

Фотодинамическая терапия в хирургической практике

© Д.И. САЖНЕВ, А.А. АНДРЕЕВ, А.П. ОСТРОУШКО

Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко, ул. Студенческая, д. 10, Воронеж, 394036, Российская Федерация

В статье представлены данные о высокотехнологичном методе лечения – фотодинамической терапии (ФДТ). Приведена обзорная информация об истории использования фотохимической реакции в лечении больных. Подробно описаны механизмы лечебного действия ФДТ, преимущества метода по сравнению с другими способами антимикробного воздействия; приведены показания и противопоказания к проведению указанного способа лечения. В статье перечислены применяемые для проведения ФДТ фотосенсибилизаторы разных поколений и лазерные аппараты, способные излучать лазерное излучение, необходимой длины волны. Обзор содержит информацию об эффективности метода ФДТ при отдельных нозологиях. На основании обзора литературы сделан вывод, что ФДТ является современным и перспективным методом лечения, позволяющим существенно повысить качество оказания помощи пациентам с различными заболеваниями, в основе которых лежит пролиферация клеток.

Доказанная эффективность метода фотодинамической терапии и его преимущество перед другими противомикробными методами лечения демонстрируют актуальность его более широкого внедрения в клиническую практику.

Ключевые слова: фотодинамическая, фотосенсибилизаторы, синглетный

Photodynamic Therapy in Surgical Practice

© D.I. SAZHNEV, A.A. ANDREEV, A.P. OSTROUSHKO

N.N. Burdenko Voronezh state medical University, 10 Studencheskaya str., Voronezh, 394036, Russian Federation

The article presents data on the high-tech method of treatment-photodynamic therapy (PDT). An overview of the history of the use of photochemical reaction in the treatment of patients is given. The mechanisms of therapeutic action of PDT, the advantages of the method in comparison with other methods of antimicrobial action are described in detail; the indications and contraindications for this method of treatment are given. The article lists used for PDT photosensitizers of different generations and laser devices capable of emitting laser radiation of the required wavelength. The overview contains information about the efficiency of the method of PDT with certain diseases. Based on the literature review, it is concluded that PDT is a modern and promising method of treatment that can significantly improve the quality of care for patients with various diseases, which are based on cell proliferation.

The proven effectiveness of the method of photodynamic therapy and its advantage over other antimicrobial treatments demonstrate the relevance of its wider introduction into clinical practice.

Key words: photodynamic, photosensitizer, singlet

Фотодинамическая терапия (ФДТ) – метод лечения, в основе которого лежит выборочное разрушение наиболее быстро делящихся клеток после воздействия на них фотосенсибилизатора (ФС), активированного под воздействием света определенной длины волны [1-3].

Препараты растительного происхождения, вызывающие фотореакцию в тканях применялись в Египте более 4-6 тысяч лет назад. О фотопроцедурах упоминалось в Эберском папирусе и индийской книге «Atharva Veda» в 1550 г. до н.э. [4, 5]. Современный этап развития ФДТ начался в 1900 г. после открытия немецкими учёными von Tarrinier и O. Raab «фотодинамической реакции» [6-7]. В 1903 г. датский врач Нильс Финсен был удостоен Нобелевской премии за использование метода лечения кожной формы туберкулеза в основе которого было световое излучение [5]. В 1966 г. было проведено флуоресцентное детектирование и впервые осуществлено лечение рака молочной железы с использованием фотодинамической терапии [5]. В 1978 г. американский профессор T. Dougherty (Т.

Догерти) сообщил об успешной фотодинамической терапии (ФДТ) злокачественных новообразований [8, 9].

Для реализации ФДТ необходимо совместное участие следующих компонентов: лазерного излучения с определенной длиной волны, эндогенного кислорода и фотосенсибилизатора [5, 10, 11]. На первом этапе фотосенсибилизатор, введенный в организм, селективно накапливается в тканях, что определяется характером патологического очага, типом применяемого вещества, тропностью рецепторов клеток к фотосенсибилизатору, особенностями строения сосудистого и лимфатического русла, кислотностью в тканях и другими причинами [10]. Под влиянием излучения определённой длины волны фотосенсибилизатор накапливает энергию, которую впоследствии отдаёт эндогенному (внутриклеточному) кислороду [10]. Образующийся в результате этого взаимодействия активный (синглетный) кислород, являющийся сильным окислителем, стремится отдать полученную им энергию окружающим элементам клетки и вернуться в своё основное (триплетное) состояние. В результате

