

АНТИМИКРОБНАЯ ФОТОДИНАМИЧЕСКАЯ ТЕРАПИЯ В ГОЛОСОВОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ ПАЦИЕНТОВ ПОСЛЕ ЛАРИНГЭКТОМИИ

С.А. Шинкарев^{1,2}, С.В. Болдырев¹, А.П. Загадаев¹, В.Н. Подольский¹, В.А. Борисов^{1,2},
Ю.И. Костюшина³

¹Липецкий областной онкологический диспансер, Липецк, Россия

²Воронежский государственный медицинский университет имени Н.Н. Бурденко
Министерства здравоохранения Российской Федерации, Воронеж, Россия

³Рязанский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова
Министерства здравоохранения Российской Федерации, Рязань, Россия

Резюме

Статья посвящена проблеме голосовой реабилитации пациентов после ларингэктомии. Рассмотрены современные возможности восстановления голосовой функции после ларингэктомии, способы увеличения срока эксплуатации голосовых протезов, представлен авторский метод профилактики инфекции голосовых протезов с помощью антимикробной фотодинамической терапии (ФДТ) с фотосенсибилизатором хлоринового ряда. Проведение антимикробной ФДТ голосовых протезов позволило увеличить средний срок эксплуатации до 11,9 мес по сравнению с контрольной группой (6,8 мес), где для профилактики использовали ежемесячный прием 150 мг флуконазола. Антимикробная ФДТ позволяет существенно продлить срок эксплуатации голосовых протезов, не имеет побочных явлений, хорошо переносится больными.

Ключевые слова: рак гортани, ларингэктомия, голосовая реабилитация, голосовой протез, фотодинамическая терапия.

Для цитирования: Шинкарев С.А., Болдырев С.В., Загадаев А.П., Подольский В.Н., Борисов В.А., Костюшина Ю.И. Антимикробная фотодинамическая терапия в голосовой реабилитации пациентов после ларингэктомии // *Biomedical Photonics*. – 2021. – Т. 10, № 1. – С. 11–16. doi: 10.24931/2413-9432-2021-10-1-11-16

Контакты: Загадаев А.П., e-mail: liponkology@mail.ru

ANTIMICROBIAL PHOTODYNAMIC THERAPY IN VOICE REHABILITATION OF PATIENTS AFTER LARYNGECTOMY

Shinkarev S.A.^{1,2}, Boldyrev S.V.¹, Zagadaev A.P.¹, Podolsky V.N.¹, Borisov V.A.^{1,2}, Kostyushina Y.I.³

¹Lipetsk State Oncology Clinic, Lipetsk, Russia

²Voronezh State Medical University, Voronezh, Russia

³Ryazan State Medical University, Ryazan, Russia

Abstract

The article is devoted to the problem of voice rehabilitation of patients after laryngectomy. Modern possibilities of repairing laryngeal vocal function, methods for extending the lifetime of voice prostheses are considered. The author's method of prevention of infection of vocal prostheses using the antimicrobial photodynamic therapy (PDT) with chlorin-type photosensitizer Radagel is presented. Performing antimicrobial PDT of vocal prostheses increased the average operating time to 11.9 months compared to the control group (6.8 months), where a monthly dose of 150 mg of fluconazole was used for prevention. The method developed by the authors makes it possible to significantly extend the lifetime of vocal prostheses, is devoid of adverse events, is well tolerated by patients.

Keywords: laryngeal cancer, laryngectomy, vocal rehabilitation, voice prosthesis, photodynamic therapy.

For citations: Shinkarev S.A., Boldyrev S.V., Zagadaev A.P., Podolsky V.N., Borisov V.A., Kostyushina Y.I. Antimicrobial photodynamic therapy in voice rehabilitation of patients after laryngectomy, *Biomedical Photonics*, 2021, vol. 10, no. 1, pp. 11–16. (in Russian). doi: 10.24931/2413-9432-2021-10-1-11-16

Contacts: Zagadaev A.P., e-mail: liponkology@mail.ru

Введение

Рак гортани – наиболее часто встречаемое злокачественное новообразование верхних дыхательных путей [1]. Поздняя выявляемость опухоли, соотношение заболевших мужчин и женщин 16:1, преобладание мужчин старше 50 лет, морфологическая однородность опухоли – характерные особенности рака гортани [2].

