

DOI: <https://doi.org/10.17650/2222-1468-2025-15-2-92-98>

Постлучевые изменения функции щитовидной железы при лечении опухолей головы и шеи: современное состояние проблемы

С.А. Забровская, А.Р. Геворков, Н.А. Зайцева, А.А. Федосеева, А.В. Бойко, Е.В. Хмелевский, А.Д. Каприн*Московский 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***Контакты:** Светлана Анатольевна Забровская zabrovskaya.sa@gmail.com

Постлучевой гипотиреоз является распространенным осложнением лечения опухолей головы и шеи: частота его развития составляет 6–50 %. Даже субклинический гипотиреоз ассоциирован с такими заболеваниями сердечно-сосудистой системы, как ишемическая болезнь сердца и инфаркт миокарда. Данная патология может значимо влиять не только на качество, но и на продолжительность жизни пациентов, перенесших лучевую терапию. В статье представлены результаты исследований, посвященных определению предикторов постлучевого гипотиреоза, а также клинические случаи, демонстрирующие результаты лучевой терапии при раке головы и шеи.

Ключевые слова: гипотиреоз, лучевая терапия, опухоль головы и шеи**Для цитирования:** Забровская С.А., Геворков А.Р., Зайцева Н.А. и др. Постлучевые изменения функции щитовидной железы при лечении опухолей головы и шеи: современное состояние проблемы. Опухоли головы и шеи 2025;15(2): 92–8.DOI: <https://doi.org/10.17650/2222-1468-2025-15-2-92-98>

Post-radiation changes in thyroid function during treatment of head and neck tumors: current state of the problem

S.A. Zabrovskaya, A.R. Gevorkov, N.A. Zaitseva, A.A. Fedoseeva, A.V. Boyko, E.V. Khmelevskiy, A.D. Kaprin*P.A. Hertzen Moscow Oncology Research Institute — branch of the National Medical Research Radiological Centre, Ministry of Health of Russia; 3 2nd Botkinsky Proezd, Moscow 125284, Russia***Contacts:** Svetlana Anatolyevna Zabrovskaya zabrovskaya.sa@gmail.com

Post-radiation hypothyroidism is a common complication of treatment of head and neck tumors: its incidence is 6–50 %. Even subclinical hypothyroidism is associated with such cardiovascular diseases as ischemic heart disease and myocardial infarction. This pathology can significantly affect both quality of life and lifespan of patients who underwent radiation therapy.

The article presents results of studies on identification of predictors of post-radiation hypothyroidism, as well as clinical cases demonstrating results of radiation therapy in head and neck cancer treatment.

Keywords: hypothyroidism, radiation therapy, head and neck tumor**For citation:** Zabrovskaya S.A., Gevorkov A.R., Zaitseva N.A. et al. Post-radiation changes in thyroid function during treatment of head and neck tumors: current state of the problem. Opukholi golovy i shei = Head and Neck Tumors 2025; 15(2):92–8. (In Russ.).DOI: <https://doi.org/10.17650/2222-1468-2025-15-2-92-98>

Введение

Нарушения функции щитовидной железы (ЩЖ), возникающие на фоне лечения злокачественных новообразований различных локализаций, и их влияние на

прогноз жизни пациентов представляют собой обширное поле для изучения. При лечении больных с опухолями головы и шеи необходимо применять мультидисциплинарный подход с привлечением большой

команды медиков, включающей не только хирургов, лучевых и химиотерапевтов, но и специалистов смежных специальностей, в том числе эндокринологов.