происходит разрушение молекулярных структур клетки (митохондрий, мембран, генетического аппарата и др.) и механизмов, отвечающих за пролиферацию и процессы биосинтеза [1, 2, 5, 10, 12, 13]. Важную роль в реализации механизмов ФДТ играют воспалительные и цитокиновые реакции, повреждение эндотелия, обусловленные стимуляцией продукции фактора некроза, макрофагов, лейко- и лимфоцитов [14, 10]. Влияние ФДТ на эндотелий приводит к спазму артериол, повышению проницаемости микроциркуляторного русла, развитию сладж-феномена и, в конечном итоге, формированию тромбозов [10]. Ряд авторов отмечают большой потенциал метода ФДТ при лечении воспалительной патологии, который основан на прямом бактерицидном воздействии в отношении большинства грамотрицательных и грамположительных бактерий, стимуляции пролиферации фибробластов и фагоцитоза, разрушении дистрофически измененных нейтрофилов [5, 15, 16, 17, 18, 19]. Предварительная сенсibilизация бактериальных клеток фотосенсибилизаторами может значительно усиливает ростиингибирующий эффект лазерного излучения красного спектра [20]. ФДТ может также вызывать гибель грибов [21, 22] и вирусов [23]. Выявлены противотуберкулезные свойства ФДТ [24]. Но в тоже время, имеются данные о недостаточной эффективности ФДТ или, в лучшем случае, фунгистатическом воздействии метода на штаммы разных видов *Candida spp.* [25].

Фотодинамическая терапия (ФДТ) представляет собой современный, малотравматичный метод лечения большого числа заболеваний в дерматологии, отоларингологии [16], гастрохирургии [26], гинекологии [16, 27], гнойной хирургии [16, 28, 29], клинической иммунологии и аллергологии [26], комбустиологии [30], ортопедии [16], челюстно-лицевой хирургии [31], эндокринологии [16] и офтальмологии [1]. Синглетный кислород образуется в опухолевых клетках в гораздо больших количествах, чем в здоровой ткани, что приводит к высокой эффективности фотодинамической терапии в онкологии [9, 23, 32, 33, 34, 35,].

Показаниями для применения метода ФДТ являются: злокачественные новообразования кожи, полости рта, губ, языка, гортани, пищевода, поджелудочной железы, бронхов и легких, молочной железы, шейки матки, влагалища, предстательной железы. Также фотодинамическая терапия находит своё применение в лечение таких системных заболеваний как склеродермия, псориаз; длительно текущие аллергические дерматиты; кожные заболевания (экземы, угри, трофические язвы, гнойные раны.); артриты и аутоиммунные заболевания. В последние годы ФДТ применяются для лечения ряда неопухолевых заболеваний печени, желчевыводящих путей, и других хронических заболеваний, при которых иные виды традиционной терапии не приносят должного результата [5, 7, 10, 12, 16, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42]. ФДТ может быть использована при лечении больных пожилого возраста и ос-

лабленных пациентов со сниженными репаративными возможностями организма [16].

Преимущества ФДТ: безболезненность, избирательность и щадящее воздействие на поврежденные органы и ткани; малая инвазивность процедуры, выраженные антибактериальный и противовоспалительный эффекты, одномоментное лечение нескольких патологических участков, относительно лёгкая переносимость пациентами различных возрастных групп; отсутствие необходимости в госпитализации. У фотодинамической терапии нет серьёзных системных и местных осложнений, не наблюдаются косметически значимые повреждения кожных покровов, имеется возможность одновременного проведения сеанса диагностики и лечения, отсутствуют противопоказания к назначению метода у людей с тяжелой патологией, у пожилых пациентов [5, 43, 44]. В отличие от системной антибактериальной терапии, широко применяемой в лечении хирургической инфекции, ФДТ обладает следующими преимуществами: отсутствуют различия в чувствительности микроорганизмов разных штаммов одного вида, развитие устойчивости, системное воздействие на микрофлору организма и генерализация побочных эффектов; характерны локальный характер воздействия [5].

Развитие метода ФДТ тесно связано с разработкой и применением новых фотосенсибилизаторов, которые должны отвечать следующим требованиям: химическая чистота, известный состав; устойчивость при хранении и введении в организм; высокую селективность накопления в пораженных тканях; быстрое выведение из тканей для уменьшения общей фототоксичности; выраженное поглощение энергии в красной части спектра с коэффициентом экстинкции в диапазоне 600-800 нм, где энергии света достаточна, чтобы генерировать синглетный кислород [45, 46]. В настоящее время в экспериментальных и клинических условиях изучается эффективность применения следующих фотосенсибилизаторов: бенгальского розового, копропорфина, радахлорина, фотодитазина [13, 16, 20, 26, 27] бриллиантового зеленого [30], метиленового синего [23, 47], хлорофиллипта [48], фотолонна [49], вертепорфина [10], гематопорфина, фотофрина II, фотогема, тетрафенилпорфина, аминолевулиновой кислоты и ее метилового, бензилового и гексилового эфиров, аласенса, фотосенса, фотохлора [46], димегина [50], фоскана, талапорфина, метвикса, гиперцицина и некоторых других [41, 52, 53]. Имеются сведения о рассмотрении в качестве перспективных агентов для проведения фотодинамической терапии октаэдрических кластерных комплексов молибдена, заключенных в кремниевые наночастицы [54].

