

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ, РАЗРАБОТКА ОБОРУДОВАНИЯ, ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

ВЛИЯНИЕ ИМПУЛЬСНОЙ СФОКУСИРОВАННОЙ ФОТОДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ НА ХРОНИЧЕСКИЕ РАНЫ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ

Гуляева А.А.¹, Никонов С.Д.^{1,2,3}, Бгатов Н.П.²,
Нимаев В.В.^{1,2}

¹ФГАОУ ВО «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет», г. Новосибирск, Россия

²НИИ клинической и экспериментальной лимфологии – филиал ФИЦ ИЦиГ СО РАН, г. Новосибирск, Россия

³Новосибирский НИИ туберкулеза Минздрава России, г. Новосибирск, Россия

Хронические раны (ХР) являются актуальной проблемой хирургии. Фотодинамическая терапия (ФДТ) гнойных ран в режиме непрерывного светового воздействия оказывает локальное антимикробное действие с разрушением биопленок, но также обладает дозозависимым риском избыточного повреждения тканей в ранах и торможения репарации. Для обеспечения активации регенерации поврежденных тканей в ХР нами изучается многокурсовая ФДТ с импульсным сфокусированным излучением.

Цель. В условиях экспериментальной модели ХР оценить динамику репаративного процесса при многокурсовой ФДТ с фотосенсибилизацией гелевой формой хлорина е6 и сканирующей засветкой раны импульсной сфокусированной энергией лазера.

Материалы и методы. Самцам мышей линии CD-1B (n = 45) в возрасте 4–7 месяцев под интраперитонеальным наркозом формировали на спине кожный дефект диаметром 10 мм с подшиванием по окружности раны пластиковой шины. Сформированы три группы по 15 особей. Группа 1 (контроль) – без лечения. В группах 2 и 3 на рану наносили фотосенсибилизатор хлорин е6 0,5 % – 0,1 г (РадаГель, ООО «Рада-Фарма»), а затем через 20 мин в группе 3 проводили сеансы ФДТ импульсным сканирующим сфокусированным излучением лазера «Лахта-Милон» (ООО «Квалитек») частотой 50 Гц в режиме $\tau = 100/100$ мс при $\lambda = 660$ нм, диаметре светового пятна 0,6 мм и скорости перемещения луча в ране 1мм/сек. Воздействие на рану проводилось 8 раз с интервалом 2 суток. Во всех группах на 5, 10, 15-е сутки 5 особей подвергали эвтаназии, иссекали раневые дефекты для морфологических и морфометрических исследований.

Результаты. Только в группе с ФДТ к 15 суткам сокращается площадь раны на 66 %, отторгаются

ограничительное кольцо и раневой струп и рана полностью эпителизируется.

Выводы. Эффекты импульсной сфокусированной ФДТ на ХР характеризуются ускорением эпителизации и ремоделирования, что приближает репарацию хронической раны к физиологическому сценарию заживления острой раны.

ФОТОТЕРАПИЯ ИНФИЦИРОВАННЫХ ОГНЕСТРЕЛЬНЫХ РАН МЯГКИХ ТКАНЕЙ: НЕОБХОДИМОСТЬ ФАЗОВОГО ДОЗИРОВАНИЯ ШИРОКОСПЕКТРАЛЬНОГО ИМПУЛЬСНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Бобылев В.А.¹, Муравьев С.Ю.², Багров В.В.³,
Бобин А.Н.¹, Володин Л.Ю.³, Давыдов Д.В.¹,
Камруков А.С.³, Кондратьев А.В.³,
Нестерова М.В.¹, Печерская М.С.¹, Фатеев А.В.¹,
Щедрина М.А.¹, Эсауленко Н.Б.¹

¹ФГБУ «ГВКГ им. ак. Н.Н. Бурденко» Минобороны России, г. Москва, Россия

²ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России, г. Москва, Россия

³МГТУ им. Н.Э. Баумана (НИУ), г. Москва, Россия

Цель. Оценить эффективность и безопасность высокоинтенсивного импульсного оптического излучения сплошного спектра (200–1100 нм) в лечении огнестрельных ран, определить необходимость коррекции дозы в зависимости от фазы раневого процесса.

Материалы и методы. Исследование проведено на 30 крысах линии Wistar (масса 390 ± 10 г). Модель огнестрельной раны создавали с помощью винтовки CZ 452-2E (320 м/с). Инфицирование – смешанной культурой *K. pneumoniae* и *A. baumannii* (10^9 КОЕ/мл). Группы: I – неинфицированная рана; II – инфицированная без лечения; III – инфицированная + аппарат «Зарница-А» (200–1100 нм, 1,5 Дж/см², 200 Вт/см² в импульсе, 60 с/сут); IV – инфицированная + аппарат «Зарница-Д» (272 ± 6 нм, 0,29 Дж/см², 4 мВт/см², 72 с/сут). Контрольные точки: 1, 3, 7, 10, 15, 21-е сутки. Методы: клиническая оценка воспаления, микробиологический посев, патоморфология с окраской гематоксилин-эозином.

Результаты. В группе III (широкоспектральное излучение) – наиболее быстрая негативация микробного роста с 1-х суток. На 3-и сутки нейтрофилы снизились с 75–80 % до 50–65 %, на 7-е – до 20–30 %, с формированием зрелой грануляционной ткани (10–15 сосудов на 1 мм²). В группе II нейтрофилы сохранялись на уровне 70–80 % до 10 суток. Однако на 15-е сутки в группе III отмечено вторичное повышение нейтрофилов до 40–50 % и замедление коллагенизации, что расценено как передозировка УФ-компонента. В группе IV таких явлений не наблюдалось, регенерация завершилась к 21-м суткам.

Выводы. Высокоинтенсивная широкоспектральная безмедикаментозная фототерапия эффективно эрадикуирует полирезистентную микрофлору, но при неизменной дозе после 10 суток вызывает фотоиндуцированное воспаление. Рекомендуется ступенчатое снижение дозы до 10–20 % от бактерицидной во II–III фазах. Низкоинтенсивное узкополосное УФ-излучение безопаснее при длительном применении. Оба метода могут использоваться как дополнительная антимикробная фототерапия, занимая нишу между классической ФДТ (с фотосенсибилизаторами) и традиционным УФ-облучением.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ШИРОКОСПЕКТРАЛЬНОГО ИМПУЛЬСНОГО И УЗКОПОЛОСНОГО УФ-ИЗЛУЧЕНИЯ ПРИ ИНФИЦИРОВАННЫХ ОГНЕСТРЕЛЬНЫХ РАНАХ

Бобылев В.А.¹, Муравьев С.Ю.², Щедрина М.А.¹, Фатеев А.В.¹, Камруков А.С.³

¹ФГБУ «ГВКГ им. ак. Н.Н. Бурденко» Минобороны России, г. Москва, Россия

²ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России, г. Москва, Россия

³МГТУ им. Н.Э. Баумана (НИУ), г. Москва, Россия

Цель. Сравнить влияние высокоинтенсивного импульсного оптического излучения (ВИОИ) сплошного спектра (200–1100 нм) (безмедикаментозная фототерапия) и низкоинтенсивного непрерывного УФ-излучения узкого спектра (272 ± 6 нм) на течение раневого процесса при лечении инфицированных огнестрельных ран мягких тканей.

Материалы и методы. Эксперимент выполнен на 30 половозрелых крысах-самцах линии Wistar (масса 390 ± 10 г). Моделирование огнестрельной раны проводили с использованием мелкокалиберной винтовки CZ 452-2E (скорость пули – 320 м/с). Через 2 часа после ранения в группы II, III и IV вносили суспензию клинических штаммов *Klebsiella pneumoniae* и *Acinetobacter baumannii* (10^9 КОЕ/мл). Группа I – неинфицированная рана. Группа II – инфицированная рана без облучения. Группа III – облучение аппаратом «Зарница-А» (импульсная ксеноновая лампа, 200–1100 нм, $1,5$ Дж/см², 200 Вт/см² в импульсе, 60 с/сут). Группа IV – облучение аппаратом «Зарница-Д» (светодиоды, 272 ± 6 нм, $0,29$ Дж/см², 4 мВт/см², 72 с/сут). Срок наблюдения – 21 сутки. Методы: клиническая оценка (гиперемия, отек, болевой синдром), микробиологический посев, патоморфологическое исследование биоптатов.

Результаты. В группах III и IV уже с первых суток отмечено полное подавление роста *K. pneumoniae* и *A. baumannii*, тогда как в группе II рост сохранялся до 17 суток. Болевой синдром на 3-и сутки был наибо-

лее выражен в группе II ($2,5 \pm 0,16$ балла), в группе III – $1,92 \pm 0,24$, в группе IV – $1,58 \pm 0,2$ балла. Морфологически на 7-е сутки в группе III формировалась зрелая грануляционная ткань с вертикальными сосудами, содержание нейтрофилов снизилось до 20–30 % (в группе II – 70–80 %). Однако к 15-м суткам в группе III отмечено замедление регенерации с повышением нейтрофилов до 40–50 %, что связано с передозировкой УФ-компонента. В группе IV таких явлений не наблюдалось.

Выводы. ВИОИ обеспечивает более быстрое купирование воспаления в I фазе, но требует снижения дозы до 10–20 % от бактерицидной во II–III фазах. Низкоинтенсивное узкополосное УФ-излучение безопаснее при длительном применении. Оба метода могут рассматриваться в рамках антимикробной фототерапии как альтернатива классической ФДТ или дополнение к ней в случаях, когда применение фотосенсибилизаторов ограничено.

ЛОКАЛЬНАЯ ФОТОДИНАМИЧЕСКАЯ ТЕРАПИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИНТЕТИЧЕСКОГО ГИПЕРИЦИНА ПРИ ЛЕЧЕНИИ РАННИХ СТАДИЙ Т-КЛЕТОЧНОЙ ЛИМФОМЫ КОЖИ

Сухова Т.Е.¹, Климова М.Д.¹, Романко Ю.С.^{2,3}, Решетов И.В.^{2,3,4,5}

¹ГБУЗ МО «МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского», г. Москва, Россия

²ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России, г. Москва, Россия

³Академия постдипломного образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА России, г. Москва, Россия

⁴ЧОУВО «МУ им. С.Ю. Витте», г. Москва, Россия

⁵НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва, Россия

Цель. Исследовать эффективность локальной фотодинамической терапии (ФДТ) с использованием синтетического гиперцицина при лечении ранних стадий Т-клеточной лимфомы кожи (ТКЛК).

Материалы и методы. Был осуществлен поиск научных публикаций в базах данных PubMed и Scopus за период с 2010 по 2026 год с использованием ключевых слов: «фотодинамическая терапия с использованием гиперцицина при лечении ранней стадии кожной Т-клеточной лимфомы». В общей сложности проанализировано 7 релевантных исследований.