Лучевая терапия (ЛТ), в том числе в комбинации с хирургическим и лекарственным лечением, является одним из ключевых методов борьбы со злокачественными опухолями головы и шеи и применяется в 60–70 % случаев. При ее проведении по поводу новообразований вышеуказанной локализации в зону воздействия ионизирующего излучения попадают и здоровые ткани и органы. Так, ЩЖ, несмотря на применение современных технологий ЛТ, может принимать на себя до 50 % от общей очаговой дозы. Возможные нарушения со стороны ЩЖ довольно разнообразны и включают как структурные (появление узловых образований, тиреоидита), так и функциональные (с повышением или снижением функции ЩЖ) дисфункции (табл. 1). На сегодняшний день не существует единого мнения о частоте развития постлучевого гипотиреоза. По данным разных авторов, у 24–50 % пациентов после ЛТ по поводу злокачественных опухолей головы и шеи имеется субклинический гипотиреоз, у 6–20 % – манифестный гипотиреоз [1–3]. Сроки развития гипотиреоза после проведенного лечения также различны. Считается, что он может быть диагностирован уже через 4 нед после окончания ЛТ.

В настоящее время существует небольшое количество исследований, посвященных оценке влияния тиреоидного статуса на 5-летнюю выживаемость пациентов со злокачественными опухолями. Не исключено,

что именно дисфункция ЩЖ у больных данной группы может привести к увеличению смертности за счет кардиоваскулярных заболеваний. Кроме того, доказано, что субклинический гипотиреоз является фактором развития и прогрессирования депрессии, и даже на фоне адекватной заместительной гормональной терапии манифестной формы гипотиреоза качество жизни таких пациентов значительно ниже по сравнению со здоровой популяцией.

Клинические проявления манифестного гипотиреоза весьма неспецифичны. К ним относятся слабость и утомляемость, сонливость, снижение аппетита, которое при этом может сопровождаться увеличением массы тела. Постепенное появление этих и других жалоб (например, сильное выпадение волос, замедленность движений) у лиц старшей возрастной группы может расцениваться как признаки естественного старения организма, что приводит к поздней диагностике заболевания. Еще один характерный признак сниженной функции ЩЖ – осиплость голоса и расстройство артикуляции вследствие инфильтрации голосовых связок и языка глюкозаминогликаном. Данное проявление может маскировать гипотиреоз, расцениваться как осложнение ЛТ у больных со злокачественными опухолями головы шеи и быть причиной поздней диагностики заболевания.

Дефицит тиреоидных гормонов оказывает влияние на функцию всех органов и систем и, как следствие, определяет многообразие проявлений гипотиреоза. В частности, результаты многих исследований

Таблица 1. Распространенность нарушений функции щитовидной железы после лучевой терапии

Table 1. Incidence of thyroid function abnormalities after radiation therapy

Заболевание/нарушение Disease/abnormality	Распространенность, % Incidence, %	Продолжительность латентного периода Duration of latent period
Гипотиреоз (субклинический и манифестный) Hypothyroidism (subclinical and symptomatic)	3–92	До 27 лет Up to 27 years
Низкий уровень тироксина Low thyroxine level	10–25	Нет данных No data
Очень высокий уровень тиреотропного гормона Very low thyrotropin level	9,5–27	Нет данных No data
Вторичный гипотиреоз Secondary hypothyroidism	72	В среднем 9 лет 9 years on average
Тиреоидит Хашимото Hashimoto's thyroiditis	48	4–12 мес 4–12 months
Тиреоидит Thyroiditis	3	Несколько месяцев Several months
Болезнь Грейвса Graves' disease	0,1–2	Нет данных No data
Рак щитовидной железы Thyroid cancer	0,35	1,5–25 лет 1.5–25 years

продемонстрировали взаимосвязь гипотериоза с различными типами поражения сердечно-сосудистой системы. Доказано, что даже субклинический гипотиреоз ассоциируется с высоким риском развития ишемической болезни сердца, инфаркта миокарда, сердечной недостаточности и смертности от сердечно-сосудистых заболеваний (табл. 2). При этом не выявлено зависимости частоты возникновения данных состояний от пола и возраста пациентов.