Согласно современным подходам к лечению, ларингэктомия показана большинству пациентов с местно-распространенным опухолевым процессом, соответствующим стадии T3–4N0–2 [3]. Тотальная ларингэктомия неизбежно приводит к потере голосовой функции, что вызывает существенную психологическую травму, заставляя некоторых больных отказываться от выполнения калечащей операции. Поэтому важнейшей задачей после удаления гортани является восстановление голосовой функции. Хорошо известны три способа голосовой реабилитации после ларингэктомии: пищеводный голос, голосообразующие аппараты и трахео-пищеводное шунтирование с установкой голосового протеза.

Логопедический метод формирования пищеводного голоса требует длительных занятий с пациентом. При этом успешное овладение пищеводным голосом достигается у 24–83% больных [4–6]. Голосообразующими аппаратами («электрогортань») пользуются не более 10% больных, перенесших ларингэктомию, поскольку формирующийся голос обладает неприятным «металлическим» тембром [7].

Наиболее востребованным методом голосовой реабилитации после ларингэктомии на современном этапе является трахео-пищеводное шунтирование с имплантацией в просвет шунта специального приспособления – голосового протеза [8]. Впервые голосовой протез был разработан американским ученым Singer-Bloom в 1980 г. Первые отечественные голосовые протезы были разработаны В.О. Ольшанским и Л.Г. Кожановым в 1989 г. [9]. Голосовой протез представляет собой клапан, изготовленный из специального силикона, обеспечивающий однонаправленное поступление воздуха из трахеи в пищевод и препятствующий попаданию содержимого пищевода в дыхательные пути (рис. 1). Использование методики голосового протезирования позволяет более чем у 90% пациентов добиться восстановления речи [10].

Основным недостатком методики трахео-пищеводного шунтирования с голосовым протезированием является необходимость периодической замены голосового протеза. Протезы, имплантируемые в трахео-пищеводную фистулу, находятся в нестерильных условиях, что приводит к их микробному обсеменению, перифокальному воспалению и подтеканию жидкости из пищевода в просвет трахеи. Учитывая микробиологические особенности флоры полости рта и глотки у онкологических больных, длительно

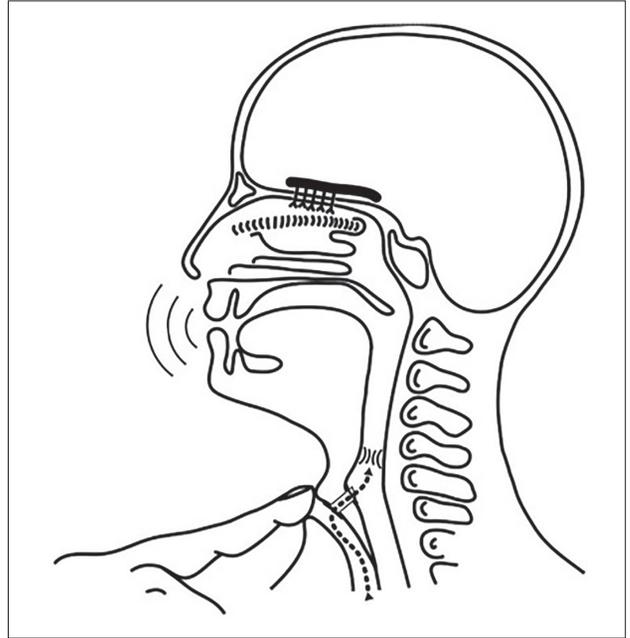


Рис. 1. Механизм образования голоса при трахео-пищеводном шунтировании с голосовым протезированием
Fig. 1. Mechanism of voice formation in tracheo-esophageal shunting with vocal prosthetics



Рис. 2. Микробная контаминация голосового протеза с образованием вегетаций на клапане и пищеводном фланце (стрелка)
Fig. 2. Microbial contamination of the vocal prosthesis with the formation of vegetations on the valve and esophageal flange (arrow)

получающих терапию, вызывающую иммуносупрессию, развитие кандидоза слизистой оболочки является распространенным явлением [11]. Под действием условно-патогенной бактериальной и грибковой флоры происходит разрушение материала голосового протеза, нарушается работа его клапана (рис. 2).