Для проведения ФДТ применяются аппараты АЛТ «ВОСТОК-03», «Иннова-200» («Когерент», США); «Спектрмед-1» (Новосибирск), «Ксенон-2» (ГНП Лазерной медицины МЗ РФ, Москва), «Яхрома-2», лазеры на парах золота (НПО «Исток», Фря-

зино и МП «Лазеры», Томск) и светодиодная лампа Galderma Aktilite CL128 [29, 43, 44].

Рядом авторов подчеркивается высокая эффективность применения фотодинамической терапии при ряде нозологий.

В лечение хронического тонзиллита ФДТ позволила снизить сроки лечения, значительно уменьшить местные признаки заболевания. В отдалённом периоде у данной группы пациентов отсутствовали рецидивы ангины в течение двух лет [16].

ФДТ при лечении длительно незаживающих инфицированных ран положительно сказывается на сокращении периода очищения их от некротического детрита, ускоряет сроки эпителизации в 1,5–2 раза, таким образом приводя к полному заживлению инфицированных ран в среднем на 5–7 дней быстрее по сравнению с контрольными группами [16]; активизирует образование грануляций, снижает период подготовки пациентов к аутодермопластике в 1,5–2,0 раза [30]; способствует прогрессивному снижению бактериальной обсемененности ран [55].

Применение ФДТ в комплексном лечении синдрома диабетической стопы способствует сокращению периода очищения ран от инфекции в 1,5–2 раза [29]. Совместное применение фотодинамической терапии с дополнительным воздействием лазерным излучением позволяет на более ранних сроках добиться очищения ран, ускорить время образования грануляционной ткани, сократить сроки окончательной эпителизации раневой поверхности и приблизить этап пластического закрытия ран [56, 57].

ФДТ являлась эффективным методом местной терапии и предоперационной подготовки пациентов с трофическими язвами, хроническими заболеваниями вен нижних конечностей, что обусловлено, в том числе, выраженным антибактериальным действием, улучшением микроциркуляции и реэпителизации [14, 58, 59].

Фотодинамическая терапия острого гнойного холангита позволяет в большей степени, по сравнению с контрольной группой, снизить уровень бактериальной обсемененности и выраженность воспалительного процесса в гепатобилиарной области [17]. Применение ФДТ при циррозе печени способствует нормализации

её пластической функции, положительно влияя на функциональную активность гепатоцитов [49].

Результаты морфологических исследований убедительно свидетельствуют о высокой эффективности проведения ФДТ для санации брюшной полости при остром перитоните [60].

ФДТ при артрозах приводит к уменьшению интенсивности болевого синдрома, отечности в проекции поражения, а также нормализации местной температурной реакции кожи [16].

ФДТ является перспективным методом, позволяющим достичь высоких результатов у онкологических больных и может стать методом выбора лечения у пациентов с тяжёлой сопутствующей патологией [16]. ФДТ способна стать альтернативой хирургическому и радиологическому лечению при раке кожи (базалиома кожи, метатипический и плоскоклеточный рак кожи). Существуют работы, в которых описаны результаты лечения первичной меланомы кожи с использованием фотодинамической терапии [8].

Относительными противопоказаниями к применению метода могут стать: декомпенсированные сердечно-сосудистые заболевания, нарушение экскреторной функций почек, выраженная печёночная недостаточность, аллергические реакции на фотосенсибилизатор, наследственная порфирия, беременность и период лактации [43], острые сосудистые заболевания головного мозга, нестабильная гемодинамика, болезни крови, психиатрические заболевания [5], системная красная волчанка, отдаленные и регионарные метастазы, кахексия [8].

Таким образом, применение ФДТ является современным и перспективным методом, позволяющим существенно повысить качество традиционных схем лечения. Представленная эффективность метода требует более широкого его внедрения, изучения способов и показаний к его применению при различной, в том числе и хирургической патологии.