Концентрация тиреотропного гормона (ТТГ) $>5,25$ мЕД/л может рассматриваться как предиктор развития ассоциированных с субклиническим гипотиреозом кардиоваскулярных изменений. Даже незначительные нарушения тиреоидного статуса способствуют нарушениям липидного спектра, ритма сердечных сокращений и сократительной функции миокарда. У пожилых пациентов с уровнем ТТГ >10 мЕД/л наблюдается более высокий риск развития сердечной недостаточности по сравнению с лицами с эутиреозом. В частности, для гипотиреоза наиболее характерны эндотелиальная дисфункция, нарушение гемостаза, повышение общего периферического сосудистого сопротивления, диастолическая дисфункция миокарда левого желудочка, а также снижение систолической функции левого желудочка и увеличение преднагрузки. Манифестный гипотиреоз способствует развитию гиперхолестеринемии с повышением уровня липопротеидов низкой плотности и, следовательно, атеросклероза [4–8].

На протяжении многих лет изучается влияние различных параметров ЛТ на развитие гипотиреоза. В частности, в ходе ретроспективного исследования Т. Khurram и соавт. проанализировали истории болезни пациентов со злокачественными опухолями головы и шеи, получавших ЛТ с 2000 по 2013 г. [9]. Установлено, что из 1116 больных гипотиреоз развился у 6,5 % (в результатах данного исследования не было указания

на случаи субклинического гипотиреоза). Далее оценивались такие параметры, как этническая принадлежность, пол, наследственность по онкологическим заболеваниям, анамнез курения. Исследователи установили, что у женщин гипотиреоз развивался почти в 2 раза чаще, чем у мужчин. Такие параметры, как этническая принадлежность к афроамериканской группе, наличие в семейном анамнезе онкологических заболеваний, отсутствие в анамнезе курения также чаще отмечались у пациентов с гипотиреозом, однако различия были статистически незначимыми. В исследовании не учитывалась доза облучения, применяемая в ходе ЛТ.

Большой интерес представляет исследование А.Ф. Вербовой и соавт. [10], в котором не только обобщены изучаемые ранее факторы-предикторы гипотиреоза, но и проанализировано воздействие ЛТ с модуляцией интенсивности (IMRT) на развитие постлучевого гипотиреоза. В частности, к таким факторам отнесены:

- уменьшение объема ЩЖ. Однако нет данных о том, какой объем считать пороговым. Диапазон значений этого показателя, установленный в различных исследованиях, достаточно широк: от 4,58 до 13,1 см³. Так, есть данные о том, что при объеме ЩЖ <8 см³ у 75 % пациентов через 3 года после ЛТ диагностируется гипотиреоз;
- уровень ТТГ. Продемонстрировано, что у пациентов с ТТГ $>1,5$ мЕД/л гипотиреоз развивался в 2,5 раза чаще, чем у лиц с более низким значением данного показателя.

В то же время авторы сообщают, что повышенный уровень ТТГ может наблюдаться у лиц с небольшим объемом ЩЖ, так как он не обеспечивает адекватной функции, что приводит к увеличению выработки ТТГ по принципу механизма обратной связи. Влияние на развитие радиоиндуцированного гипотиреоза таких

Таблица 2. Частота смертности в зависимости от тиреоидного статуса, %

Table 2. Mortality depending on thyroid status, %

Событие Event	Гипертиреоз Hyperthyroidism		Гипотиреоз Hypothyroidism		Эутиреоз Euthyroidism
	субклинический subclinical	манифестный symptomatic	субклинический subclinical	манифестный symptomatic	
Общая смертность Overall mortality	43,1	24,0	21,2	20,4	16,1
Инфаркт миокарда Myocardial infarction	6,5	3,9	5,1	5,0	3,8
Инсульт Stroke	13,6	8,2	8,9	7,2	7,0
Рак Cancer	24,5	16,6	17,1	13,3	15,1

факторов, как пол и возраст, остается недоказанным. Еще в одном исследовании объем ЩЖ ($<12,8 \text{ см}^3$) расценен как фактор риска развития постлучевого гипотиреоза [11]. Кроме того, авторы указали, что на возникновение данного осложнения влияет объем ЩЖ, попавший в зону облучения.

