая картина гортани, полученная при эндоскопическом ультразвуковом исследовании. Определяются опухоль, расположенная на слизистой оболочке правой голосовой складки (1), собственная голосовая связка (2), голосовая мышца (3). Опухоль ограничена от голосовой связки и не распространяется на нее

Fig. 8. Ultrasound image of the larynx obtained during endoscopic ultrasound examination. A tumor located on the mucosa of the right vocal fold (1), the vocal fold itself (2), vocal muscle are visualized (3). The tumor is separated from the vocal cord and does not grow into it

Л И Т Е Р А Т У Р А / R E F E R E N C E S

1. Дайхес Н.А., Виноградов В.В., Решульский С.С. и др. Комплексная реабилитация пациентов после ларингэктомии: основные вехи развития. Российская оториноларингология 2022;1(116):93–104. DOI: 10.18692/1810-4800-2022-1-93-104 Daikhes N.A., Vinogradov V.V., Reshulsky S.S. et al. Comprehensive rehabilitation of patients after laryngectomy: the main milestones of development. Rossiyskaya otorinolaringologiya = Russian Otorhinolaryngology 2022;1(116):93–104. (In Russ.). DOI: 10.18692/1810-4800-2022-1-93-104
2. Состояние онкологической помощи населению России в 2023 году. Под ред. А.Д. Каприна, В.В. Старинского, А.О. Шахзадовой. М.: МНИОИ им. П.А. Герцена – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, 2024. 262 с. The state of cancer care in Russia in 2023. Ed. by A.D. Kaprin, V.V. Starinsky, A.O. Shakhzadova. Moscow: MNI OI im. P.A. Gertsena – filial FGBU “NMITS radiologii” Minzdrava Rossi, 2024. 262 p. (In Russ.).
3. Свистушкин В.М., Решетов И.В., Чучуева Н.Д., Салтыков Б.В. Комбинированное применение современных эндоскопических методов в диагностике предрака и рака гортани. Вестник оториноларингологии 2019;3(84):32–6. Svistushkin V.M., Reshetov I.V., Chuchueva N.D., Saltykov B.V. Combined use of modern endoscopic methods in the diagnosis of precancerous and laryngeal cancer. Vestnik otorinolaringologii = Bulletin of Otorhinolaryngology 2019;3(84):32–6. (In Russ.).
4. Campo F, Ralli M., Di Stadio A. et al. Role of narrow band imaging endoscopy in preoperative evaluation of laryngeal leukoplakia: a review of the literature. Ear Nose Throat J 2022;101(9):NP403–8. DOI: 10.1177/0145561320973770
5. Yang N., Zhao C., Lin F. et al. Postoperative examination of laryngeal malignant tumor based on narrowband imaging resolution enhancement technology. Contrast Media Mol Imaging 2022;2022:7762622. DOI: 10.1155/2022/7762622
6. Мулярец М.В., Кожанов Л.Г., Сдвижков А.М. и др. Возможности тонкоигольной аспирационной биопсии под контролем УЗИ при раке гортани. Голова и шея 2015;4:46. Mulyarets M.V., Kozhanov L.G., Sdvizhkov A.M. et al. The possibilities of fine needle aspiration biopsy under ultrasound control for laryngeal cancer. Golova i sheya = Head and Neck 2015;4:46. (In Russ.).
7. Гафурова А.И., Виноградов В.В., Коробкин А.С., Решульский С.С. Диагностика рецидива рака гортани с применением гарпунной биопсии под ультразвуковым контролем (клинический случай). Опухоли головы и шеи 2019;9(3):97–101. DOI: 10.17650/2222-1468-2019-9-3-12-23 Gafurova A.I., Vinogradov V.V., Korobkin A.S., Reshulsky S.S. Diagnosed laryngeal cancer relapse using harpoon biopsy under ultrasound guidance (clinical case). Opukholi golovy i shei = Head and Neck Tumors 2019;9(3):97–101. (In Russ.). DOI: 10.17650/2222-1468-2019-9-3-97-101
8. Долгушин Б.И., Тюрин И.Е. Стандарты УЗИ, РКТ, МРТ и ПЭТ/КТ-исследований в онкологии. 5-е изд. М., 2016. Dolgushin B.I., Tyurin I.E. Standards of ultrasound, RCT, MRI and PET/CT research in oncology. 5th edn. Moscow, 2016. (In Russ.).
9. Серова Н.С., Шебунина А.Б., Аветисян Э.Е. Роль КТ и МРТ в диагностике плоскоклеточной карциномы гортани. Russian Electronic Journal of Radiology 2019;9(2):197–204. Serova N.S., Shebunina A.B., Avetisyan E.E. The role of CT and MRI in the diagnosis of squamous cell carcinoma of the larynx. Russian Electronic Journal of Radiology 2019;9(2):197–204. (In Russ.).
10. Аллахвердиева Г.Ф., Синюкова Г.Т., Данзанова Т.Ю. и др. Ультразвуковое исследование с контрастным усилением в диагностике плоскоклеточных опухолей головы и шеи. Опухоли головы и шеи 2019;9(1):12–9. DOI: 10.17650/2222-1468-2019-9-1-12-19 Allahverdieva G.F., Sinyukova G.T., Danzanova T.Yu. et al. Contrast-enhanced ultrasound in the diagnosis of head and neck squamous cell carcinoma. Opukholi golovy i shei = Head and Neck Tumors 2019;9(1):12–9. (In Russ.). DOI: 10.17650/2222-1468-2019-9-1-12-19
11. Дайхес Н.А., Виноградов В.В., Коробкин А.С. и др. Случай ранней диагностики локорегионарного рецидива рака гортани с применением гарпунной биопсии под УЗ-контролем. Российский электронный журнал лучевой диагностики 2019;9:240–5. Daikhes N.A., Vinogradov V.V., Korobkin A.S. et al. A case of early diagnosis of locoregional recurrence of laryngeal cancer using a harpoon biopsy under ultrasound control. Rossiyskiy elektronnyy zhurnal luchevoy diagnostiki = Russian Electronic Journal of Radiation Diagnostics 2019;9:240–5. (In Russ.).
12. Велькоборски Х.Ю., Йеккер П., Маурер Я., Манн В.Ю. Ультразвуковая диагностика заболеваний головы и шеи: пер. с нем. В.Ю. Халатова. М.: МЕДпресс-информ, 2016. 174 с. Velkoborski Kh.Yu., Yekker P., Maurer Ya., Mann V.Yu. Ultrasound diagnostics of head and neck diseases: translated from German by V.Y. Khalatov. Moscow: MEDpress-inform, 2016. 174 p. (In Russ.).
13. Arens C., Kraft M. Endoscopic ultrasound of the larynx. Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg 2016;24(2):128–34. DOI: 10.1097/MOO.0000000000000242
14. Schade G., Kothe C., Lewer R. Kehlkopfsonographie-eine Alternative zur endoskopischen Diagnostik? [Sonography of the larynx an alternative to laryngoscopy?]. HNO 2003;51(7):585–90. (In German). DOI: 10.1007/s00106-003-0887-x
15. Kraft M. Technique of high-frequency endolaryngeal ultrasound. J Laryngol Otol 2008;122(10):1109–11. DOI: 10.1017/S0022215108002090
16. Jones D.B. Role of endoscopic ultrasound in staging upper gastrointestinal cancers. ANZ J Surg 2007;77(3):166–72. DOI: 10.1111/j.1445-2197.2006.04000.x
17. Maeda H., Sasaki F., Kabayama M. et al. Efficacy of endoscopic ultrasonography in evaluating tumor thickness in patients with superficial pharyngeal carcinoma: A pilot study. Auris Nasus Larynx 2022;49(3):495–503.
18. Arens C., Weigt J., Schumacher J., Kraft M. Ultraschall des Larynx, Hypopharynx sowie des oberen Ösophagus HNO 2011;59(2):145–54. (In German).
19. Arens C., Glanz H. Endoscopic high-frequency ultrasound of the larynx. Eur Arch Otorhinolaryngol 1999;256(6):316–22. DOI: 10.1007/s004050050254