Результаты. Традиционные методы лечения ТКЛК, такие как ПУВА и с использованием хлорметина, имеют недостатки из-за риска мутаций и побочных эффектов на коже. Локальная ФДТ с использованием синтетического гиперцицина стала новым методом, позволяющим решить эту проблему. Синтетический гиперцицин, активируемый светом, является немутагенным и избирательно уничтожает раковые

Т-клетки, вызывая их апоптоз. Клинические исследования, включая крупное исследование III фазы FLASH, показали эффективность наружного применения гиперцицина при лечении грибovidного микоза (как очагового, так и бляшечного). Этот метод значительно безопаснее стандартной фототерапии, поскольку вызывает минимум местных побочных реакций и синтетический гиперцицин плохо всасывается в организм. Благодаря своей эффективности при различных типах поражений, гиперцицин улучшает состояние пациентов и качество их жизни.

Выводы. Таким образом, синтетический гиперцицин для местного применения является важным достижением и может стать новым основным методом лечения ранних стадий ТКЛК. Локальная ФДТ с использованием синтетического гиперцицина при лечении ранних стадий ТКЛК показала себя значительно безопасным методом лечения в сравнении с традиционной фототерапией.

СЕЛЕКТИВНАЯ ФОТОДИНАМИЧЕСКАЯ ИНАКТИВАЦИЯ МИКОБАКТЕРИЙ И ИХ БИОПЛЕНК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТРИКАРБОЦИАНИНОВОГО КРАСИТЕЛЯ, КОНЬЮГИРОВАННОГО С ТРЕГАЛОЗОЙ

Шлеева М.О.¹, Козобкова Н.В.¹, Самцов М.П.², Луговский А.П.², Тарасов Д.С.², Савицкий А.П.¹

¹Институт биохимии им. А.Н. Баха, ФИЦ Биотехнологии РАН, г. Москва, Россия

²НИИПФП им. А.Н. Севченко Белорусского государственного университета, г. Минск, Беларусь

Цель. Оценка эффективности трикарбоцианинового фотосенсибилизатора, конъюгированного с двумя молекулами трегалозы (TCC2Tre), для фотодинамической инактивации (ФДИ) туберкулезных и нетуберкулезных микобактерий, включая лекарственно-устойчивые штаммы, биопленки и покоящиеся формы.

Материалы и методы. Фотосенсибилизаторы TCC и TCC2Tre, культуры *Mycobacterium tuberculosis*, *M. smegmatis*, *M. fortuitum*, *M. avium*, *M. kansasii*, *M. abscessus*, а также *Micrococcus luteus* и *Escherichia coli* для сравнения. Бактерии инкубировали с 100 мкМ конъюгата при 37 °С в течение 3–24 часов, облучение проводили светодиодом (740 нм, плотность мощности – 240 мВт/см², дозы 20–468 Дж/см²), выживаемость оценивали методом серийных разведений с высевом на плотную среду.

Результаты. Инкубация в течение 3 часов и последующее облучение с TCC2Tre снижали количество жизнеспособных клеток *M. smegmatis* на три порядка, тогда как TCC без трегалозы проявлял низкую активность; аналогичный эффект наблюдался и в отношении покоящихся форм *M. smegmatis*

(6 месяцев покоя). В случае *M. tuberculosis* была достигнута полная инактивация клеток, а для зрелых биопленок (24 ч инкубации, доза – 100 Дж/см²) – 100-кратное снижение жизнеспособности. Различные штаммы проявили неодинаковую чувствительность: наибольший эффект отмечен для *M. tuberculosis*, *M. kansasii* и *M. fortuitum*, тогда как *M. abscessus* оказался наименее чувствительным. Микобактерии, обработанные TCC2Tre, были более чувствительны к свету, чем грамположительные *M. luteus* и грамотрицательные *E. coli*, что подтверждает селективность конъюгата.

Выводы. Конъюгация трегалозы с трикарбоцианиновым красителем значительно повышает эффективность и селективность ФДИ микобактерий *in vitro*, включая активные и покоящиеся формы, а также биопленки, что может служить основой для разработки альтернативной антибактериальной терапии микобактериальных инфекций.

Работа поддержана грантом Российского научного фонда (№ 25-45-10015).

ГАЛОГЕН-ВОДИPY КАРБОНОВЫЕ КИСЛОТЫ И ИХ КОНЬЮГАТЫ С МОНОТЕРПЕНОИДАМИ КАК ФОТОСЕНСИБИЛИЗАТОРЫ ДЛЯ АНТИМИКРОБНОЙ ФОТОДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ

Еремеева Ю.В., Гусева Г.Б., Антина Е.В.

ФГБУН Институт химии растворов им. Г.А. Крестова РАН, г. Иваново, Россия

Цель. Разработка новых фотосенсибилизаторов на основе галоген-BODIPY мезо-карбоновых кислот и их конъюгатов с биологически активными монотерпеноидами, проведение сравнительного анализа их фотофизических характеристик, агрегационного поведения и антимикробной фотодинамической активности.

Материалы и методы. Методы абсорбционной и флуоресцентной спектроскопии, конфокальная лазерная сканирующая микроскопия, онлайн-платформа ADMETlab. Органические, водно-органические и модельные физиологические среды.

Результаты. Впервые получены дибром- и диод-BODIPY мезо-карбоновые кислоты и их конъюгаты с (+)-пинанилом и изоборнантиоэтилом с интенсивным ($I_{gr} \sim 4.68\text{--}4.87$) поглощением при $\lambda_{max}^{abs} = 525\text{--}538$ нм и флуоресценцией при $\lambda_{max}^{fl} = 541\text{--}557$ нм с квантовым выходом от 1 до ~30 %. Независимо от природы растворителя люминофоры демонстрируют высокую эффективность генерации синглетного кислорода: ФД ≈ 75 и 92 % для дибром- и диод-BODIPY соответственно. Наличие мезо-заместителей в значительной степени подавляет протекание агрегационных процессов и повышает стабильность BODIPY в широком

диапазоне физиологических значений pH. Галоген-BODIPY карбоновые кислоты и особенно их борна-новые конъюгаты эффективно подавляют витальную активность дрожжевых и мицелиальных грибковых клеток (*C. albicans*, *A. niger*) в условиях активации видимым светом. Кроме того, полученные фотосенсибилизаторы продемонстрировали высокую фотодинамическую активность в отношении грамположительных стафилококков и стрептококков (*S. aureus*, *S. pyogenes*, *S. sobrinus*).

Выводы. Мезо-замещение, галогенирование и конъюгация BODIPY карбоновых кислот с биологически активными монотерпеноидами являются многообещающим подходом при разработке на основе BODIPY фотосенсибилизаторов новых тераностических агентов для лечения инфекционных заболеваний грибковой и бактериальной этиологии.

Работа выполнена за счет финансирования гранта Российского научного фонда (№ 25-23-00084, <https://rscf.ru/project/25-23-00084>).

МОНОКАТИОННЫЕ ХЛОРИНЫ – НОВЫЕ ФОТОСЕНСИБИЛИЗАТОРЫ ДЛЯ ПРОТИВООПУХОЛЕВОЙ И АНТИМИКРОБНОЙ ФОТОДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ

Кустов А.В.^{1,2}, Березин Д.Б.², Гагуа А.К.³,
Кустова Т.В.², Дайхес Н.А.³, Зорина Т.Е.⁴,
Зорин В.П.⁴

¹ФГБУН Институт химии растворов им. Г.А. Крестова РАН, г. Иваново, Россия

²ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет», г. Иваново, Россия

³ФГБУНМИЦО ФМБА России, г. Москва, Россия

⁴Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь

Фотодинамическая терапия (ФДТ) является малоинвазивным методом лечения множества малигнизированных новообразований и микробных инфекций. Она используется как в виде монотерапии, так и в комбинированном лечении, сочетающем ФДТ с хирургическим вмешательством, лучевой, химио- или антибиотикотерапией. Наряду с множеством достоинств, ФДТ имеет ограничения, связанные со сложностью элиминации глубоко расположенных и слабо оксигенированных солидных опухолей, а также с лечением диссеминированных процессов.

Цель. Изучение монокатионных фотосенсибилизирующих агентов (ФС) на основе хлорина е6, переносимых липопротеиновой фракцией плазмы, с целью повышения эффективности лечения солидных новообразований и локализованных микробных инфекций.

Материалы и методы. Впервые получены, идентифицированы, физико-химически и биологически

исследованы два новых полусинтетических монокатионных ФС хлоринового ряда.

Результаты и выводы. Установлено, что оба монокатионных хлорина обладают достаточной для клинического использования растворимостью, генерируют синглетный кислород с квантовым выходом 0,5–0,6, в васкулярной системе около 90 % ФС переносятся липопротеинами низкой и высокой плотности и молекулы ФС локализуются в эндоплазматическом ретикулуме и митохондриях опухолевых клеток. Фотодинамическая активность монокатионных ФС *in vitro* значительно выше, чем у хлорина е6 в отношении как микробных, так и опухолевых клеток. Моделирование противоопухолевой ФДТ перевивной саркомы М1 показало, что при дозе ФС 5 мг/кг⁻¹ и плотности световой энергии 150 Дж/см⁻² одного сеанса достаточно для полного излечения 75 % животных-опухоленосителей при сроке наблюдения 90 дней, что соответствует 5-летнему безрецидивному периоду в человеческой популяции. Впервые показано, что комбинирование монокатионного ФС с хлорином е6, переносимым альбумином и таргетирующим васкулярную сеть опухолей, позволяет при дозе препарата 2,5 мг/кг⁻¹ (соотношение 1:1) и той же величине плотности световой энергии добиться полного излечения 100 % животных-опухоленосителей.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (проект № 25-23-00042, соглашение от 28.12.2024).

СВЯЗЫВАНИЕ ХЛОРИНА Е6 С ε-ПОЛИЛИЗИНОМ КАК ФАКТОР УСИЛЕНИЯ ФОТОТОКСИЧНОСТИ В ОТНОШЕНИИ ГРАМ (-) МИКРООРГАНИЗМОВ

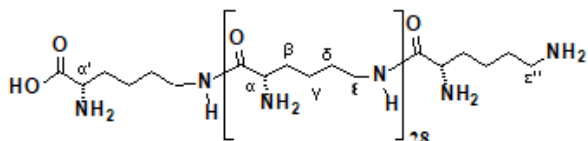
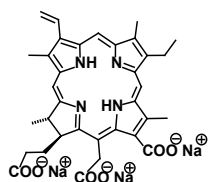
Кустов А.В.¹, Березин Д.Б.², Шухто О.В.²,
Ляпин Д.С.^{1,2}, Фомин Н.С.²,
Калягин А.А.¹, Терентьев А.А.^{1,2}

¹ФГБУН Институт химии растворов им. Г.А. Крестова РАН, г. Иваново, Россия

²ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет», г. Иваново, Россия

Анионные фотосенсибилизаторы (ФС) на основе хлорина е6, такие как «Фотолон», «Фотодитазин» или «Радахлорин», являются основными препаратами для проведения противоопухолевой фотодинамической терапии (ФДТ). Наряду с высокой противоопухолевой активностью, они эффективны при фотоинактивации грамположительных микроорганизмов, однако Грам (-) патогены, вызывающие множество инфекций, к ним малочувствительны. Ранее было показано, что не токсичные в темноте малые добавки ε-полилизина (ПЛ) 0,05–0,1 мас. % позволяют значительно усилить фототоксичность хлорина е6 в отношении Грам (-) микроорганизмов.