В настоящее время нет единого мнения о том, какие именно дозиметрические параметры ЛТ можно рассматривать в качестве предикторов ПЛГ. В различных исследованиях авторы оценивали влияние таких параметров, как объем ЩЖ, получившей дозы 25 (V_{25}), 30 (V_{30}), 35 (V_{35}), 45 (V_{45}), 50 (V_{50}) и 30–60 (V_{30-60}) Гр; объем ЩЖ, который удалось сохранить после воздействия доз 45 (VS_{45}) и 60 (VS_{60}) Гр; минимальная ($D_{\min}$) и средняя (D_{mean}) дозы облучения. Результаты исследования М. Fujiwara и соавт. показали, что увеличение D_{mean} приводит к повышению частоты возникновения постлучевого гипотиреоза, которая составила 21,9; 33,3; 46,7 и 55,6 % при $D_{\text{mean}} < 30$, 30–40, 40–50 и > 50 Гр соответственно [12]. По данным R.-P. Zhai и соавт., с учетом поправки на пол, возраст и объем ЩЖ до начала ЛТ частота гипотиреоза была ниже в группе с $D_{\text{mean}} < 45$ Гр [13]. В названных исследованиях ЛТ проводилась по методике IMRT. В других работах в качестве предикторов гипотиреоза после ЛТ названы только параметры V_{30} – V_{50} (при использовании 3D-конформной ЛТ). В работах, где в качестве предиктора гипотиреоза был предложен параметр $D_{\min}$, также были получены неоднозначные результаты. В исследовании V. Murthy и соавт. [14] нарушение функции ЩЖ при $D_{\min} < 40$ выявлено в 31,8 случаев, при $D_{\min} > 40$ Гр – у 66,7 % пациентов (при исполь-

зовании 3D-конформной ЛТ). Аналогичные данные (повышение частоты гипотиреоза с увеличением $D_{\min}$) получены S. Ling и соавт. и другими авторами при исследовании пациентов после IMRT [15, 16]. Неоднородность групп наблюдения, применение различных методик лечения и оценки полученной дозы не позволяют сделать однозначные выводы относительно предиктивных факторов гипотиреоза, что обуславливает необходимость дальнейшего изучения данной проблемы.

Представляем в качестве примера 2 клинических случая, демонстрирующих результаты ЛТ при раке головы и шеи.

Клинический случай 1

Пациентка А., 38 лет, с раком гортани III стадии, с T3N0M0. Проведена лучевая терапия с цетуксимабом до суммарной очаговой дозы (СОД) 70 Гр. Дозные нагрузки на предписанные мишени и окружающие органы и ткани представлены на рис. 1. Обращает на себя внимание высокая лучевая нагрузка непосредственно на ЩЖ, ткань которой, хотя и не в полном объеме, попадает в область облучения (рис. 2). Ультразвуковое исследование ЩЖ выполнено в начале ЛТ и через 15 мес после ее окончания: суммарный объем ЩЖ составил 8,3 и 4 см^3 соответственно.

Оценка тиреоидного статуса впервые проведена только через 9 мес после окончания ЛТ. Диагностирован манифестный гипотиреоз (ТТГ – 14 мЕд/л), назначена заместительная гормонотерапия. Однако на фоне титрации дозы компенсация гипотиреоза не была достигнута,