Вклад авторов

Н.А. Дайхес, В.В. Виноградов: обработка данных, редактирование;
С.С. Решульский, К.В. Мищенко: сбор и обработка данных, обзор публикаций по теме статьи, написание текста статьи;
М.Л. Исаева, Е.Б. Федорова, С.М. Кочиева, Р.Р. Хабиев: обзор публикаций по теме статьи.

Authors' contributions

N.A. Daikhes, V.V. Vinogradov: data processing, editing;
S.S. Reshulsky, K.V. Mishchenko: data collection and processing, review of publications on the topic of the article, article writing;
M.L. Isaeva, E.B. Fedorova, S.M. Kochieva, R.R. Khabiev: review of publications on the topic of the article.

ORCID авторов / ORCID of authors

Н.А. Дайхес / N.A. Daikhes: <https://orcid.org/0000-0001-5636-5082>
В.В. Виноградов / V.V. Vinogradov: <https://orcid.org/0000-0002-7808-5396>
С.С. Решульский / S.S. Reshulsky: <https://orcid.org/0000-0001-8600-1343>
М.Л. Исаева / M.L. Isaeva: <https://orcid.org/0000-0002-4764-9865>
Е.Б. Федорова / E.B. Fedorova: <https://orcid.org/0000-0001-5078-8594>
С.М. Кочиева / S.M. Kochieva: <https://orcid.org/0009-0006-0936-6326>
Р.Р. Хабиев / R.R. Khabiev: <https://orcid.org/0009-0003-2910-3476>
К.В. Мищенко / K.V. Mishchenko: <https://orcid.org/0009-0000-5826-6512>

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Финансирование. Статья подготовлена без спонсорской поддержки.

Funding. The article was prepared without external funding.

Статья поступила: 17.02.2025. **Принята к публикации:** 11.03.2025. **Опубликована онлайн:** 25.03.2025.

Article submitted: 17.02.2025. **Accepted for publication:** 11.03.2025. **Published online:** 25.03.2025.