Дополнительная информация

Конфликт интересов

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Список литературы

1. Бахритдинова Ф.А., Нарзикулова К.И., Ходжаева У.З., Миррахимова С.Ш. Возможности фотодинамической терапии в офтальмологии. *Журнал теоретической и клинической медицины*. 2015; 3: 105-111.
2. Ишемгулов А.Т., Летута С.Н., Пашкевич С.Н., Алиджанов Э.К., Лантух Ю.Д. Длительная люминесценция сенсibilизаторов в условиях дефицита кислорода в тканях при фотодинамическом эффекте. *Оптика и спектроскопия*. 2017; 123(5): 818-824.
3. Хиллов А.В., Логинова Д.А., Сергеева Е.А., Шахова М.А., Меллер А.Е., Турчин И.В., Кириллин М.Ю. Мониторинг и планирование фотодинамической терапии с использованием двухволнового флуоресцентного имиджинга. *Современные технологии в медицине*. 2017; 9 (4): 96-105.

References

1. Bakhritdinova FA, Narzikulova KI, Khodzhaeva UZ, Mirrakhimova SSH. Possibilities of photodynamic therapy in ophthalmology. *Zhurnal teoreticheskoi i klinicheskoi meditsiny*. 2015;(3):105-111. (In Russ).
2. Ishemgulov AT, Letuta SN, Pashkevich SN, Alidzhanov EK, Lantukh YuD. Long-term luminescence of sensitizers under conditions of oxygen deficiency in tissues under photodynamic effect. *Optika i spektroskopiya*. 2017;123(5):818-824 (In Russ).
3. Khilov AV, Loginova DA, Sergeeva EA, Shakhova MA, Meller AE, Turchin IV, Kirillin MYu. Two-wavelength fluorescence monitoring and planning of photodynamic therapy. *Sovremennye tekhnologii v meditsine*. 2017;9(4):96-105. (In Russ).
4. Istomin YuP, Artem'eva TP, Tserkovskii DA. Photodynamic therapy in oncology: basic historical aspects and stages of method development. *Zdravoohranenie (Minsk)*. 2016;(11):37-46. (In Russ).