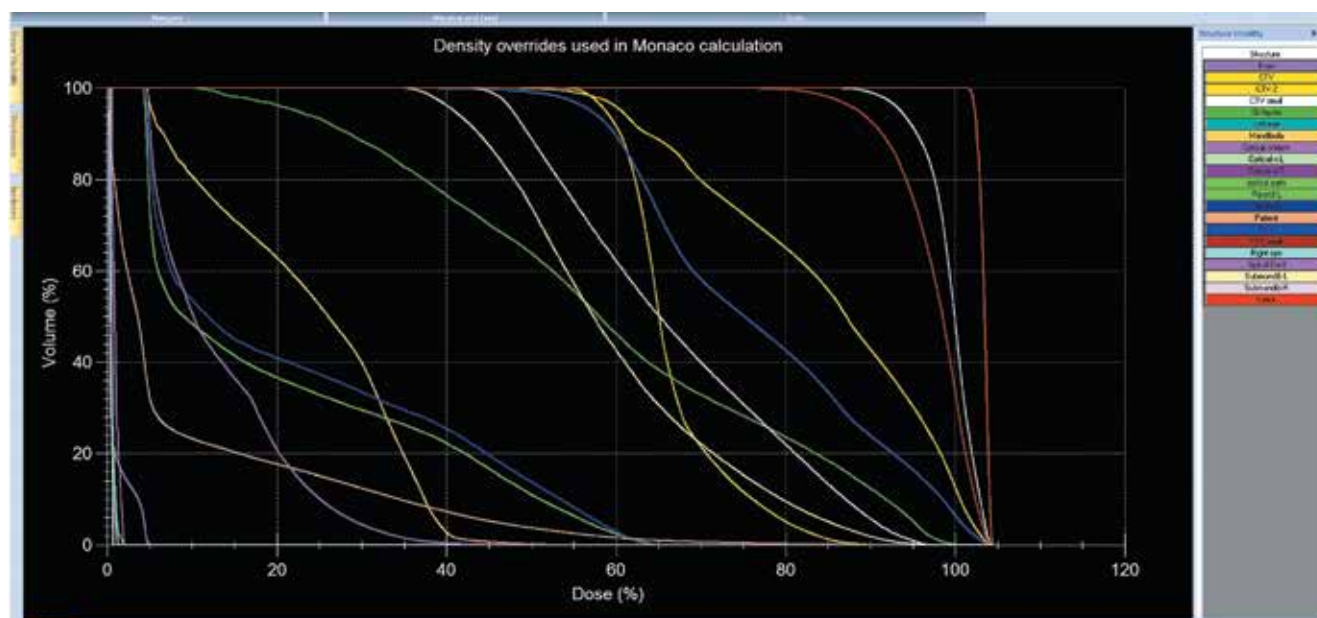


Рис. 1. Гистограмма облучения мишеней и нагрузок на органы риска

Fig. 1. Histogram of target irradiation and radiation exposure of organs at risk

Таблица 3. Динамика объема щитовидной железы

Table 3. Dynamics of thyroid volume

Показатель Characteristic	2019	2021	2022
Правая доля Right lobe	7,4	2,8	2,0
Левая доля Left lobe	6,3	4,5	3,7
Суммарный объем Total volume	13,7	7,3	5,7

Таблица 4. Дозные нагрузки на щитовидную железу при проведении лучевой терапии с модуляцией интенсивности

Table 4. Radiation exposure of the thyroid during intensity-modulated radiation therapy

Пациент Patient	D_{mean}^* , Гр D_{mean}^* , Gy	D_{max}^* , Гр D_{max}^* , Gy	D_{min}^* , Гр D_{min}^* , Gy	V_{25}^* , %	V_{45}^* , %	VS_{45}^* , %
А.	65,1	92,8	12,25	93	68,2	31,8
К.	53,5	71,7	40,1	100	90	10

Примечание. V_{25} — объем ЩЖ, получившей дозу 25 Гр; V_{45} — объем ЩЖ, получившей дозу 45 Гр; VS_{45} — объем ЩЖ, который удалось сохранить после воздействия дозы 45 Гр.

Note. V_{25} — thyroid volume receiving 25 Gy dose; V_{45} — thyroid volume receiving 45 Gy dose; VS_{45} — thyroid volume that could be saved after receiving 45 Gy dose.

что связано с наличием сердечно-сосудистой патологии (артериальная гипертензия в анамнезе, нарушения сердечного ритма на фоне заместительной гормонотерапии). Через 3 года после ЛТ у пациентки диагностировано прогрессирование заболевания с метастатическим поражением ЩЖ, по поводу чего выполнена тиреоидэктомия.

Клинический случай 2

Пациентка К., 57 лет, с раком ротоглотки IV стадии, сT3N2cM0. Состояние после химиолучевой терапии, проведенной в феврале — марте 2019 г. (СОД 72 Гр). На первичную консультацию к эндокринологу больная обратилась через 3 мес после окончания лечения. При оценке тиреоидного статуса ТТГ — 1,26 мЕд/л. (в пределах референсных значений). Ультразвуковое исследование ЩЖ выполнено при первичном обращении, через 2 и 3 года после окончания химиолучевой терапии. Динамика объема ЩЖ представлена в табл. 3.