Цель. Исследование особенностей комплексообразования хлорина еб с ϵ -полилизинном ($N \approx 30$) и анализ способности молекулы ФС к генерации синглетного кислорода в водном растворе биополимера.



Результаты и выводы. Результаты спектроскопических исследований указывают на интенсивное взаимодействие ФС-ПЛ, при этом по данным спектрофотометрического титрования зависимость оптической плотности раствора еб в Q-полосе выходит на плато при мольном отношении ПЛ: ФС >10. Анализ зависимости анизотропии флуоресценции хлорина от концентрации ПЛ дает величину константы связывания $\sim 10^4$ л/моль. Исследование генерации синглетного кислорода методом химических ловушек и разрешенной во времени флуоресцентной спектроскопии показывает значительное ослабление люминесценции 1O_2 и, соответственно, уменьшение квантового выхода в присутствии ПЛ в 2–3 раза, что связано как с уменьшением pH растворов, так и с достаточно прочным связыванием ФС-полимер, ограничивающим вращательную диффузию флуорофора. Тем не менее комплекс ФС-ПЛ имеет высокую аффинность к внешней мембране Грам (-) патогенов, позволяя тем самым заметно повысить фототоксичность хлорина еб.

Исследование выполнено при поддержке Российского научного фонда (проект № 25-23-00037, <https://rscf.ru/project/25-23-00108>, соглашение от 28.12.2024).

КРАСИТЕЛЬ ИНДОЦИАНИНОВЫЙ ЗЕЛЕНЬ НОВЫЙ (IGN) И ЕГО ПРОИЗВОДНЫЕ: СИНТЕЗ И СВОЙСТВА СЕНСИБИЛИЗАТОРОВ ДЛЯ КОМБИНИРОВАННОЙ ПРОТИВООПУХОЛЕВОЙ ФОТОТЕРАПИИ

Березин Д.Б.¹, Паламар А.В.¹, Бондарева Т.В.¹, Шухто О.В.¹, Смирнова Н.Л.², Зорина Т.Е.³, Зорин В.П.³, Грибова В.М.¹, Кустов А.В.²

¹ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет», г. Иваново, Россия;

²ФГБУН Институт химии растворов им. Г.А. Крестова РАН, г. Иваново, Россия

³Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь

Цель. Направленный синтез и комплексные физико-химические, биофизические и биологические исследования линкерных производных IGN и их конъюгатов с хлоринами природного происхождения (Chl) для фототермотерапии (ФТТ) и комбинированного (ФТТ+ФТТ) лечения онкологических заболеваний.

Материалы и методы. Органический синтез, методы электронной абсорбционной, стационарной и время-разрешенной флуоресцентной спектроскопии, методы термогравиметрии, растворимости и межфазного распределения, гель-фильтрационной хроматографии, фотокалориметрии, проточной цитофлуориметрии и конфокальной микроскопии.

Результаты. На основе красителя индоцианинового зеленого нового (IGN) синтезирован ряд линкерных производных, содержащих концевые карбоксильные и аминогруппы для дальнейшей конъюгации и создания препаратов комбинированного фототерапевтического действия (ФДТ и ФТТ). В ходе исследования их спектральных характеристик, термо- и фотостойкости, гидрофильно-липофильных свойств и способности к взаимодействию с эндогенными и экзогенными носителями (ПАВ, транспортные белки крови), а также клеточными структурами было выявлено соединение (IGN-Pipz), наилучшим образом соответствующее требованиям для ковалентного связывания с хлориновыми фотосенсибилизаторами (ФС), получены соответствующие конъюгаты (IGN-Pipz-Chl).

Выводы. При изучении свойств красителей было показано, что IGN, несмотря на агрегацию, отсутствие генерации синглетного кислорода в водных растворах и высокое сродство к псевдолипидным средам, хорошо растворим в воде за счет амфифильной структуры, интенсивно поглощает излучение в ближней ИК-области, фотоустойчив как в водной, так и в липофильной системах, преимущественно (более 85 %) связывается с липопротеиновой фракцией транспортных белков крови, интенсивно генерирует тепло при облучении (более 2 °C при дозе 38 Дж/см²) и поэтому является перспективным ФС для фототермотерапии, а его конъюгаты с хлоринами – для комбинированного лечения опухолей.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (соглашение № 25-23-00108).

ПОТЕНЦИАЛ МНОГОЦЕЛЕВОГО БЫСТРОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО РЕАКТОРА В РАЗВИТИИ КОМБИНИРОВАННОЙ НЕЙТРОНЗАХВАТНОЙ И ФОТОДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ РАКА

Клинов Д.А.¹, Романко Ю.С.^{2,3}, Решетов И.В.^{2,3,4,5}

¹АО «ГНЦ РФ – ФЭИ», г. Обнинск, Калужская область, Россия

²ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России, г. Москва, Россия

³Академия постдипломного образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА России, г. Москва, Россия

⁴ЧОУВО «МУ им. С.Ю. Витте», г. Москва, Россия

⁵НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва, Россия

Цель. Исследовать потенциал применения многоцелевого исследовательского реактора на быстрых нейтронах (МБИР) для создания прорывной технологии комбинированной терапии рака, объединяющей преимущества нейтронзахватной (НЗТ) и фотодинамической (ФДТ) терапии.

Материалы и методы. В настоящее время ГК «Росатом» осуществляет сооружение исследовательской ядерной установки (ИЯУ) МБИР на базе АО ГНЦ НИИАР в г. Димитровграде (Ульяновская область). Пуск реактора запланирован на конец 2028 года. Предполагается, что ИЯУ МБИР может стать ключевым инструментом для исследований, ведущих к разработке передовых методов борьбы со злокачественными новообразованиями.

Результаты. Перспективы нового реактора оцениваются как весьма благоприятные, что обусловлено его ключевыми характеристиками: жестким энергетическим спектром нейтронов и исключительно высокой интенсивностью генерируемых пучков. В рамках текущих исследований уже достигнута оптимальная конфигурация коллиматора, обеспечивающая формирование нейтронных пучков с заданными свойствами. Реактор МБИР предоставит обширные возможности для реализации широкого спектра экспериментальных программ, охватывающих как фундаментальные научные изыскания, так и решение прикладных задач в различных областях. Приоритетным направлением может стать использование горизонтальных каналов реактора для проведения биологических и медицинских исследований. В частности, планируется разработка НЗТ для лечения онкологических заболеваний как в качестве самостоятельного метода, так и в комбинации с ФДТ. Для этих целей будут также разрабатываться новые фотосенсибилизаторы, пригодные как для ФДТ, так и для потенцирования эффекта радиотерапии в рамках комбинированного лечения. Данный комплексный подход позволит повысить эффективность элиминации опухолевых клеток за счет воздействия на множественные механизмы их жизнедеятельности.

Выводы. Комбинированное применение ФДТ и БНЗТ с использованием МБИР представляет собой инновационную стратегию в онкологии, расширяющую арсенал методов для эффективного воздействия на злокачественные новообразования.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФОТОДЕГРАДАЦИИ ГИБРИДНЫХ СЕЛЕНСОДЕРЖАЩИХ НАНОСИСТЕМ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ ХЛОРИНОМ Е6

Морозова П.Ю., Валуева С.В.

Филиал НИЦ «Курчатовский институт» – ПИЯФ – ИВС, г. Санкт-Петербург, Россия

Фотодинамическая терапия (ФДТ) является передовым подходом к лечению опухолей, как доброкачественных, так и злокачественных. Для максимальной эффективности ФДТ важно изучать, как фотосенсибилизаторы (ФС) распадаются под действием света и как долго они сохраняют свою активность. Это помогает определить оптимальное время для облучения и оценить эффективность и перспективность использования гибридных полимер-неорганических многокомпонентных наносистем, включающих в свой состав ФС. Принцип действия ФДТ заключается в избирательном накоплении ФС в пораженных тканях после его введения в организм. В данном исследовании в качестве ФС использовался хлорин е6.

Цель. Настоящее исследование было направлено на сравнительный анализ фотодегradации свободного хлорина е6 (ФС-1) и его наночастиц (ФС-2), представляющей собой инновационную трехкомпонентную наносистему, состоящую из наночастиц селена, полимерного стабилизатора и хлорина е6.

Материалы и методы. Исследование проводилось с использованием методов УФ/видимой спектроскопии и люминесценции. Были изучены зависимости оптической плотности и интенсивности люминесценции, а также темпов изменения этих характеристик от длительности облучения для обеих форм ФС.

Результаты. Для синтезированных наносистем (ФС-2) была рассчитана константа фотокаталитической активности ($k_{\text{deg}} = 0,647 \times 10^{-3} \pm 0,001 \text{ c}^{-1}$) и время полужизни ($t_{1/2} = 18 \text{ мин}$). Важно отметить, что расчетные параметры, такие как энергия запрещенной зоны ($E_g \sim 4,96$) и диаметр ($d \sim 5,48$) наночастиц селена для ФС-2, не показали существенных изменений ни до, ни после облучения. Этот факт убедительно свидетельствует о высокой защитной функции полимерного стабилизатора, эффективно предотвращающего фотодегradацию селенового ядра.

Выводы. Таким образом, архитектура селенового ядра трехкомпонентной селенсодержащей наносистемы ФС-2 остается интактной под воздействием фотодегradации. Полученные наносистемы ФС-2 демонстрируют значительный потенциал в качестве основы для разработки гибридных наносистем, интегрированных с фотосенсибилизаторами хлоринового ряда. Такие системы могут найти широкое применение в медицинской практике для осуществления флуоресцентной диагностики и проведения фотодинамической терапии.

СОВРЕМЕННЫЕ НАУЧНЫЕ РАЗРАБОТКИ В ОБЛАСТИ ФОТОДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ РАКА ПРЯМОЙ КИШКИ

Хоробрых Т.В.¹, Малова Т.И.², Романко Ю.С.^{1,3},
Решетов И.В.^{1,3,4,5}

¹ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России, г. Москва, Россия

²ООО «ВЕТА-ГРАНД», г. Москва, Россия

³Академия постдипломного образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА России, г. Москва, Россия

⁴ЧОУВО «МУ им. С.Ю. Витте», г. Москва, Россия

⁵НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва, Россия

Цель. Оценить современный уровень научных разработок, касающихся применения фотодинамической терапии (ФДТ) в лечении рака прямой кишки (РПК).