4. Истомин Ю.П., Артемьева Т.П., Церковский Д.А. Фотодинамическая терапия в онкологии: основные исторические аспекты и этапы становления метода. *Здравоохранение (Минск)*. 2016; 11: 37-46.
5. Кашченко В.А., Распереза Д.В., Творогов Д.А., Добрун М.В. Фотодинамическая терапия: от фундаментальных исследований к практике. *Вестник Санкт-Петербургского университета. Медицина*. 2015; 1: 5-12.
6. Жарков В.В., Приступа Д.В., Малькевич В.Т. Фотодинамическая терапия в онкологии. Фотодинамическая терапия рака легкого. *Онкологический журнал*. 2015; 9 (1) (33): 84-93.
7. Шило Р.С., Батвинков Н.И. Фотодинамическая терапия злокачественной гепатобилиарной зоны. *Журнал Гродненского государственного медицинского университета*. 2016; 3 (55): 52-57.
8. Шейко Е.А., Сустретов В.А., Шихлярова А.И. Фотодинамическая терапия в онкологии кожи (обзор литературы). *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2015; (10-4): 658-665.
9. Simone CB, Glatstein E, Hahn SM, Cengel KA, Friedberg JS, Stevenson JP, Sterman DH. Photodynamic therapy for the treatment of non-small cell lung cancer. *J Thorac Dis*. 2012; 4 (1): 63-75. doi: 10.3978/j.issn.2072-1439.2011.11.05.
10. Корчагина К.С., Гамаюнов С.В., Воропаева Л.А., Шахова Н.М. Патоморфологические изменения тканей после проведения ФДТ (обзор литературы). *Поволжский онкологический вестник*. 2017; 3 (30): 64-68.
11. Ткаченко Н.В., Правдин А.Б., Львов Н.И., Брилли Г.Е. Сравнение фотодинамического действия на мембраны эритроцитов фотосенсибилизаторов димегин и фотодитазин. *Бюллетень медицинских интернет-конференций*. 2015; 5 (11): 1366.
12. Кузнецов В.В. Использование фотодинамической терапии в отечественной онкологии (обзор литературы). *Исследования и практика в медицине*. 2015; 2(4): 98-105.
13. Гришачева Т.Г., Белик А.Г., Цыганенко В.Н., Струй А.В., Михайлова И.А., Петрищев Н.Н. Фотореактивность сосудов микроциркуляторного русла. *Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова*. 2018; 104 (2): 174-183.
14. Насыров М.В., Лукьянчиков В.Н. Фотодинамическая терапия при лечении венозных трофических язв. *Интерактивная наука*. 2016; 10: 44-47.
15. Дуванский В.А., Елисеенко В.И., Шин Е.Ф. Влияние фотодинамической терапии на репаративные процессы язв венозного генеза. *Российский биотерапевтический журнал*. 2017; 16(S): 32.
16. Филоненко Е.В., Серова Л.Г. Фотодинамическая терапия в клинической практике. *Biomedical photonics*. 2016; 5 (2): 26-37.
17. Juarranz A, Jaen P, Sanz-Rodríguez F. Photodynamic therapy of cancer. Basic principles and applications. *Clin Transl Oncol*. 2008; 10(3): 148-154. doi: 10.1007/s12094-008-0172-2.
18. Kharkwal GB, Sharma SK, Huang YY, Dai T, Hamblin MR. Photodynamic therapy for infections: clinical applications. *Lasers Surg Med*. 2011; 43 (7):755-767. doi: 10.1002/lsm.21080.
19. Biel MA. Photodynamic therapy of head and neck cancers. *Methods Mol Biol*. 2010; (635): 281-293. doi: 10.1186/1758-3284-2-s1-o25.
20. Николаева Н.А., Егорова А.В., Брилли Г.Е. Фотодинамическое воздействие лазерного излучения красной области спектра на рост метициллин-резистентного штамма золотистого стафилококка с использованием димегина. *Бюллетень медицинских интернет-конференций*. 2017; 6 (1): 268.
21. Корнишева В.Г. Фотодинамическая терапия при онихомикозе (обзор). *Проблемы медицинской микологии*. 2015; 17 (1): 3-7.
22. Smijs TGM, Pavel S. The susceptibility of dermatophytes to photodynamic treatment with special focus on *Trichophyton rubrum*. *Photochemistry and photobiology*. 2011; 87(1): 2-13. doi: 10.1111/j.1751-1097.2010.00848.x.
23. Таможникова Д.Г., Шафоростова Е.А., Виткалова И.Ю., Гуреев А.П., Попов В.Н. Использование метиленового синего в качестве фотосенсибилизатора при фотодинамической терапии. *Прикладные информационные аспекты медицины*. 2017; 20 (4): 42-45.
24. Бредихин Д.А., Никонов С.Д., Чередниченко А.Г., Петренко Т.И. Фотодинамическая инактивация мусобактерий *tuberculosis* радакхлорином in vitro. *Туберкулез и болезни легких*. 2018; 96 (1): 5-10. doi: 10.21292/2075-1230-2018-96-1-5-10.
25. Tsarev VN, Ippolitov EV, Plakhtii LYa, Podporin MS, Il'yasova ST, Akhmedov GD. Evaluation of photodynamic impact on the growth of populations of candida yeast fungi extracted from the oral mucosa. *Problemy meditsinskoi mikologii*. 2017;19(3):45-50. (In Russ).
26. Gilfanov AR. Comprehensive treatment and prevention of recurrent bleeding in patients with peptic ulcer of stomach and duodenum using photodynamic therapy. *Meditsinskii vestnik Bashkortostana*. 2017;12(6)(72):40-42 (In Russ).
27. Donguzova EV. Primenenie fotodinamicheskoi terapii pri lechenii distroficheskikh zabolevaniy vul'vy. *Byulleten' meditsinskikh internet-konferentsii*. 2015;5(5):319. (In Russ).
28. Solov'eva AB, Spokoiniy AL, Rudenko TG, Shekhter AB, Glagolev NN Aksenova NA, Baranov AV. Use of an aqueous solution "photoditazin", complexed with a variety of polymers for the treatment of purulent wounds of soft tissue experiment. *Klinicheskaya praktika*. 2016;2(26):45-49. (In Russ).
29. Khamdamov BZ, Saifiddinov SI. Optimization methods of local treatment of purulent-necrotic wound of the foot in diabetes mellitus. *Mezhdunarodnyi zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy*. 2015;(3-1):22-24. (In Russ).
30. Zhmailik RR, Yakubovskii AP, Kovaleva EM. Diamond green as a photosensitizer in antibacterial photodynamic therapy in the treatment