При бактериологическом исследовании смывов с голосовых протезов при их замене были выделены различные типы грибов и условно-патогенные бактерии (*Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Enterococcus faecalis* и др.) [12]. Средний срок эксплуатации голосовых протезов составляет от 6 до 12 мес [13].

В клинической практике разработаны различные методы профилактики развития инфекции в области голосового протеза. Это местное воздействие с помощью антисептических и противогрибковых растворов (3% раствор перекиси водорода, 3% раствор клотримазола (Кандид), 0,01% раствор мирамистина), ежедневная чистка голосового протеза специальной щеткой, определенные гигиенические и диетические рекомендации, пероральное и местное применение пробиотиков, содержащих лактобактерии, лечение гастро-эзофагеальной рефлюксной болезни, системное применение противогрибковых препаратов (флуконазол, амфотерицин, нистатин, ирунин) [4,7]. Производителями сконструированы голосовые протезы с включением нитей серебра для увеличения срока их эксплуатации [11]. Тем не менее, многообразие существующих способов решения проблемы микробной контаминации голосовых протезов говорит об отсутствии эффективного метода профилактики. Системный прием противогрибковых препаратов сопряжен с риском побочных явлений, развитием резистентности микроорганизмов к антифунгинозным лекарственным средствам. Таким образом, назрела настоятельная необходимость в поиске новых подходов к решению проблемы профилактики инфекционного поражения голосовых протезов у больных после ларингэктомии.

Прогресс медицины привел к появлению принципиально нового способа воздействия на биологические объекты – фотодинамической терапии (ФДТ), связанного с взаимодействием лазерного излучения и нового класса фармакологических лекарственных средств – фотосенсибилизаторов (ФС). Антимикробная ФДТ заключается в избирательной окислительной деструкции патогенных микроорганизмов при комбинированном воздействии ФС и оптического излучения соответствующего спектрального состава, что приводит к развитию фотодинамической реакции. В последние годы появилось много сообщений об успешной эрадикации различных микроорганизмов с помощью антимикробной ФДТ, в том числе имеются данные об эффективной инактивации антибиотикорезистентных биопленок [14,15]. Объектами антимикробной ФДТ

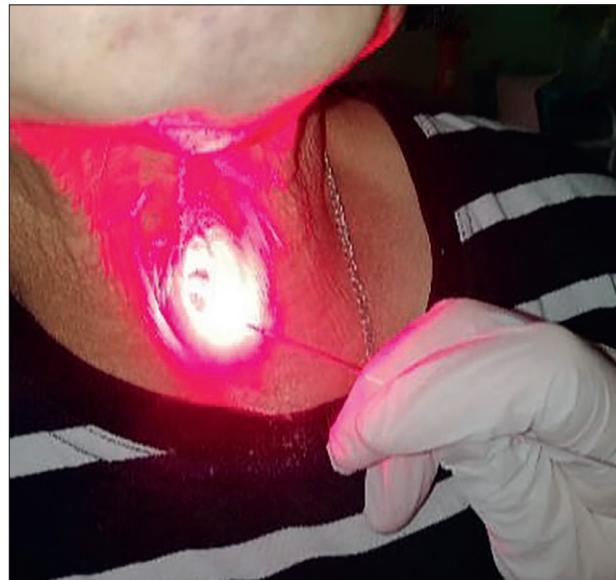


Рис. 3. Сеанс антимикробной фотодинамической терапии голосового протеза

Fig. 3. Session of antimicrobial photodynamic therapy of vocal prosthesis

являются вирусы, бактерии, грибы и простейшие микроорганизмы [16]. Антимикробная ФДТ представляет собой эффективный метод лечения гнойно-воспалительных заболеваний ЛОР-органов, мягких тканей, пародонта [17–23].

Целью, на решение которой направлено наше исследование, стала разработка эффективного способа профилактики инфекционного поражения голосовых протезов у пациентов после ларингэктомии, позволяющего продлить срок их использования. Технический результат заключается в обеспечении профилактики развития грибковой и бактериальной инфекции в области голосового протеза у пациентов после ларингэктомии, увеличении срока их службы путем использования антимикробной ФДТ.