За период наблюдения уровни ТТГ и свободного Т4 — без изменений. Таким образом, у пациентки сохранилось эутиреоидное состояние, вероятно, вследствие исходного достаточного объема ткани ЩЖ. Однако прогрессирование его уменьшения свидетельствует о высоком риске развития постлучевого гипотиреоза.

Обсуждение

В табл. 4 представлено соотношение дозы и ткани ЩЖ у пациентов, получавших IMRT (табл. 4).

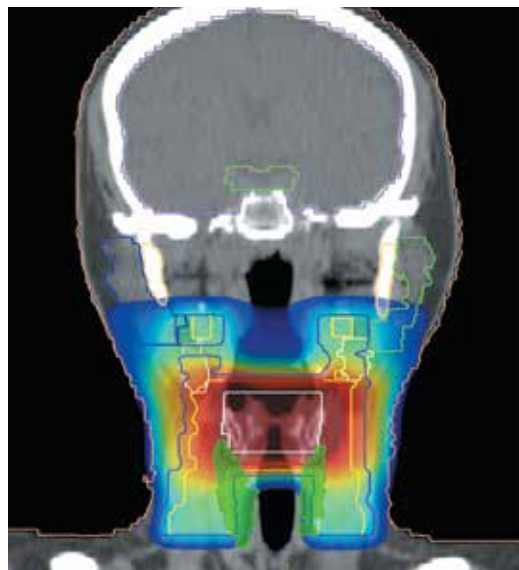


Рис. 2. План облучения (фронтальная проекция)

Fig. 2. Radiotherapy plan (frontal projection)

Согласно представленным данным лучевая нагрузка на ЩЖ в среднем была выше у пациентки А. Напротив, объем ткани ЩЖ, получившей дозы 25 и 45 Гр, у нее оказался меньше, чем у другой пациентки: 93 и 100 % соответственно против 68,2 и 90 % соответственно. Объем ткани ЩЖ, сохраненной после

воздействия дозы 45 Гр, был больше у больной А., чем у больной К., — 31,8 и 10 % соответственно. Таким образом, воздействие ЛТ на ткань ЩЖ оказалось более выражено у пациентки К. Однако на протяжении периода наблюдения (36 мес) у нее сохранялось эутиреоидное состояние. У пациентки А. гипотиреоз диагностирован через 9 мес после начала ЛТ. Можно предположить, что одним из факторов, способствующих развитию постлучевого гипотиреоза у больной А., оказался меньший исходный (до начала лечения) объем ЩЖ.

Все вышеперечисленное свидетельствует о необходимости наблюдения за больными с опухолями головы и шеи после ЛТ не только с целью оценки клинического ответа и ранней диагностики рецидивов, но и для выявления поздних осложнений (возникших через 1 мес и более после окончания ЛТ), влияющих на их общесоматический статус.

Составление индивидуальных планов ЛТ в соответствии с такими клиническими факторами, как стадия N, суммарный объем ЩЖ, и с учетом дозиметрических переменных будет способствовать снижению частоты развития постлучевого гипотиреоза, что окажет положительное влияние на качество жизни, а также, вероятно, на общую 5-летнюю выживаемость пациентов данной группы.

В настоящее время не существует единых стандартов, определяющих сроки и объем исследований пациентов, получивших лечение по поводу рака головы и шеи. Согласно рекомендациям Национальной всеобщей онкологической сети США (National Comprehensive Cancer Network) необходимо оценивать тиреоидный статус пациентов при каждом визите, не реже, чем каждые 6–12 мес, поскольку примерно у 50 % больных, получивших в ходе ЛТ по меньшей мере СОД 44 Гр, возникнет затем гипотиреоз [17, 18]. Данные рекомендации созвучны результатам исследования А.А. Forastiere и соавт., которые сообщили о худших показателях выживаемости у пациентов с сопутствующей патологией (в том числе с гипотиреозом) [19].