- намиической терапии гнойных ран мягких тканей в эксперименте. *Клиническая практика*. 2016; 2 (26): 45-49.
29. Хамдамов Б.З., Сайфиддинов С.И. Оптимизация методов местного лечения гнойно-некротических поражений стопы при сахарном диабете. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2015; (3-1): 22-24.
 30. Жмайлик Р.Р., Якубовский А.П., Е.М. Ковалева. Бриллиантовый зеленый как фотосенсибилизатор при антибактериальной фотодинамической терапии в лечении ожоговых ран. *Смоленский медицинский альманах*. 2015; (1): 125-126.
 31. Ешиев А.М., Мырзашева Н.М., Ешиев Д.А. Использование остеопластических материалов, фотодинамической терапии и электровибромассажа при лечении переломов и дефектов альвеолярных отростков челюстей. *International Scientific Review*. 2015; 6 (7): 74-80.
 32. Литвинова Т.М., Косенко И.А., Церковский Д.А., Хорошун М.В., Пранович И.М. Влияние различных режимов системной фотодинамической терапии на процессы метастазирования в эксперименте. *Злокачественные опухоли*. 2017; 2(3-S1): 129-130.
 33. Жарков В.В., Приступа Д.В., Малькевич В.Т. Фотодинамическая терапия в онкологии. Фотодинамическая терапия рака легкого. *Онкологический журнал*. 2015; 9 (1) (33): 84-93.
 34. Истомин Ю.П., Артемьева Т.П., Церковский Д.А. Клиническое применение фотодинамической терапии в онкологии. *Здравоохранение (Минск)*. 2016; 10: 54-58.
 35. Agostinis P, Berg K, Juzeniene A, Kessel D, Moan J, Cengel KA, Hahn SM, Foster TH, Girotti AW, Gollnick SO, Hamblin MR, Mroz P, Korbek M, Nowis D, Piette J, Wilson BC, Golab J. Photodynamic therapy of cancer: an update. *CA Cancer J. Clin.* 2011; 61(4): 250–281. doi: 10.3322/caac.20114.
 36. Huggett MT, Jermyn M, Gillams A, Illing R, Mosse S, Novelli M, Kent E, Bown SG, Hasan T, Pogue BW, Pereira SP. Phase I/II study of verteporfin photodynamic therapy in locally advanced pancreatic cancer. *Br. J. Cancer*. 2014; 110(7): 1698–1704. doi: 10.1038/bjc.2014.95 1699.
 37. Rigual N, Shafirstein G, Cooper MT, Baumann H, Bellnier DA, Sunar U, Tracy EC, Rohrbach DJ, Wilding G, Tan W, Sullivan M, Merzianu M, Henderson BW. Photodynamic therapy with 3- (1 α -hexyloxyethyl) pyropheophorbide a for cancer of the oral cavity. *Clin Cancer Res*. 2013; 19 (23): 6605–6613. doi: 10.1158/1078-0432.ccr-13-1735.
 38. Ikeda H, Tobita T, Ohba S, Uehara M., Asahina I. Treatment outcome of Photofrin-based photodynamic therapy for T1 and T2 oral squamous cell carcinoma and dysplasia. *Photodiagnosis Photodyn Ther*. 2013; 10 (3): 229–235. doi: 110.1016/j.pdpdt.2013.01.006.
 39. Eymeryt-Morin C, Zidane M, Lebdaï S., Triau S, Azzouzi AR, Rousselet M C. Histopathology of prostate tissue after vascular-targeted photodynamic therapy for localized prostate cancer. *Virchows Arch*. 2013; 463 (4): 547–552. doi: 10.1007/s00428-013-1454-9.
 40. Cai XJ, Li WM, Zhang LY, Wang XW, Luo RC, Li LB. Photodynamic therapy for intractable bronchial lung cancer. *Photodiagnosis Photodyn Ther*. 2013; 10(4): 672–676. doi: 10.1016/j.pdpdt.2013.08.002.
 41. Ramirez DP, Kurachi C, Inada NM, Moriyama LT, Salvio AG, Vollet Filho JD, Pires L, Buzzá NH, de Andrade CT, Greco C, Bagnato VS. Experience and BCC subtypes as determinants of MAL-PDT response: preliminary results of a national Brazilian project. *Photodiagnosis Photodyn Ther*. 2014; 11(1): 22–26. doi: 10.1016/j.pdpdt.2013.11.001.
 42. Wang K.K. Photodynamic therapy of Barrett's esophagus. *Gastrointestinal endoscopy clinics of North America*. 2000; 10: 409–419.
 43. Sadykov SS, Zamkov G, Sadykov MS, Kim VB, Esentaeva SE, Tazhibayeva SD, Karakulov RK, Sarsenbaeva GE. purpose increase of efficiency of treatment of suffering from cancer various localizations, by introduction and application of photodynamic therapy. *Onkologiya i radiologiya Kazakhstana*. 2015(1)(35):30-35. (In Russ).
 44. Kubanova AA, Kubanov AA, Kondrakhina IN, Griбанов NV. Photodynamic therapy of the surface form of basaloma and actinic keratosis with the topical administration of methyl aminolevulinic acid. *Vestnik dermatologii i venerologii*. 2015;(4):105-112. (In Russ).
 45. Gamayunov SV, Skrebtsova RR, Korchagina KS, Sapunov D.A., Shakhova MA, Shakhova NM. The ways to optimize clinical outcomes of photodynamic therapy by optical imaging techniques. *Al'manakh klinicheskoi meditsiny*. 2016; 44(2): 148-157. (In Russ).
 46. Ponyaev AI, Glukhova YaS, Chernykh YaS. Photosensitizers for photodynamic therapy (review). *Izvestiya Sankt-Petersburgskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo instituta (tekhnicheskogo universiteta)*. 2017;(41)(67):71-78. (In Russ).
 47. Bazhenov LG, Sadykov RA, Kosnikova IV, Sadykov RR, Kasymova KR. On the issue of improving the effectiveness of antimicrobial photodynamic therapy. *Bulletin of the International Scientific Surgical Association*. 2017; 6(1): 13-15. (In Russ).
 48. Kirdan MV, Volk LL, Solonets KV. Treatment of acute purulent cholangitis in the experiment. *Smolenskii meditsinskii al'manakh*. 2017;(1):191-194. (In Russ).
 49. Mogilevets E., Doroshenko E., Smirnov V. Biochemical and amino acid spectrum of blood plasma in ccl4-induced cirrhosis of the liver under the influence of photodynamic therapy. *Nauka i innovatsii*. 2015; 7(149): 61-65. (In Russ).
 50. Tkachenko NV, Pravdin AB, L'vov NI, Brill' GE. A comparison of photodynamic action on membranes of erythrocytes of the photosensitizers demagin and fotoditazin. *Byulleten' meditsinskikh internet-konferentsii*. 2015; 5(11): 1366. (In Russ).
 51. Kraevaya OA, Khakina EA, Rybkin AY, Martynenko VM, Chernyak AV, Kotelnikov AI, Troshin PA. Water-soluble fullerene conjugates with eosin, fluorescein and chlorin: synthesis and photodynamic study. *Uspekhi v khimii i khimicheskoi tekhnologii*. 2015; 29(9)(168): 44-46. (In Russ).