Материалы и методы

Нами разработан оригинальный метод профилактики инфекции голосовых протезов путем проведения антимикробной ФДТ с ФС хлоринового ряда «Радагель», 0,5% гель (ООО «РАДА-ФАРМА», Россия). Для этого в просвет голосового протеза вводят лекарственное средство – ФС (радахлорин или аналог) в виде геля объемом 1–2 мл. Экспозиция ФС составляет не менее 15 мин. Введение лекарственного средства в просвет голосового протеза позволяет воздействовать на наиболее поражаемые части: клапан и пищеводный фланец. Затем излишки геля удаляют продуванием голосового протеза шприцем объемом 20 мл и облучают изнутри лазером с длиной волны 662 нм в течение 5 мин при выходной мощности лазера 400 мВт (рис. 3).

Таблица
Параметры пациентов групп сравнения
Table
Comparison of patient groups parameters

	Пол Sex		Средний возраст, лет Average age, years	Стадия за- болевания Tumor stage		Вид противоопухолевого лечения Type of antitumor treatment			Индекс массы тела / Body mass index
	М	Ж		III	IVA	Хирургиче- ское / Surgical	Комбини- рованное / Combined	Комплексное / Comprehensive	
I группа (без ФДТ) Group I (without PDT)	10	–	56	6	4	1	6	3	26
II группа (с ФДТ) Group II (with PDT)	10	–	58	7	3	0	7	3	28

Плотность дозы лазерного излучения составляет 50 Дж/см², что является необходимым и достаточным для инактивации микроорганизмов. В качестве источника оптического излучения мы применяем диодный лазер с длиной волны 662 нм, соответствующий пику поглощения ФС хлоринового ряда. Лазерное облучение целесообразно проводить с помощью цилиндрического диффузора с длиной рассеивающей части 2 см. Диффузор вводят в просвет голосового протеза, что позволяет воздействовать на трахеальный, пищеводный фланцы, просвет и клапан голосового протеза. Сеансы антимикробной ФДТ проводят 1 раз в месяц. Общее количество сеансов не ограничено (до выхода голосового протеза из строя). Процедура является абсолютно безболезненной. Каких-либо побочных явлений, аллергических реакций или осложнений при проведении антимикробной ФДТ голосовых протезов мы не наблюдали.

С целью оценки эффективности разработанного способа было проведено исследование с включением 20 пациентов, перенесших ларингэктомию с отсроченным трахео-пищеводным шунтированием и голосовым протезированием. Всем больным установлены протезы фирмы Provox. Пациенты были разделены на две группы по 10 человек в каждой.

В первой группе больных (контроль) профилактика инфекции проводилась путем ежедневной чистки протеза специальной щеткой, смоченной 3% раствором перекиси водорода, после каждого приема пищи больные выпивали несколько глотков воды. Раз в месяц пациенты первой группы принимали per os 150 мг флуконазола.

Пациенты второй группы также выполняли рекомендации по гигиеническому уходу за голосовым протезом

и питанию, но не получали противогрибковый препарат. В качестве профилактики развития инфекции голосового протеза им проводились сеансы антимикробной ФДТ один раз в месяц по описанной методике.

Обе группы больных были сопоставимы по возрасту, полу, стадии заболевания, виду предшествующей терапии и нутритивному статусу на момент включения в исследование (табл.).

В каждой из групп у 5 пациентов протез был установлен впервые, и у 5 больных имела место замена протеза ввиду выхода старого из строя. Время функционирования протеза до включения в исследование составляло от 3 до 18 мес (в среднем 6,4 мес).

Обработка клинических данных и полученных результатов выполнена с использованием методов

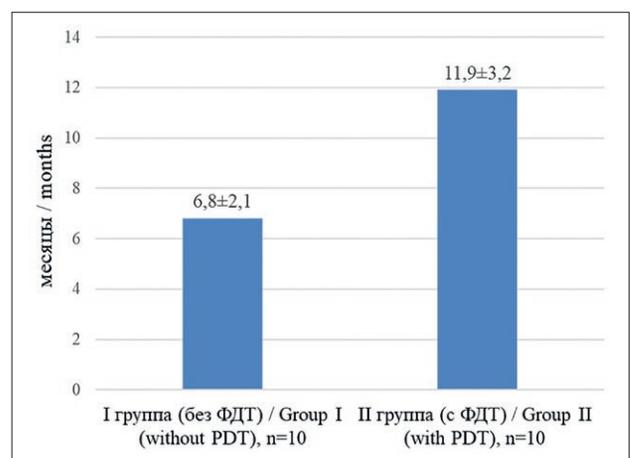


Рис. 4. Время функционирования голосовых протезов в группах сравнения (мес.)
Fig. 4. Operating time of voice prostheses in the compared groups (months)

непараметрической статистики. Сравнение средних величин проводилось по критерию Манна-Уитни.