Материалы и методы. Был осуществлен поиск научной литературы по запросам «фотодинамическая терапия» и «рак прямой кишки». Были отобраны 15 наиболее значимых работ, опубликованных в период с 2016 по 2026 год.

Результаты. Несмотря на прогресс в комплексном лечении РПК, включающем лучевую, химио-, таргетную и иммунотерапию, сохранение анального сфинктера при РПК остается клинически значимой проблемой. Хирургическая резекция является основным методом лечения. Неoadъювантная химиолучевая терапия (ХЛТ) демонстрирует органосохраняющий потенциал в 70–80 % случаев низко расположенного РПК, однако сопряжена с высокой частотой побочных эффектов (20–47 %) и развитием лекарственной устойчивости при распространенных формах. Поэтому разработка новых терапевтических технологий для преодоления этих ограничений и повышения эффективности органосохраняющего лечения является актуальной задачей. По сравнению с традиционной ХЛТ ФДТ характеризуется сниженной системной токсичностью, отсутствием индукции перекрестной резистентности и способностью повышать чувствительность лекарственно-устойчивых клеток. ФДТ продемонстрировала свою эффективность в качестве спасительной терапии после неудачной ХЛТ, позволив избежать формирования постоянной колостомы. Комбинированное применение ФДТ с системной терапией может способствовать редукции опухолевого объема и улучшению исходов хирургического вмешательства. Это обусловлено двойным механизмом действия ФДТ: прямым цитотоксическим эффектом на опухолевые клетки и деструкцией опухолевой васкуляризации, что, в свою очередь, способствует инфильтрации иммунных клеток. Таким образом, происходит трансформация «холодной» иммуносупрессивной опухолевой микросреды в «горячую» иммуностимулирующую, что в сочетании с системной терапией обеспечивает синергетический терапевтический эффект.

Выводы. В будущем ожидается расширение применения ФДТ при лечении РПК благодаря оптимальному сочетанию ее эффективности и низкой токсичности.

ФОТОДИНАМИЧЕСКАЯ И ФОТОБИОМОДУЛЯЦИОННАЯ ТЕРАПИЯ: НОВЫЙ ВЗГЛЯД НА ЛЕЧЕНИЕ КРАСНОГО ПЛОСКОГО ЛИШАЯ СЛИЗИСТОЙ ОБОЛОЧКИ ПОЛОСТИ РТА

Сухова Т.Е.¹, Климова М.Д.¹, Романко Ю.С.^{2,3},
Кастыро И.В.⁴, Юдин Д.К.⁴, Попадюк В.И.⁴,
Решетов И.В.^{2,3,4,5}

¹ГБУЗ МО «МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского», г. Москва, Россия

²ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России, г. Москва, Россия

³Академия постдипломного образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА России, г. Москва, Россия

⁴ФГАОУ ВО «РУДН им. Патриса Лумумбы», г. Москва, Россия

⁵ЧОУВО «МУ им. С.Ю. Витте», г. Москва, Россия

⁶НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва, Россия

Цель. Исследовать эффективность фотодинамической терапии и фотобиомодуляционной терапии в лечении красного плоского лишая слизистой оболочки полости рта (КПЛ СОПР).

Материалы и методы. Был проведен обзор научной литературы, включающий поиск в базах данных PubMed и Scopus за период с 2015 по 2025 год. Для поиска использовался запрос «фототерапия при лечении красного плоского лишая слизистой оболочки полости рта». Из всех найденных публикаций было отобрано и детально изучено 19 наиболее подходящих исследований.

Результаты. КПЛ СОПР представляет собой хроническое заболевание, обусловленное иммунными нарушениями. Оно проявляется воспалением слизистой рта, вызванным атакой Т-лимфоцитов на базальные кератиноциты, и несет в себе риск злокачественного перерождения. Точные причины КПЛ СОПР остаются загадкой. Однако, учитывая значительное снижение качества жизни пациентов из-за симптомов, разработаны различные терапевтические стратегии, направленные в первую очередь на купирование проявлений и контроль прогрессирования. Молекулярная диагностика пока не получила широкого распространения из-за неполного понимания молекулярных основ патогенеза. В настоящее время кортикостероиды остаются основным и наиболее действенным методом лечения. Тем не менее в перспективе возможно применение инновационных подходов, таких как фотодинамическая и фотобиомодуляционная терапия, а также биологические препа-

раты. Таким образом, для эффективного управления симптомами и устранения первопричин, особенно в случаях сопутствующего синдрома активации тучных клеток, необходимы дальнейшие научные изыскания и персонализированный подход к терапии. Иммуномодулирующая терапия должна сохранять свою центральную роль.

Выводы. Требуется проведение дополнительных исследований в этом направлении для определения оптимальных комбинаций терапевтических методов, учитывая ограниченность данных по большинству альтернативных подходов.

ОБЪЕДИНЯЯ УСИЛИЯ: ХИМИОТЕРАПИЯ И ФОТОТЕРАПЕВТИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЛЕЧЕНИИ РАКА МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ

Фатьянова А.С.¹, Романко Ю.С.^{1,2}, Кастыро И.В.³, Юдин Д.К.³, Попадюк В.И.³, Решетов И.В.^{1,2,4,5}

¹ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России, г. Москва, Россия

²Академия постдипломного образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА России, г. Москва, Россия

³ФГАОУ ВО «РУДН им. Патриса Лумумбы», г. Москва, Россия

⁴ЧОУВО «МУ им. С.Ю. Витте», г. Москва, Россия

⁵НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва, Россия

Цель. Изучить последние научные разработки в области комбинированного применения химиотерапии и фототерапевтических технологий при лечении рака молочной железы (РМЖ).

Материалы и методы. Исследование проводилось путем обзора литературы, основанного на поиске в электронных базах PubMed и Scopus. Для выявления наиболее значимых публикаций применялись поисковые запросы, содержащие комбинацию терминов «химиотерапия», «фототерапевтические технологии» и «рак молочной железы». Отобрано 182 релевантных исследования, опубликованных в период с 2023 по 2025 год.

Результаты. Рак молочной железы – одно из наиболее частых и разнообразных по своей природе онкологических заболеваний среди женщин по всему миру. Традиционно его лечат комбинацией хирургического вмешательства, химиотерапии (ХТ) и лучевой терапии. Активно разрабатываются и новые подходы, такие как таргетная терапия и иммунотерапия. Несмотря на то что ХТ остается основным методом лечения РМЖ, ее эффективность ограничена развитием устойчивости опухоли к препаратам и побочными эффектами. Это стимулирует поиск более щадящих и целенаправленных методов лечения. В настоящее время активно изучается потенциал различных фототерапевтических технологий (фотобиомодуляционной терапии, фотохимиотерапии,

фотодинамической терапии) как дополнения к существующим методам лечения или их альтернативы. Эти технологии используют неионизирующее излучение определенной длины волны для воздействия на клеточные структуры и сигнальные пути, запуская гибель раковых клеток, активируя иммунитет и ремоделирование сосудов опухоли, при этом минимизируя вред для здоровых тканей. Но для широкого применения фототерапевтических технологий необходимо стандартизировать параметры светового воздействия и протоколы лечения.

Выводы. Комбинированное применение ХТ и фототерапевтических технологий демонстрирует обнадеживающие результаты, но требует дальнейшей оптимизации для полного раскрытия своего потенциала в лечении РМЖ.

ФОТОБИОМЕДИЦИНСКИЕ РЕГЕНЕРАТИВНЫЕ ЭНДОДОНТИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

Романко Ю.С.^{1,2}, Кастыро И.В.³, Юдин Д.К.³, Попадюк В.И.³, Решетов И.В.^{1,2,4,5}

¹ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России, г. Москва, Россия

²Академия постдипломного образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА России, г. Москва, Россия

³ФГАОУ ВО «РУДН им. Патриса Лумумбы», г. Москва, Россия

⁴ЧОУВО «МУ им. С.Ю. Витте», г. Москва, Россия

⁵НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва, Россия

Цель. Провести анализ актуальных научных достижений в области фотобиомедицинских регенеративных эндодонтических технологий, а также определить их потенциальные преимущества в сравнении с общепринятыми методами лечения.

Материалы и методы. Исследование базировалось на обзоре литературы, проведенном путем поиска в базах PubMed и Scopus. Для отбора релевантных публикаций использовались поисковые запросы, включающие ключевые слова: «фотобиомедицинские регенеративные эндодонтические технологии», «фотолечение эндодонта». Критериям включения соответствовали 176 исследований, опубликованных в период с 2023 по 2025 год.

Результаты. Наблюдается возрастающий интерес к интеграции фотобиомедицинских методик в клиническую практику, в частности фотобиомодуляционной терапии (ФБМТ) и фотодинамической терапии (ФДТ), а также к применению лазерных технологий, таких как Er:YAG-лазер для ирригации корневых каналов и диодный лазер для адгезивной подготовки дентина. ФБМТ продемонстрировала способность усиливать регенеративные процессы в тканях за счет стимуляции ангиогенеза, пролиферации клеток и высвобождения биоактивных молекул,

таких как трансформирующий фактор роста бета-1 (TGF- β 1). ФДТ характеризуется выраженным антимикробным эффектом при сохранении клеточной жизнеспособности. Применение Er:YAG-лазера для ирригации ассоциируется с увеличением секреции факторов роста, однако сопряжено с повышенным риском экстравазации ирригационного раствора. Обработка дентина диодным лазером, в свою очередь, способствует улучшению адгезии стволовых клеток, что имеет прогностически благоприятное значение для результатов регенеративной эндодонтии.

Выводы. При дальнейшем накоплении доказательной базы фотобиомедицинские технологии имеют потенциал стать неотъемлемой частью восстановительной эндодонтии, предлагая малоинвазивные и высокоэффективные стратегии лечения некротизированных и травмированных молочных зубов. Тем не менее ограниченный объем существующих исследований диктует необходимость проведения дальнейших изысканий. Стандартизирование клинических испытаний является необходимым условием для валидации долгосрочной эффективности и оценки профиля безопасности данных методик.

ФОТОБИОТЕРАПЕВТИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЛЕЧЕНИИ ОЖИРЕНИЯ

Кастыро И.В.¹, Юдин Д.К.¹, Попадюк В.И.¹, Романко Ю.С.^{2,3}, Решетов И.В.^{2,3,4,5}

¹ФГАОУ ВО «РУДН им. Патриса Лумумбы», г. Москва, Россия

²ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России, г. Москва, Россия

³Академия постдипломного образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА России, г. Москва, Россия

⁴ЧОУВО «МУ им. С.Ю. Витте», г. Москва, Россия

⁵НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва, Россия

Цель. Систематизировать данные последних исследований по фотодинамической терапии (ФДТ), фотобиомодуляционной терапии (ФБМТ) и фототермической терапии (ФТТ), направленных на снижение жировых отложений, и оценить их клиническую применимость в лечении ожирения.