50. Ткаченко Н.В., Правдин А.Б., Львов Н.И., Брилли Г.Е. Сравнение фотодинамического действия на мембраны эритроцитов фотосенсибилизаторов димегин и фотодитазин. *Бюллетень медицинских интернет-конференций*. 2015; 5 (11): 1366.
51. Краевая О.А., Хакина Е.А., Рыбкин А.Ю., Мартыненко В.М., Черняк А.В., Котельников А.И., Трошин П.А. Водорастворимые конъюгаты фуллерена с эозином, флуоресцеином и хлорином: синтез и фотодинамическое исследование. *Успехи в химии и химической технологии*. 2015; 29 (9) (168): 44-46.
52. Узденский А.Б. Биофизические аспекты фотодинамической терапии. *Биофизика*. 2016; 61 (3): 547-557. doi: 10.1134/s0006350916030192.
53. Mroz P, Tegos G, Gali H, Wharton T, Sarna T, Hamblin MR. Photodynamic therapy with fullerenes. *Photochem. Photobiol. Sci.* 2007;6(11):1139-1149. doi: 10.1039/b711141j.
54. Соловьева А.О., Позмогова Т.Н., Красильникова А.А., Воронников Ю.А., Повещенко А.Ф., Шестопалов М.А. Новые перспективные агенты для фотодинамической терапии и флуоресцентной диагностики на основе кластерных комплексов металлов. *Российский биотерапевтический журнал*. 2016; 15 (1): 103.
55. Сагдиев Р.Д. Применение фотодинамической терапии в лечении гнойных ран. *Медицинский вестник Башкортостана*. 2017; 12 (6) (72): 43-45.
56. Тешаев О.Р., Муродов А.С., Садыков Р.Р. Влияние лазерных (CO₂-лазера и фотодинамической терапии) методов лечения на планиметрические показатели гнойных ран в эксперименте. *Журнал теоретической и клинической медицины*. 2016; (6): 17-19.
57. Раджабов А.А., Дербенев В.А., Исмаилов Г.И., Азимшоев А.М., Морозенков И.А., Газиев Г.Г. Фотодинамическая терапия в комплексной подготовке гнойных ран к пластическим операциям. *Российский биотерапевтический журнал*. 2016; 15 (1): 94.
58. Каторкин С.Е., Лысов Н.А., Жуков Б.Н., Насыров М.В. Эффективность фотодинамической терапии в комплексном лечении пациентов с венозными трофическими язвами. *Вестник медицинского института "РЕАВИЗ": реабилитация, врач и здоровье*. 2016; 1: 27-33.
59. Katorkin S, Sizonenko Y, Nasyrov M. Photodynamic therapy in the treatment of trophic leg ulcers. *Vasomed*. 2015; 27 (2): 82-84.
60. Мустафаев Р.Д., Тихов Г.В., Муршудли Р.Ч. Морфологические изменения брюшины при фотодинамической санации. *Российский биотерапевтический журнал*. 2017; 16 (S): 56-57.
52. Uzdenskii AB. The biophysical aspects of photodynamic therapy. *Biophysics*. 2016;61(3):547-557. (In Russ). doi: 10.1134/s0006350916030192.
53. Mroz P, Tegos G, Gali H, Wharton T, Sarna T., Hamblin MR. Photodynamic therapy with fullerenes. *Photochem. Photobiol. Sci.* 2007;6(11):1139-1149. doi: 10.1039/b711141j.
54. Solov'eva AO, Pozmogova TN, Krasil'nikova AA, Vorotnikov YuA, Poveshchenko AF, Shestopalov MA. New promising agents for photodynamic therapy and fluorescent diagnostics based on cluster metal complexes. *Rossiiskii bioterapevticheskii zhurnal*. 2016;15(1):103. (In Russ).
55. Sagdiev RD. The use of photodynamic therapy in the treatment of purulent wounds. *Meditsinskii vestnik Bashkortostana*. 2017; 12(6)(72):43-45. (In Russ).
56. Teshaeв OR, Murodov AS, Sadykov RR. The effect of laser (CO₂ laser and photodynamic therapy) treatments on the planimetric parameters of purulent wounds in the experiment. *Zhurnal teoreticheskoi i klinicheskoi meditsiny*. 2016;(6):17-19. (In Russ).
57. Radzhabov AA, Dербenev VA, Ismailov GI., Azimshoev AM, Morozenkov IA, Gaziev GG. Photodynamic therapy in the complex preparation of purulent wounds for plastic surgery. *Rossiiskii bioterapevticheskii zhurnal*. 2016;15(1):94. (In Russ).
58. Katorkin SE, Lysov NA, Zhukov BN, Nasyrov MV. Photodynamic therapy's effectiveness in combined treatment of patients with venous stasis ulcers. *Vestnik meditsinskogo instituta "REAVIZ": reabilitatsiya, vrach i zdorov'e*. 2016;(1):27-33. (In Russ).
59. Katorkin S, Sizonenko Y, Nasyrov M. Photodynamic therapy in the treatment of trophic leg ulcers. *Vasomed*. 2015;27(2):82-84.
60. Mustafaev RD, Tikhov GV, Murshudli RCh Morfologicheskoe izmeneniya bryushiny pri fotodinamicheskoi sanatsii. *Rossiiskii bioterapevticheskii zhurnal*. 2017;16(S):56-57. (In Russ).