Результаты

Средний срок эксплуатации голосовых протезов у пациентов первой группы, получавших в качестве профилактики 150 мг флуконазола ежемесячно, составил 6,8 мес. В группе пациентов, которым проводились ежемесячные сеансы антимикробной ФДТ, голосовые протезы функционировали в среднем в течение 11,9 мес. Различия статистически достоверны.

Заключение

Таким образом, ФДТ позволила на 75% увеличить время функционирования голосовых протезов. Предложенный метод профилактики инфекции позволяет, не извлекая протез из тела пациента, проводить его

антисептическую обработку. Приоритет авторов подтвержден патентом РФ на изобретение № 2731312 «Способ профилактики инфекционного поражения голосовых протезов у пациентов после ларингэктомии», дата регистрации 01.09.2020.

Следует подчеркнуть, что наибольшее увеличение срока эксплуатации голосовых протезов при проведении антимикробной ФДТ зафиксировано у пациентов, которые ранее нуждались в замене протеза чаще 1 раза в 6 мес. Данная категория больных должна рассматриваться как приоритетная для проведения антимикробной ФДТ. Разработанный способ позволяет существенно продлить сроки эксплуатации дорогостоящих технических средств реабилитации – голосовых протезов, лишен побочных явлений, хорошо переносится больными.

ЛИТЕРАТУРА

1. Каприн А.Д., Старинский В.В., Петрова Г.В., Злокачественные новообразования в России в 2018 году (заболеваемость и смертность) // М.: МНИОИ им. П.А. Герцена – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России. – 2019. – С. 250.
2. Подвызников С.О., Кравец Б.Б., Шинкарев С.А. и соавт. Технологии оптимизации лечебно-диагностической тактики при раке гортани // Практическое руководство. – 2009. – С. 143.
3. Руководство по клинической практике NCNN в онкологии (NCNN Guidelines). Рак головы и шеи. Версия 2.2018 – 20 июня 2018 года. – Перевод с английского Ю.В. Алымова. – «АБВ Пресс». – 2019.
4. Новожилова Е.Н. Восстановление голосовой и дыхательной функций у больных после ларингэктомии и ларингофарингэктомии по поводу рака // Диссертация д.м.н. – 2009. – С. 259.
5. Таптапова С.Л. Восстановление звуочной речи у больных после резекции или удаления гортани // Медицина. – 1985. – С. 94.
6. Чижевская С.Ю., Чойнзонов Е.Л., Балацкая Л.Н. Качество жизни больных раком гортани и гортаноглотки на этапах комбинированного лечения и в отдаленные сроки // Сибирский онкологический журнал. – 2015. – № 2. – С. 15–22.
7. Дворниченко В.В. Ларингэктомия с трахеопищеводным шунтированием и протезированием (клинические, методологические и функциональные аспекты) // Диссертация д.м.н. – 2004. – С. 276.
8. Косова Е.В., Петрова Т.А. Влияние некоторых факторов на процесс логопедической реабилитации голоса у пациентов с голосовыми протезами после ларингэктомии с трахеопищеводным шунтированием // Опухоли головы и шеи. – 2016. – № 2. – С. 70–72.
9. Кожанов А.Л. Современные аспекты лечения и реабилитации больных при раке гортани // Опухоли головы и шеи. – 2016. – № 2. – С. 17–25.
10. Крюков А.И., Решетов И.В., Кожанов Л.Г. и соавт. Системный подход к реабилитации больных раком гортани после резекции органа и ларингэктомии с трахеопищеводным шунтированием и эндпротезированием // Вестник оториноларингологии. – 2016. – № 4. – С. 54–59.
11. Новожилова Е.Н., Ольшанская О.В. Использование сыворотки молочной, обогащенной лактатами, для продления срока службы голосовых протезов // Вестник оториноларингологии. – 2014. – № 6. – С. 47–49.