Материалы и методы. Был выполнен поиск в базе данных PubMed по ключевым словам «фототерапия для целенаправленного уменьшения жировых отложений». Отобраны 10 подходящих исследований, опубликованных в период с 2015 по 2026 год.

Результаты. Ожирение является актуальной проблемой общественного здравоохранения, требующей поиска более безопасных и эффективных методов лечения. Традиционные хирургические вмешательства, такие как липосакция, несмотря на свою эффективность, не лишены рисков травматизации и осложнений. Перспективным направлением явля-

ются неинвазивные фототерапевтические методики, в частности ФБМТ, ФДТ и ФТТ. Механизм действия ФДТ заключается в индукции апоптоза адипоцитов и ремоделировании тканей посредством генерации активных форм кислорода под действием фотосенсибилизаторов. ФТТ основана на нагреве жировой ткани светом ближнего инфракрасного диапазона, что приводит к гибели жировых клеток и повышению локальной метаболической активности. ФБМТ, в свою очередь, стимулирует митохондриальную активность, ускоряя липолиз и метаболические процессы. Отдельные исследования демонстрируют, что применение наноматериалов может способствовать повышению адресности воздействия и терапевтической эффективности.

Выводы. Таким образом, неинвазивная фототерапия обладает значительным потенциалом в терапии ожирения, а использование наноматериалов может дополнительно улучшить ее целенаправленность и эффективность, обеспечивая более безопасное и результативное снижение жировой массы. Дальнейшие исследования должны быть сфокусированы на оптимизации терапевтических параметров фототерапии и изучении синергетического эффекта наноматериалов в сочетании с персонализированными подходами к лечению.

ФОТОБИОМЕДИЦИНСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ПРОФИЛАКТИКЕ И ЛЕЧЕНИИ ОСТЕОНЕКРОЗА ЧЕЛЮСТИ ПОСЛЕ ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ ГОЛОВЫ И ШЕИ

Кастыро И.В.¹, Юдин Д.К.¹, Попадюк В.И.¹, Романко Ю.С.^{2,3}, Решетов И.В.^{2,3,4,5}

¹ФГАОУ ВО «РУДН им. Патриса Лумумбы», г. Москва, Россия

²ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России, г. Москва, Россия

³Академия постдипломного образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА России, г. Москва, Россия

⁴ЧОУВО «МУ им. С.Ю. Витте», г. Москва, Россия

⁵НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва, Россия

Цель. Изучить современные научные разработки в области фотобиомедицинских технологий, включая фотобиомодуляционную терапию (ФБМТ), антимикробную фотодинамическую терапию (аФДТ) и лазерную хирургию (ЛХ), для профилактики и лечения остео радионекроза (ОРН).

Материалы и методы. Был проведен обзор литературы в базах данных PubMed и Scopus. Поиск осуществлялся по ключевым словам, таким как «остео радионекроз», «некроз челюсти», «остео радионекроз челюсти», «лазерная терапия», «низкоинтенсивная лазерная терапия», «фотобиомодуляция», «фотодинамическая терапия» и «CO₂-лазер». Для отбора были

использованы фильтры, ограничивающие выборку с исследованиями на людях, опубликованными с 2015 по 2025 год. В итоге было отобрано 12 релевантных исследований.

Результаты. ОРН представляет собой тяжелое и функционально инвалидизирующее позднее осложнение у пациентов, подвергшихся лучевой терапии по поводу онкологических заболеваний головы и шеи. В настоящее время наблюдается рост интереса к применению фотобиомедицинских технологий, в частности ФБМТ, аФДТ и ЛХ, в контексте профилактики и лечения ОРН. Имеющиеся данные указывают на положительное влияние фотобиомедицинских технологий, проявляющееся в улучшении заживления слизистых оболочек, купировании болевого синдрома, ускорении регенерации тканей, а также в успешной протезной реабилитации и снижении частоты рецидивов. Несмотря на эти обнадеживающие результаты, текущая доказательная база является предварительной и гетерогенной. Это обусловлено такими факторами, как малая выборка пациентов, значительная вариабельность параметров фотобиомедицинских технологий, ограниченность сравнительных исследований, непоследовательность в стадировании ОРН и отсутствие долгосрочных наблюдений для оценки устойчивости эффекта.

Выводы. Для раскрытия полного терапевтического потенциала фотобиомедицинских технологий в лечении ОРН, оптимизации протоколов и определения перспективных направлений клинической практики требуются тщательно спланированные и репрезентативные клинические исследования.

ФОТОДИНАМИЧЕСКАЯ ТЕРАПИЯ: АКТУАЛЬНОСТЬ И НОВЫЕ ГОРИЗОНТЫ В ОНКОЛОГИИ ПИЩЕВОДА

**Хоробрых Т.В.¹, Малова Т.И.², Романко Ю.С.^{1,3},
Решетов И.В.^{1,3,4,5}**

¹ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России, г. Москва, Россия

²ООО «ВЕТА-ГРАНД», г. Москва, Россия

³Академия постдипломного образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА России, г. Москва, Россия

⁴ЧОУВО «МУ им. С.Ю. Витте», г. Москва, Россия

⁵НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва, Россия

Цель. Исследование текущего состояния научных достижений в области применения фотодинамической терапии (ФДТ) для лечения злокачественных новообразований пищевода.

Материалы и методы. Была проведена систематическая выборка научной литературы по ключевым словам «фотодинамическая терапия» и «рак пищевода». Из общего массива найденных публикаций были отобраны 46 релевантных источников, опубликованных

в период с 2016 по 2026 год. Отобранные материалы подверглись детальному и всестороннему анализу.

Результаты. В период с середины 1990-х до начала 2000-х годов ФДТ активно использовалась как радикальный или паллиативный эндоскопический метод лечения рака пищевода. Сегодня ее применение варьируется: в Японии она одобрена для лечения поверхностной плоскоклеточной карциномы, а в США – для дисплазии пищевода Барретта и паллиативного лечения обструктивного рака. Однако, несмотря на эти одобрения, ФДТ утратила свою прежнюю популярность в мире из-за ряда факторов: побочных эффектов, сложности проведения и появления современных, менее инвазивных эндоскопических методов, таких как эндоскопическая диссекция подслизистого слоя, радиочастотная абляция и криотерапия. Несмотря на это, ФДТ сохраняет свою актуальность в лечении локальных рецидивов после химиолучевой терапии. Более того, современные разработки, такие как ФДТ второго поколения с талапорфином натрия, показывают многообещающие результаты в паллиативном лечении рецидивирующих опухолей, демонстрируя высокую эффективность и безопасность.

Выводы. Это позволяет говорить о возрождении ФДТ в клинической практике, особенно в качестве паллиативного метода при рецидивах рака пищевода после химиолучевой терапии. В будущем ожидается расширение ее применения как основного или паллиативного метода лечения рака пищевода благодаря оптимальному сочетанию эффективности и низкой токсичности.

НАПРАВЛЕНИЯ БУДУЩИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ФОТОДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ ЦЕРВИКАЛЬНОЙ ИНТРАЭПИТЕЛИАЛЬНОЙ НЕОПЛАЗИИ

Попучиев В.В.¹, Романко Ю.С.^{2,3}, Решетов И.В.^{2,3,4,5}

¹МРНЦ им. А.Ф. Цыба – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, г. Обнинск, Калужская область, Россия

²ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России, г. Москва, Россия

³Академия постдипломного образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА России, г. Москва, Россия

⁴ЧОУВО «МУ им. С.Ю. Витте», г. Москва, Россия

⁵НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва, Россия

Цель. Оценить эффективность и безопасность фотодинамической терапии (ФДТ) при ВПЧ-ассоциированной цервикальной интраэпителиальной неоплазии (CIN) и, основываясь на полученных результатах, определить направления будущих исследований.

Материалы и методы. Были отобраны 8 научных статей, опубликованных в базах данных PubMed и Scopus в период с 2016 по 2026 год. Поиск прово-

дился с использованием поисковых запросов, включающих термины «фотодинамическая терапия», «цервикальная интраэпителиальная неоплазия» и «вирус папилломы человека (ВПЧ)».

Результаты. Анализ имеющихся данных позволил выявить ключевые направления для дальнейших научных изысканий. Прежде всего необходимо проведение масштабных рандомизированных контролируемых исследований с участием большого числа пациенток. Цель этих исследований – прямое сравнение эффективности различных фотосенсибилизаторов (ФС) (таких как ALA, MAL, хлорин е6) для определения их преимуществ и выявления оптимальных групп пациенток для каждого из них. Важно разработать единые протоколы проведения ФДТ. Это включает оптимизацию ключевых параметров лечения (например, дозировки препарата, времени воздействия, длины волны и интенсивности излучения) для каждого ФС. Такая стандартизация позволит снизить вариабельность результатов между различными исследованиями. Для более точной оценки долгосрочных результатов ФДТ необходимо увеличить период наблюдения за пациентками (минимум до 24 месяцев). Это позволит систематически изучать частоту рецидивов заболевания, вероятность повторного инфицирования ВПЧ и влияние терапии на исходы беременности. Следует исследовать потенциал комбинированного лечения, сочетающего ФДТ с иммунотерапией или противовирусными препаратами. Такой подход может повысить эффективность эрадикации ВПЧ, особенно в случаях рефрактерной или рецидивирующей CIN. Необходимо также сосредоточиться на создании новых ФС, обладающих улучшенной способностью проникать в пораженные ткани и более быстрым началом терапевтического действия. Это позволит повысить общую клиническую эффективность ФДТ.

Выводы. Для дальнейшего повышения клинической эффективности данного метода требуются дополнительные исследования. В клинической практике врачам необходимо тщательно взвешивать преимущества и недостатки различных терапевтических стратегий и подбирать индивидуальные схемы лечения, учитывая особенности каждой пациентки.

СОВРЕМЕННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ФОТОДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ ОСТЕОГЕННОЙ САРКОМЫ

Романко Ю.С.^{1,2}, Решетов И.В.^{1,2,3,4}

¹ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России, г. Москва, Россия

²Академия постдипломного образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА России, г. Москва, Россия

³ЧОУВО «МУ им. С.Ю. Витте», г. Москва, Россия

⁴НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва, Россия

Цель. Изучить и систематизировать актуальные направления развития фотодинамической терапии (ФДТ) остеогенной саркомы.

Материалы и методы. Был проведен поиск и анализ научной литературы, опубликованной в базах данных PubMed и Scopus, с акцентом на публикации последних семи лет. В результате было выявлено 130 источников, посвященных экспериментальным исследованиям современных стратегий ФДТ при остеогенной саркоме. Из них для детального обзора были отобраны 37 наиболее релевантных работ.