Заключение

Таким образом, для повышения эффективности лечения и обеспечения высокого качества жизни пациентов со злокачественными опухолями головы и шеи необходимо не только составление индивидуальных планов ЛТ с оптимальным распределением доз между зоной интереса и окружающими интактными тканями и органами, но и мониторинг структурно-функциональных параметров ЩЖ для своевременной диагностики ее дисфункции.

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

1. Цыб А.Ф., Матвеев Е.Г., Нестайко Г.В., Горобец В.Ф. Пострадиационный гипотиреоз (научный обзор). Радиация и риск 1997;10:61–83.
Tsyb A.F., Matveenko E.G., Nestayko G.V., Gorobets V.F. Intermittent hypothyroidism (scientific review). Radiatsiya i risk = Radiation and Risk 1997;10:61–83. (In Russ.).
2. Lee V., Chan S.Y., Choi C.W. et al. Dosimetric predictors of hypothyroidism after radical intensity-modulated radiation therapy for non-metastatic nasopharyngeal carcinoma. Clin Oncol 2016;28(8):52–60. DOI: 10.1016/j.clon.2016.05.004
3. McDowell L.J., Rock K., Xu W. et al. Long-term late toxicity, quality of life, and emotional distress in patients with nasopharyngeal carcinoma treated with intensity modulated radiation therapy. Int J Radiat Oncol Biol Phys 2018;102(2):340–52. DOI: 10.1016/j.ijrobp.2018.05.060
4. Трошина Е.А., Юкина М.Ю., Огнева Н.А., Мазурина Н.В. Нарушения функции щитовидной железы и сердечно-сосудистая система. Клиническая и экспериментальная тиреоидология 2010;6(1):12–9.
Troshina E.A., Yukina M.Yu., Ogneva N.A., Mazurina N.V. Disorders of the thyroid gland and the cardiovascular system. Klinicheskaya i eksperimental'naya tireoidologiya = Clinical and Experimental Thyroidology 2010;6(1):12–9. (In Russ.).
5. Вербовой А.Ф., Шаронова Л.А., Косарева О.В. и др. Состояние сердечно-сосудистой системы при гипотиреозе. Клиническая медицина 2016;94(7):497–502.
Verbovoy A.F., Sharonova L.A., Kosareva O.V. et al. The state of the cardiovascular system in hypothyroidism. Klinicheskaya meditsina = Clinical Medicine 2016;94(7):497–502. (In Russ.).
6. Biondi B., Klein I. Hypothyroidism as a risk factor for cardiovascular disease. Endocrin 2004;24(1):1–13. DOI: 10.1385/ENDO:24:1:001
7. Gencer B., Collet T.H., Virgini V. et al. Thyroid Studies Collaboration. Subclinical thyroid dysfunction and the risk of heart failure events: an individual participant data analysis from 6 prospective cohorts. Circulation 2012;126(9):1040–9. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.112.096024
8. Horodynska O.Yu. Syndrome of hypothyroidism as a factor of cardiovascular pathology development (literature review). 2017;13(7):503–5.
9. Tariq K., Rana F., Zaiden R. et al. Radiation induced hypothyroidism and its relationship with gender and smoking history in head and neck cancer patients. J Nucl Med Radiat Ther 2014;5(3):113–7. DOI: 10.14740/wjon835w
10. Lertbutsayanukul C., Kitpanit S., Prayongrat A. et al. Validation of previously reported predictors for radiation-induced hypothyroidism in nasopharyngeal cancer patients treated with intensity-modulated radiation therapy, a post hoc analysis from a phase III randomized trial. J Radiat Res 2018;59(4):446–55. DOI: 10.1093/jrr/rry036
11. Zhou L., Chen J., Shen W. et al. Thyroid V 50 is a risk factor for hypothyroidism in patients with nasopharyngeal carcinoma treated with intensity-modulated radiation therapy: a retrospective study. Radiat Oncol 2020;15(1):68. DOI: 10.1186/s13014-020-01490-x
12. Fujiwara M., Kamikonya N., Odawara S. et al. The threshold of hypothyroidism after radiation therapy for head and neck cancer: a retrospective analysis of 116 cases. J Radiat Res 2015;56(3):577–82. DOI: 10.1093/jrr/rrv006