REFERENCES

1. Kaprin A.D., Starinsky V.V., Petrova G.V., Malignant neoplasms in Russia in 2018 (morbidity and mortality). Moscow: P. A. Herzen Moscow State Medical Research Institute-branch of the Federal State Budgetary Institution "NMITS of Radiology" of the Ministry of Health of Russia, 2019, pp. 250.
2. Podvyaznikov S. O., Kravets B. B., Shinkarev S. A. et al. Technologies for optimizing therapeutic and diagnostic tactics in laryngeal cancer. *Practical guide*, 2009, pp. 143.
3. NCNN Clinical Practice Guidelines in Oncology (NCNN Guidelines). Head and Neck Cancers. Version 2.2018, June 20, 2018. – Translated from the English by Yu. V. Alymov. - "ABC Press", 2019.
4. Novozhilova E. N. Restoration of vocal and respiratory functions in patients after laryngectomy and laryngopharyngectomy for cancer. *Dissertation of Doctor of Medical Sciences*, 2009, pp. 259.
5. Taptapova S. L. Restoration of sonorous speech in patients after resection or removal of the larynx. *Medicine*, 1985, pp. 94.
6. Chizhevskaya S. Yu., Choinzonov E. L., Balatskaya L. N. The quality of life of patients with cancer of the larynx and larynx at the stages of combined treatment and in remote terms. *Siberian Oncological Journal*, 2015, No. 2, pp. 15–22.
7. Dvornichenko V. V. Laryngectomy with tracheoesophageal shunting and prosthetics (clinical, methodological and functional aspects). *Dissertation of Doctor of Medical Sciences*, 2004, pp. 276.
8. Kosova E. V., Petrova T. A. Influence of some factors on the process of speech therapy rehabilitation of the voice in patients with voice prostheses after laryngectomy with tracheoesophageal shunting. *Head and neck tumors*, 2016, No. 2, pp. 70–72.
9. Kozhanov A. L. Modern aspects of treatment and rehabilitation of patients with laryngeal cancer. *Head and neck tumors*, 2016, No. 2, pp. 17–25.
10. Kryukov A. I., Reshetov I. V., Kozhanov L. G. et al. A systematic approach to the rehabilitation of patients with laryngeal cancer after organ resection and laryngectomy with tracheoesophageal bypass surgery and endoprosthesis. *Bulletin of Otorhinolaryngology*, 2016, No. 4, pp. 54–59.
11. Novozhilova E. N., Olshanskaya O. V. The use of lactic serum enriched with lactates for prolonging the service life of voice prostheses. *Vestnik otorhinolaryngologii*, 2014, No. 6, pp. 47–49.
12. Novozhilova E. N., Makhson A. N. Restoration of voice and respiratory function in patients after laryngectomy and laryngopharyngectomy for cancer. – M, 2015, pp. 104.