Результаты. Традиционные методы борьбы с костными злокачественными новообразованиями, такие как хирургия, химиотерапия и лучевая терапия, зачастую сопряжены с существенными ограничениями, включая риск осложнений, выраженные побочные эффекты и недостаточную эффективность. В качестве альтернативы наночастицы открывают новые горизонты в диагностике и терапии костных опухолей. Последние исследования демонстрируют потенциал наночастиц в лечении и диагностике различных видов костных опухолей, в том числе остеогенной саркомы. Это обусловлено их уникальной структурой, способностью эффективно доставлять терапевтические агенты и хорошей биодоступностью. Более того, модификация поверхности наночастиц различными молекулами или материалами позволяет придавать им специфические свойства. Например, наночастицы могут быть загружены химиотерапевтическими препаратами или генетическим материалом, что обеспечивает контролируемое высвобождение и точное нацеливание на опухолевые клетки остеогенной саркомы. Наночастицы также могут быть интегрированы в протоколы ФДТ. Кроме того, включение в состав наночастиц контрастных веществ или флуоресцентных зондов значительно расширяет возможности визуализации и позволяет в реальном времени отслеживать ход лечения. Это не только дает возможность оценить эффективность ФДТ, но и способствует своевременной коррекции терапевтического плана для достижения оптимальных результатов у каждого пациента.

Выводы. Многофункциональные наночастицы представляют собой перспективный инструмент для разработки персонализированных подходов к лечению остеогенной саркомы с использованием ФДТ, что способствует улучшению прогноза для пациентов.

ПОЛИМЕРНЫЕ НАНОЧАСТИЦЫ: ИНТЕГРАЦИЯ ФОТОДИНАМИЧЕСКОЙ И ИММУНОТЕРАПИИ РАКА

Романко Ю.С.^{1,2}, Решетов И.В.^{1,2,3,4}

¹ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России, г. Москва, Россия

²Академия постдипломного образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА России, г. Москва, Россия

³ЧОУВО «МУ им. С.Ю. Витте», г. Москва, Россия⁴НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва, Россия

Цель. Анализ последних достижений в области разработки полимерных наночастиц как платформы для интеграции фотодинамической терапии (ФДТ) и иммунотерапии рака.

Материалы и методы. Проанализировано 12 релевантных публикаций, найденных в базах данных PubMed и Scopus за период с 2020 по 2026 год с использованием запроса «разработка полимерных наночастиц для интеграции ФДТ и иммунотерапии рака».

Результаты. Полимерные наночастицы стали универсальной и эффективной с точки зрения механизма платформой для интеграции ФДТ с иммунотерапией рака. Благодаря рациональному молекулярному и супрамолекулярному дизайну полимерные фотосенсибилизаторы (ФС) позволяют точно регулировать динамику возбужденных состояний, пути образования активных форм кислорода и доставку в опухоль, тем самым устраняя ряд присущих традиционным низкомолекулярным ФС ограничений. Стратегии разработки основных компонентов, в том числе архитектуры полимеров типа «донорно-акцепторный», включение гетероатомов и модуляция сопряжения, создают фундаментальную фотофизическую основу для эффективного межсистемного переноса и выработки активных форм кислорода I и II типов, а функционализация боковых цепей и подходы к координации металлов обеспечивают эффективную биологическую активность в сложных средах опухолей. Важно отметить, что ФДТ с использованием полимерных наночастиц действует не только как локализованный цитотоксический метод, но и как мощный иммунологический триггер. Полимерные наночастицы, стимулируя выработку цитокинов, способствуя высвобождению опухолевых антигенов и изменяя иммуносупрессивное микроокружение опухоли, создают благоприятный фон для синергетического сочетания с различными иммуномодулирующими препаратами, такими как агонисты Toll-подобных рецепторов, агонисты STING и ингибиторы контрольных точек иммунного ответа. Объединение фотодинамической и иммунотерапевтической функций в одной наносистеме позволяет контролировать пространственно-временную активацию иммунной системы и усиливать системные противоопухолевые иммунные реакции за пределами облучаемой опухоли.

Выводы. Благодаря сочетанию молекулярного дизайна с иммунологическими функциями полимерные ФС будут играть всё более важную роль в развитии синергетических фотоиммунотерапевтических стратегий лечения солидных опухолей.

ПРЕОДОЛЕВАЯ ОГРАНИЧЕНИЯ: ФОТОДИНАМИЧЕСКАЯ ТЕРАПИЯ С ВНУТРЕННИМИ ИСТОЧНИКАМИ СВЕТА

Решетов И.В.^{1,2,3,4}, Романко Ю.С.^{1,2}¹ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России, г. Москва, Россия²Академия постдипломного образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА России, г. Москва, Россия³ЧОУВО «МУ им. С.Ю. Витте», г. Москва, Россия⁴НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва, Россия

Цель. Исследовать новейшие разработки в области фотодинамической терапии (ФДТ) с самоосвещением, уделяя особое внимание основным механизмам передачи энергии, включая резонансный перенос, химически индуцированную электронно-обменную люминесценцию и перенос энергии через черенковское излучение.

Материалы и методы. Проведен анализ 21 научной статьи, опубликованной с 2016 по 2026 год. Поиск литературы осуществлялся в базах данных PubMed, Scopus и Web of Science по запросу «фотодинамическая терапия с самоосвещением».

Результаты. Благодаря своей неинвазивности и высокой пространственно-временной избирательности ФДТ уже несколько десятилетий используется в клинической практике для лечения поверхностных опухолей. Однако из-за низкой проникающей способности внешнего возбуждающего света этот метод неэффективен при лечении глубоко расположенных опухолей и метастазов. Потенциальным решением этой проблемы может стать ФДТ без использования лазерного излучения с самоосвещением за счет внутренних источников света. Для этого используются платформы, которые приводятся в действие либо за счет окислительного химического возбуждения, например хемилюминесценции и биолюминесценции, либо за счет радиационного возбуждения от β -излучающих изотопов в виде черенковской люминесценции. Генерируемые электронные возбуждения затем передаются фотосенсибилизаторам с помощью различных механизмов переноса энергии. В настоящее время растет интерес в области самоосвещающихся технологий ФДТ с акцентом на ключевые механизмы переноса энергии, такие как резонансный перенос энергии, химически индуцированная электронно-обменная люминесценция и перенос энергии с помощью черенковского излучения. Эти платформы демонстрируют большую эффективность по сравнению с традиционными системами.

Выводы. Дальнейшее развитие в этой области, включая решение существующих проблем и поиск новых внутренних источников света, позволит преодолеть главное ограничение ФДТ и расширить ее применение для борьбы с глубоко расположенными и метастатическими опухолями.

ФОТОДИНАМИЧЕСКАЯ ТЕРАПИЯ КОЛОРЕКТАЛЬНОГО РАКА: ПЕРСПЕКТИВЫ И КЛИНИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

Кацалап С.Н.¹, Малова Т.И.², Хоробрых Т.В.³,
Романко Ю.С.^{3,4}, Решетов И.В.^{3,4,5,6}

¹АО «Центравиамед», г. Москва, Россия

²ООО «ВЕТА-ГРАНД», г. Москва, Россия

³ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России, г. Москва, Россия

⁴Академия постдипломного образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА России, г. Москва, Россия

⁵ЧОУВО «МУ им. С.Ю. Витте», г. Москва, Россия

⁶НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва, Россия

Цель. Осуществить комплексный анализ современного уровня научных разработок, посвященных применению фотодинамической терапии (ФДТ) в контексте терапии колоректального рака (КРР).

Материалы и методы. Был выполнен обзор научной литературы по запросу «ФДТ в лечении колоректального рака». Из общего числа найденных источников было отобрано 59 публикаций, соответствующих критериям релевантности и опубликованных в период с 2016 по 2026 год. Отобранные материалы прошли углубленное исследование.

Результаты. Клинически подтверждена эффективность ФДТ при раке прямой кишки. В первую очередь, ФДТ, как локальное эндоскопическое вмешательство, направлена на контроль кровотечений и устранение обструкций, что способствует регрессии или уменьшению опухоли. Это, в свою очередь, облегчает последующее лечение и может позволить отсрочить резекцию или сохранить функцию сфинктера. Развитие эндоскопических технологий, включая флуоресцентную и узкополосную визуализацию, критически важно для лечения КРР, поскольку они обеспечивают точное наведение света на пораженный участок, повышая эффективность и точность ФДТ. ФДТ под визуальным контролем активно использует передовые методы эндоскопической визуализации для точной локализации опухоли и целенаправленного воздействия. В настоящее время проводятся клинические испытания по применению флуоресцентной визуализации для обнаружения остаточных раковых клеток после хирургического удаления опухолей, что позволит проводить немедленное фотодинамическое облучение и улучшать исходы для пациентов с местнораспространенным или рецидивирующим КРР. Кроме того, недавно разработанная флуоресцентная терапевтическая система ближнего инфракрасного диапазона с наногелем на основе фукоидана обеспечивает мониторинг КРР и метастазов в лимфатических узлах в режиме реального времени. Эта система также способствует замедлению роста опухоли посредством ФДТ, обеспечивая точный и эффективный контроль.

Выводы. Визуально контролируемые эндоскопические методы ФДТ способны повысить точность, безопасность и эффективность органосохраняющего лечения КРР.

РОЛЬ ТУЧНЫХ КЛЕТОК В НЕЙРОИММУНОМОДУЛЯЦИИ ПРИ ФОТОДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ ХРОНИЧЕСКИХ РАН

Попучиев В.В.¹, Романко Ю.С.^{2,3}, Решетов И.В.^{2,3,4,5}

¹МРНЦ им. А.Ф. Цыба – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, г. Обнинск, Калужская область, Россия

²ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России, г. Москва, Россия

³Академия постдипломного образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА России, г. Москва, Россия

⁴ЧОУВО «МУ им. С.Ю. Витте», г. Москва, Россия

⁵НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва, Россия

Цель. Исследовать взаимосвязь между фотодинамической терапией (ФДТ), нейроиммуномодуляцией и процессами регенерации тканей, уделяя особое внимание роли тучных клеток, на основе анализа новейших научных данных.

Материалы и методы. Для достижения поставленной цели был проведен обзор литературы. В базы данных PubMed и Scopus были направлены поисковые запросы, включающие ключевые слова: «фотодинамическая терапия», «нейроиммуномодуляция», «заживление ран» и «тучные клетки». В анализ были включены 24 релевантные научные публикации, датированные периодом с 2021 по 2025 год.