Информация об авторах

1. Сажнев Дмитрий Игоревич - аспирант кафедры общей хирургии Воронежского государственного медицинского университета им. Н.Н.Бурденко, e-mail: dimitrikus@yandex.ru
2. Андреев Александр Алексеевич - д.м.н., профессор кафедры общей хирургии Воронежского государственного медицинского университета им. Н.Н.Бурденко, e-mail: sugery@mail.ru
3. Остроушко Антон Петрович - к.м.н., доцент кафедры общей хирургии Воронежского государственного медицинского университета им. Н.Н.Бурденко, e-mail: antonostroushko@yandex.ru

Information about the Authors

1. Dmitry Igorevich Sazhnev - post-graduate student of the Department of General surgery of N.N. Burdenko Voronezh state medical University, e-mail: dimitrikus@yandex.ru
2. Alexander Alekseevich Andreev - M.D., Professor of the Department of General surgery of N.N. Burdenko Voronezh state medical University, e-mail: sugery@mail.ru
3. Anton Petrovich Ostroushko - Ph.D., associate Professor of General surgery, N.N. Burdenko Voronezh state medical University, e-mail: antonostroushko@yandex.ru

Цитировать:

Сажнев Д.И., Андреев А.А., Остроушко А.П. Фотодинамическая терапия в хирургической практике. *Вестник экспериментальной и клинической хирургии* 2019; 12: 2: 141-146. DOI: 10.18499/2070-478X-2019-12-2-141-146.

To cite this article:

Sazhnev D.I., Andreev A.A., Ostroushko A.P. Photodynamic Therapy in Surgical Practice. *Journal of experimental and clinical surgery* 2019; 12: 2: 141-146. DOI: 10.18499/2070-478X-2019-12-2-141-146.