12. Новожилова Е.Н., Махсон А.Н. Восстановление голосовой и дыхательной функции у больных после ларингэктомии и ларинфарингэктомии по поводу рака. – М. – 2015. – С.104.
13. Кожанов Л.Г., Крюков А.И., Кожанов А.Л. Наш опыт длительного использования отечественных голосовых протезов у больных после ларингэктомии с трахеопищеводным шунтированием и эндопротезированием // Опухоли головы и шеи. – 2015. – № 2. – С. 20–24.
14. Astuti S.D., Mahmud A.F., Putra A.P. et al. Effectiveness of bacterial biofilms photodynamic inactivation mediated by curcumin extract, nanodoxycycline and laser diode // Biomedical Photonics. – 2020. – № 4. – P. 4–14.
15. Khan S., Khan S.N., Meena R. et al. Photoinactivation of multi-drug resistant bacteria by monomeric methylene blue conjugated gold nanoparticles // Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology. – 2017. – Vol. 174. – P. 150.
16. Коифман О.И., Лукьянец Е.А., Морозова Н.Б. и соавт. Фотосенсибилизатор для фотодинамической терапии // Патент РФ № RU2536966. – 25.12.2013.
17. Исаев В.М., Наседкин А.Н., Зенгер В.Г. и соавт. Фотодинамическая терапия в лечении хронического гнойного гайморита // Лазерная медицина. – 2007. – Т. 11. – № 2. – С. 34–39.
18. Попова А. Е. Применение фотодинамической терапии в комплексном лечении хронического пародонтита // Российская стоматология. – 2012. – Т. 5. – № 2. – С. 31–37.
19. Попова Г.П., Накатис Я.А., Рымша М.А. Клиническая эффективность фотодинамической терапии хронических верхнечелюстных синуситов при использовании светодиодного источника облучения // Folia Otorhinolaryngologiae et Pathologiae Respiratoriae. – 2018. – Т. 24. – № 4. – С. 21–23.
20. Сапунов Д.А., Меллер А.Е., Шахова М.А. и соавт. Фотодинамическая терапия воспалительных заболеваний ЛОР-органов // Biomedical photonics. Специальный выпуск. – 2017. – С. 30–31.
21. Странадко Е.Ф. Основные этапы развития фотодинамической терапии в России // Фотодинамическая терапия и фотодиагностика. – 2015. – Т. 4. – № 1. – С. 3–10.
22. Странадко Е.Ф., Коробоев У.М, Толстых М.П. Фотодинамическая терапия при гнойных заболеваниях мягких тканей // Хирургия. – 2000. – № 9. – С. 67–70.
23. Чепурная Ю.Л., Мелконян Г.Г., Гульмурадова Н.Т. Применение фотодинамической терапии в комплексном лечении гнойных заболеваний кисти // Biomedical photonics. – 2020. – № 1. – С. 13–20.
13. Kozhanov L. G., Kryukov A. I., Kozhanov A. L. Our experience of long-term use of domestic voice prostheses in patients after laryngectomy with tracheoesophageal shunting and endoprosthetics. *Head and neck tumors*, 2015, No. 2, pp. 20–24.
14. Astuti S.D., Mahmud A.F., Putra A.P. et al. Effectiveness of bacterial biofilms photodynamic inactivation mediated by curcumin extract, nanodoxycycline and laser diode. *Biomedical Photonics*, 2020, № 4, pp. 4–14.
15. Khan S., Khan S.N., Meena R. et al. Photoinactivation of multi-drug resistant bacteria by monomeric methylene blue conjugated gold nanoparticles // Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology. – 2017. – Vol. 174. – P. 150.
16. Koifman O. I., Lukyanets E. A., Morozova N. B. et al. Photosensitizer for photodynamic therapy. *Patent of the Russian Federation* No. RU2536966. – 25.12.2013.
17. Isaev V. M., Nasedkin A. N., Zenger V. G. et al. Photodynamic therapy in the treatment of chronic purulent sinusitis. *Laser medicine*, 2007, Vol. 11, No. 2, pp. 34–39.
18. Popova A. E. Application of photodynamic therapy in the complex treatment of chronic periodontitis. *Russian dentistry*, 2012, Vol. 5(2), pp. 31–37.
19. Popova G. P., Nakatis Ya. A., Rymsha M. A. Clinical efficacy of photodynamic therapy of chronic maxillary sinusitis when using an LED radiation source. *Folia Otorhinolaryngologiae et Pathologiae Respiratoriae*, 2018, Vol. 24(4), pp. 21–23.
20. Sapunov D.A., Meller A.E., Shakhova M.A. et al. Photodynamic therapy of inflammatory diseases of ENT organs. *Biomedical photonics. Special issue*, 2017, pp. 30–31.
21. Strnadko E. F. The main stages of the development of photodynamic therapy in Russia. *Photodynamic therapy and photodiagnosics*, 2015, Vol. 4(1), pp. 3–10.
22. Strnadko E.F., Koraboev U.M., Tolstykh M.P. Photodynamic therapy for purulent diseases of soft tissues. *Hirurgiya*, 2000, No 9, pp. 67–70.
23. Chepurnaya Yu. L., Melkonyan G. G., Gulmuradova N. T. Application of photodynamic therapy in the complex treatment of purulent diseases of the hand. *Biomedical photonics*, 2020, No. 1, pp. 13–20.