Результаты. Длительно не заживающие кожные раны (более 6–8 недель) указывают на хроническое воспаление, мешающее естественному восстановлению. Это особенно актуально для пожилых людей (старше 65 лет) и может быть связано с другими заболеваниями. Основная проблема хронических язв – избыток ферментов (протеаз и матриксных металлопротеиназ – ММП) и воспалительных веществ (цитокинов), которые разрушают ткани и поддерживают воспаление. Инфекции усугубляют это, создавая биопленки и увеличивая количество ММП. ФДТ показывает перспективность в ускорении заживления. Она улучшает нервную иннервацию и регулирует иммунные реакции, в частности активность тучных клеток. Тучные клетки, тесно связанные с нервными окончаниями, действуют как нейроиммунные посредники: при активации они выделяют вещества, влияющие на рану и нервы, а нервы в свою очередь выделяют нейрорепептиды, регулирующие иммунитет и восстановление. Клинические данные подтверждают эффективность ФДТ в заживлении хронических ран. Поэтому ФДТ может быть полезна пациентам с хроническими

воспалительными заболеваниями или ослабленным иммунитетом.

Выводы. Для полного понимания механизмов действия ФДТ необходимы дальнейшие исследования с использованием современных методов визуализации, анализа биомаркеров и изучения взаимодействия нейропептидов, иммунных клеток и сигнальных путей. Исследования на животных и клинические испытания, включая индивидуальный подход к светотерапии, помогут раскрыть клеточные и молекулярные аспекты ФДТ.

ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ ЭКЗОСОМ МОЛОКА В КАЧЕСТВЕ СИСТЕМ ДОСТАВКИ ФОТОСЕНСИБИЛИЗАТОРОВ ДЛЯ ФОТОДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ

Романко Ю.С.^{1,2}, Решетов И.В.^{1,2,3,4}

¹ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России, г. Москва, Россия

²Академия постдипломного образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА России, г. Москва, Россия

³ЧОУВО «МУ им. С.Ю. Витте», г. Москва, Россия

⁴НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва, Россия

Цель. Оценить текущее состояние исследований, посвященных использованию экзосом молока в качестве носителей фотосенсибилизаторов (ФС) для фотодинамической терапии (ФДТ).

Материалы и методы. Поиск научной литературы проводился в электронных базах PubMed и Scopus с использованием комбинации ключевых слов «фотодинамическая терапия» и «экзосомы молока» для выявления наиболее значимых публикаций. Было отобрано 16 релевантных работ, опубликованных в период с 2021 по 2025 год.

Результаты. ФДТ – это современный метод лечения, основанный на использовании света и ФС, которые при активации светом генерируют цитотоксичные активные формы кислорода, уничтожающие раковые клетки. Несмотря на свой потенциал, ФДТ сталкивается с ограничениями, такими как низкая избирательность действия на опухоль, ограниченное проникновение в ткани и нежелательная фототоксичность для здоровых тканей. В этом контексте экзосомы молока, представляющие собой природные внеклеточные везикулы (размером 30–150 нм), демонстрируют значительный потенциал. Они обладают высокой биосовместимостью и минимальной иммуногенностью, что делает их идеальными кандидатами для систем доставки лекарств. Экзосомы молока активно участвуют в межклеточной коммуникации, перенося белки, липиды и нуклеиновые кислоты. В последнее время они привлекают пристальное внимание как эффективные носители для доставки различных терапевтических агентов, включая гидрофобные поли-

меры, а также для генной и белковой терапии. Их широкая распространенность, легкость выделения и безопасность делают их особенно ценными. Экспериментальные данные подтверждают эффективность экзосом молока: при нагрузке полисахаридами они продемонстрировали значительное улучшение накопления в опухолях и регрессию опухолей глиобластомы и рака полости рта у животных после системного или перорального введения. Тем не менее для успешного клинического применения необходимо преодолеть ряд технических трудностей, включая разработку масштабируемых методов очистки, обеспечение воспроизводимого насыщения экзосом лекарственными препаратами и тщательную оценку профиля безопасности.

Выводы. Дальнейшие исследования должны быть направлены на стандартизацию производственных процессов, проведение всесторонних доклинических испытаний и изучение комбинированных терапевтических подходов для повышения эффективности лечения.

ЭНДОГЕННЫЕ МЕМБРАННЫЕ ФОТОСЕНСИБИЛИЗАТОРЫ МИКОБАКТЕРИЙ

Савицкий А.П., Багаева Д.И., Соловьев И.Д., Линге И.А., Шлеева М.О.

ФИЦ Биотехнологии РАН, г. Москва, Россия

Для лечения активного и латентного туберкулёза необходимо разработать новые подходы. Применение фотодинамической инактивации (ФДИ) обсуждается как альтернативный подход для борьбы с множественной лекарственной устойчивостью микобактерий.

Цель. Проверить эффективность ФДИ на основе эндогенных фотосенсибилизаторов микобактерий.

Материалы и методы. Препарат «Аласенс», культуры *Mycobacterium tuberculosis*, *M. smegmatis*, мыши линии C57BL/6, заражение вирулентным штаммом *M. tuberculosis* H37Rv.

Результаты. Молекулярная структура клеточной стенки в значительной степени определяется биохимическими особенностями микроорганизмов. Например, как известно, возбудитель туберкулёза в неблагоприятных условиях способен переходить в покоящееся (дормантное) состояние, и при этом переходе наблюдаются значительные изменения структуры клеточной стенки бактерий. Такой переход *M. tuberculosis* связывают с развитием латентного туберкулёза, который трудно поддается диагностике и лечению. Известные противотуберкулёзные препараты, применяемые в медицинской практике, неактивны в отношении покоящихся *M. tuberculosis*. При переходе в состояние покоя для *M. tuberculosis* наблюдается накопление яркого флуо-

ресцентного пигмента, который был идентифицирован как необычное для биологических систем производное копропорфирина – его тетраметилловый эфир, локализованного в клеточной стенке микобактерии. Впервые описан фермент, ответственный за тетраметилирование копропорфирина, и изучен его механизм действия. При изучении спектров одиночных живых клеток было выявлено, что значительная фракция копропорфирина находится в виде цинкового комплекса. Экстракты из гомогената легкого мышей, больных хронической формой туберкулёза, показывали значительное количество порфиринов по сравнению с контрольной здоровой группой. Облучение гомогенатов легкого светом приводило к снижению количества жизнеспособных клеток *M. tuberculosis* на 2 порядка.

Выводы. В экспериментах *in vitro* при облучении *M. tuberculosis* на длине волны поглощения цинкокопропорфирина инактивация как активных, так и dormantных форм не зависела от присутствия кислорода. Это является исключительно важным фактором, так как в условиях *in vivo* микобактерии, находящиеся в гранулемах, часто находятся в условиях гипоксии. В экспериментах на модельных животных с хроническим туберкулёзом показано накопление порфиринов в легких и развитие фоточувствительности микобактерий.

Работа была выполнена при поддержке Российского научного фонда (проект № 25-45-10015).

ФОТОДИНАМИЧЕСКАЯ ТЕРАПИЯ ИНФЕКЦИЙ, АССОЦИИРОВАННЫХ С КАНЦЕРОГЕНЕЗОМ: ПЕРСПЕКТИВЫ И ВЫЗОВЫ

Решетов И.В.^{1,2,3,4}, Романко Ю.С.^{1,2}

¹ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России, г. Москва, Россия

²Академия постдипломного образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА России, г. Москва, Россия

³ЧОУВО «МУ им. С.Ю. Витте», г. Москва, Россия

⁴НИЦ «Курчатowski институт», г. Москва, Россия

Цель. Исследовать результативность фотодинамической терапии (ФДТ) инфекций, способствующих развитию рака, а также определить новые направления ее применения в данной области медицины.

Материалы и методы. Было проанализировано 80 релевантных публикаций, найденных в базах данных PubMed, Scopus, Web of Science и Google Scholar за период с 2015 по 2025 г. с использованием ключевых слов «фотодинамическая терапия инфекций, вызывающих развитие рака».

Результаты. ФДТ, направленная против инфекций, показала различную эффективность в борьбе с множеством подтвержденных и предполагаемых

патогенов, связанных с раком, как в лабораторных условиях, так и в клинических испытаниях. Однако ее потенциал в профилактике, лечении и улучшении прогноза онкологических заболеваний часто недооценивался. Аналогично исследования ФДТ против рака редко учитывали роль инфекций в его развитии. Противоинфекционная ФДТ, благодаря своей способности уничтожать широкий спектр патогенов, сохраняя при этом полезные микроорганизмы, и стимулировать иммунитет против микробов и раковых клеток, может быть использована для борьбы с оппортунистическими инфекциями, одновременно улучшая исходы как инфекционных, так и онкологических заболеваний.

Выводы. Полностью раскрыть и оптимально использовать возможности ФДТ при инфекциях, связанных с раком, могут помочь дальнейшие исследования. Прежде всего при планировании экспериментов следует учитывать конкретные возбудители и их штаммы. При этом лабораторные исследования должны одновременно оценивать как инфекционные, так и онкологические показатели, такие как количество микробов, жизнеспособность раковых клеток, их способность к размножению, избирательное поглощение фотосенсибилизатора и влияние ФДТ на механизмы развития рака. Также клинические испытания должны отслеживать развитие рака у пациентов, получавших и не получавших ФДТ. Только так мы сможем еще больше понимать истинный потенциал ФДТ в этой области.

ФОТОДИНАМИЧЕСКАЯ ТЕРАПИЯ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ: ФОТОРАЗЛАГАЕМЫЕ ФОТОСЕНСИБИЛИЗАТОРЫ

Малова Т.И.¹, Романко Ю.С.^{2,3}, Решетов И.В.^{2,3,4,5}

¹ООО «ВЕТА-ГРАНД», г. Москва, Россия

²ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России, г. Москва, Россия

³Академия постдипломного образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА России, г. Москва, Россия

⁴ЧОУВО «МУ им. С.Ю. Витте», г. Москва, Россия

⁵НИЦ «Курчатowski институт», г. Москва, Россия

Цель. Изучить перспективы фотодинамической терапии (ФДТ) нового поколения, основанной на применении фотосенсибилизаторов (ФС), способных к фоторазложению.

Материалы и методы. Был выполнен поиск в электронных базах данных PubMed, Scopus и Web of Science. В результате поиска по ключевым словам «фотодинамическая терапия с использованием фоторазлагаемых фотосенсибилизаторов» было отобрано и проанализировано 43 релевантные публикации, вышедшие в период с 2023 по 2025 год.