13. Zhai R.-P., Kong F.-F., Du C.-R. et al. Radiation-induced hypothyroidism after IMRT for nasopharyngeal carcinoma: clinical and dosimetric predictors in a prospective cohort study. *Oral Oncol* 2017;68:44–9. DOI: 10.1016/j.oraloncology.2017.03.005
14. Murthy V., Narang K., Ghosh-Laskar S. et al. Hypothyroidism after 3-dimensional conformal radiotherapy and intensitymodulated radiotherapy for head and neck cancers: prospective data from 2 randomized controlled trials. *Head Neck* 2014;36(11):1573–80. DOI: 10.1002/hed.23482
15. Ling S., Bhatt A.D., Brown N.V. et al. Correlative study of dose to thyroid and incidence of subsequent dysfunction after head and neck radiation. *Head Neck* 2017;39(3):548–54. DOI: 10.1002/hed.24643
16. Chow J.C.H., Cheung K.M., Cheung G.T.C. et al. Dose-volume predictors of post-radiation primary hypothyroidism in head and neck cancer: a systematic review. *Clin Transl Radiat Oncol* 2022;33:83–92. DOI: 10.1016/j.ctro.2022.01.001
17. Bakhshandeh M., Hashemi B., Mahdavi S.R. et al. Normal tissue complication probability modeling of radiation-induced hypothyroidism after head-and-neck radiation therapy. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2013;85(2):514–21. DOI: 10.1016/j.ijrobp.2012.03.034
18. Denaro N., Merlano M.C., Russi E.G. Follow-up in head and neck cancer: do more does it mean do better? A systematic review and our proposal based on our experience. *Clin Exp Otorhinolaryngol* 2016;9(4):287–97. DOI: 10.21053/ceo.2015.00976
19. Forastiere A.A., Zhang Q., Weber R.S. et al. Long-term results of RTOG 91–11: a comparison of three nonsurgical treatment strategies to preserve the larynx in patients with locally advanced larynx cancer. *J Clin Oncol* 2013;31(7):84552. DOI: 10.1200/JCO.2012.43.6097

Вклад авторов

С.А. Забровская, Н.А. Зайцева: сбор и обработка данных, обзор литературы по теме статьи, написание текста статьи;
А.Р. Геворков: сбор и обработка данных, обзор литературы по теме статьи, написание текста статьи, редактирование;
А.А. Федосеева: сбор и обработка данных;
А.В. Бойко, Е.В. Хмелевский, А.Д. Каприн: редактирование.

Authors' contributions

S.A. Zabrovskaya, N.A. Zaitseva: data collection and processing, literature review on the topic of the article, article writing;
A.R. Gevorkov: data collection and processing, literature review on the topic of the article, article writing, editing;
A.A. Fedoseeva: data collection and processing;
A.V. Boyko, E.V. Khmelevskiy, A.D. Kaprin: editing.

ORCID авторов / ORCID of authors

С.А. Забровская / S.A. Zabrovskaya: <https://orcid.org/0009-0004-0349-3653>
А.Р. Геворков / A.R. Gevorkov: <https://orcid.org/0000-0002-9181-7811>
Н.А. Зайцева / N.A. Zaitseva: <https://orcid.org/0000-0002-2764-5189>
А.В. Бойко / A.V. Boyko: <https://orcid.org/0000-0002-4751-6923>
Е.В. Хмелевский / E.V. Khmelevskiy: <https://orcid.org/0000-0002-4880-0213>
А.Д. Каприн / A.D. Kaprin: <https://orcid.org/0000-0001-8784-8415>

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.

Соблюдение прав пациентов. Пациенты подписали информированное согласие на публикацию своих данных.

Compliance with patient rights. The patients gave written informed consent to the publication of their data.

Статья поступила: 30.04.2025. **Принята к публикации:** 25.05.2025. **Опубликована онлайн:** 27.06.2025.

Article submitted: 30.04.2025. **Accepted for publication:** 25.05.2025. **Published online:** 27.06.2025.