Результаты. В последние годы наблюдается повышенный интерес к фоторазлагаемым ФС в контексте ФДТ вследствие их потенциальных преимуществ. Ключевым аспектом является их способность к фотодеградации, что приводит к снижению остаточного накопления ФС после терапевтического воздействия и, как следствие, к минимизации потенциальных побочных эффектов. Развитие в области фоторазлагаемых ФС открывает возможности для повышения как специфичности, так и эффективности ФДТ, а также для оптимизации их фотохимической стабильности и кинетики разложения посредством структурных модификаций и точной настройки условий реакции. Несмотря на обнадеживающие результаты, полученные в ходе исследований *in vitro* и *in vivo*, ряд нерешенных проблем требует дальнейшего изучения. Во-первых, критически важна всесторонняя оценка токсичности продуктов фотодеградации для обеспечения безопасности при клиническом применении. Во-вторых, скорость фотодеградации должна быть согласована с терапевтическим окном для поддержания терапевтической эффективности. Кроме того, перспективным направлением будущих исследований является повышение эффективности поглощения света и глубины проникновения данных ФС в биологические ткани. Ожидается, что интеграция новых материалов и нанотехнологий, включая «умные» наноносители для контролируемого высвобождения и адресной доставки, а также разработка многофункциональных ФС для тераностических применений будут способствовать дальнейшему прогрессу в данной области, особенно в сфере прецизионной медицины.

Выводы. Фоторазлагаемые ФС демонстрируют значительный потенциал для улучшения профиля безопасности и эффективности ФДТ.

ФОТОДИНАМИЧЕСКАЯ ТЕРАПИЯ ГЛИОБЛАСТОМЫ: ОБЗОР ПОТЕНЦИАЛА

Решетов И.В.^{1,2,3,4}, Романко Ю.С.^{1,2}

¹ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России, г. Москва, Россия

²Академия постдипломного образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА России, г. Москва, Россия

³ЧОУВО «МУ им. С.Ю. Витте», г. Москва, Россия

⁴НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва, Россия

Цель. Изучить механизмы, системы доставки, фотосенсибилизаторы (ФС) и имеющиеся данные о потенциале фотодинамической терапии (ФДТ) как нового метода лечения глиобластомы (ГБМ).

Материалы и методы. Было проанализировано 35 релевантных публикаций, найденных в базах данных PubMed, Scopus, Web of Science и Google Scholar за период с 2023 по 2025 г. с использованием ключевых

слов «фотодинамическая терапия глиобластомы». Особое внимание было уделено механизмам действия ФДТ, ее иммуномодулирующему эффекту, системам доставки и возможности комбинирования с другими схемами лечения. Были изучены все клинические исследования по этой теме.

Результаты. ГБМ остается одной из самых агрессивных первичных опухолей головного мозга с низкой выживаемостью пациентов и отсутствием одобренных методов лечения. Перспективным новым подходом к лечению ГБМ является ФДТ – локализованное лечение с активацией светом ФС, избирательно воздействующих на опухоль. ФДТ оказывает специфическое для опухоли цитотоксическое действие за счет образования активных форм кислорода, нарушения работы сосудов и активации иммунной системы. ФС, такие как 5-аминолевулиновая кислота (5-ALA), хлорины и фталоцианины, избирательно накапливаются в клетках глиомы и повышают точность лечения. Доклинические исследования показывают, что ФДТ может вызывать апоптоз, улучшать проницаемость гематоэнцефалического барьера и усиливать действие существующих химиотерапевтических препаратов. Клинические испытания на ранних стадиях, в том числе исследования с применением препаратов INDYGO и талапорфина натрия, показали многообещающие результаты в плане безопасности и увеличения продолжительности жизни пациентов с впервые диагностированной и рецидивирующей ГБМ.

Выводы. ФДТ показала себя целенаправленным подходом к усилению локального контроля над ГБМ. Благодаря постоянным инновациям в разработке ФС, технологиях доставки и комбинированных стратегиях, ФДТ может стать эффективным методом лечения ГБМ. Для подтверждения ее эффективности и получения разрешения регулирующих органов необходимы дальнейшие клинические испытания в рамках рандомизированных контролируемых исследований с целью ее внедрения в стандартную нейроонкологическую практику.

ФОТОДИНАМИЧЕСКАЯ ТЕРАПИЯ АКНЕ

Молочкова Ю.В.¹, Сухова Т.Е.¹, Климова М.Д.¹, Романко Ю.С.^{2,3}, Решетов И.В.^{2,3,4,5}

¹ГБУЗ МО «МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского», г. Москва, Россия

²ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России, г. Москва, Россия

³Академия постдипломного образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА России, г. Москва, Россия

⁴ЧОУВО «МУ им. С.Ю. Витте», г. Москва, Россия

⁵НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва, Россия

Цель. Изучение имеющихся данных об эффективности фотодинамической терапии (ФДТ) при

акне, анализ клинических особенностей и реакции пациентов на лечение, а также выявление потенциальных направлений для дальнейших исследований.

Материалы и методы. Был проведен поиск научной литературы в базах данных PubMed и Scopus за период с 2023 по 2025 г. с использованием ключевых слов «фотодинамическая терапия акне». Критериями включения в обзор стали публикации, описывающие применение ФДТ у пациентов с акне, с обязательным учетом клинических особенностей заболевания и оценки ответа на терапию. Всего было проанализировано 79 релевантных статей.

Результаты. Анализ представленных данных свидетельствует о том, что ФДТ демонстрирует клиническую эффективность в лечении акне, проявляющаяся в частичном улучшении состояния кожи у всех пациентов, включенных в исследования. Однако ни одно из изученных исследований не зафиксировало полного регресса высыпаний. Отмечается значительная вариабельность в протоколах лечения, включая количество сеансов, время инкубации фотосенсибилизатора (ФС) и энергетическую дозу источника света, что затрудняет прямое сравнение результатов и выявление оптимальных параметров. Наблюдается тенденция к сокращению времени инкубации ФС и к использованию препаратов с меньшей фотоактивностью с целью минимизации нежелательных явлений. Несмотря на отсутствие ФДТ в текущих клинических рекомендациях по лечению акне, ее применение ассоциируется с улучшением клинической картины, включая редукцию воспалительных элементов, улучшение общего вида кожи (что подтверждается фотодокументацией) и повышение удовлетворенности пациентов. Однако влияние ФДТ на невоспалительные формы акне оказалось незначительным. Сообщалось о ряде побочных эффектов, таких как боль во время процедуры, эритема, пустулез, отслоение эпителия и гиперпигментация.

Выводы. Полученные результаты подтверждают потенциал ФДТ как адъювантного или самостоятельного метода лечения акне, особенно при воспалительных формах. Однако для достижения более выраженных и стойких клинических результатов, а также для повышения комплаентности пациентов необходимо дальнейшее изучение и стандартизация протоколов лечения.

ФОТОДИНАМИЧЕСКАЯ ТЕРАПИЯ В ЛЕЧЕНИИ ОНИХОМИКОЗА

Сухова Т.Е.¹, Молочков А.В.¹, Климова М.Д.¹,
Романко Ю.С.^{2,3}, Решетов И.В.^{2,3,4,5}

¹ГБУЗ МО «МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского», г. Москва, Россия

²ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России, г. Москва, Россия

³Академия постдипломного образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА России, г. Москва, Россия

⁴ЧОУВО «МУ им. С.Ю. Витте», г. Москва, Россия

⁵НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва, Россия

Цель. Исследовать эффективность фотодинамической терапии (ФДТ) при терапии онихомикоза.

Материалы и методы. Был осуществлен поиск научных публикаций в базах данных PubMed, Scopus и Web of Science за период с 2015 по 2025 год с использованием ключевых слов «фотодинамическая терапия при онихомикозе». В обзор включались статьи, в которых рассматривалось применение ФДТ у пациентов с онихомикозом, с обязательным описанием клинических характеристик заболевания и оценки ответа на лечение. В общей сложности проанализировано 85 релевантных исследований.

Результаты. Онихомикоз представляет собой грибковое заболевание ногтей, лечение которого часто осложняется недостаточным пониманием механизмов его развития, а также множеством факторов, влияющих на рост грибка, и индивидуальными особенностями пациентов. Эти обстоятельства снижают эффективность традиционных терапевтических методов и приводят к широкой распространенности болезни, что подчеркивает необходимость более эффективных и безопасных подходов к лечению. Одной из перспективных методик выступает ФДТ. В рассмотренных исследованиях чаще всего в качестве источника света использовались диодные лазеры с длиной волны 450–700 нм, а в качестве фотосенсибилизаторов – метиленовый синий, аминолевулиновая кислота и метил-5-аминолевулинат. Проведенная ФДТ способствовала значительному снижению тяжести онихомикоза (уменьшение на 30–90 %) и обеспечила полное микологическое излечение в 100 % случаев при сочетании с использованием фракционного CO₂-лазерного излучения. Клиническое выздоровление отмечено у 20–80 % пациентов с заметным улучшением внешнего вида ногтей. Гистологические и микробиологические исследования показали сокращение количества грибковой флоры. Сами пациенты оценили результаты терапии положительно.

Выводы. ФДТ демонстрирует значительный потенциал в лечении онихомикоза, показывая высокую клиническую и микологическую эффективность. Вместе с тем вариативность используемых протоколов и неоднородность результатов указывают на необходимость проведения дальнейших стандартизированных клинических исследований для определения оптимальных параметров терапии.

ФРАКЦИОНИРОВАННОЕ СВЕТОВОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ КАК СТРАТЕГИЯ ОПТИМИЗАЦИИ ФОТОДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ

Молочков В.А.¹, Сухова Т.Е.¹, Романко Ю.С.^{2,3}, Решетов И.В.^{2,3,4,5}

¹ГБУЗ МО «МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского», г. Москва, Россия

²ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России, г. Москва, Россия

³Академия постдипломного образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА России, г. Москва, Россия

⁴ЧОУВО «МУ им. С.Ю. Витте», г. Москва, Россия

⁵НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва, Россия

Цель. Рассмотреть применение фракционированного светового воздействия в качестве стратегии оптимизации эффективности фотодинамической терапии (ФДТ).

Материалы и методы. За период с 2023 по 2025 год в базах данных Scopus и PubMed осуществлялся поиск релевантных публикаций с использованием ключевых слов «фракционирование света при фотодинамической терапии». В результате было отобрано и проанализировано 38 источников.

Результаты. Применение фракционного светового воздействия представляет собой существенный прогресс в улучшении результатов ФДТ, особенно при лечении рака кожи. Этот подход, заключающийся в разделении светового воздействия на два или более сеансов с перерывами между ними, повышает эффективность ФДТ благодаря ряду биологических механизмов. К ним относятся: улучшение насыщения тканей кислородом, повышение чувствительности клеток к свету без их полного уничтожения (сублетальная сенсibilизация), увеличение выработки активных форм кислорода и более эффективное повреждение кровеносных сосудов опухоли. Экспериментальные и клинические испытания демонстрируют, что фракционированное световое воздействие приводит к более высокой частоте полного излечения, увеличению периода без рецидивов заболевания и в некоторых случаях к лучшим косметическим результатам и снижению болевых ощущений по сравнению с традиционным однократным облучением. Высокая степень совпадения этих результатов при лечении поверхностных поражений подчеркивает важность понимания лежащих в основе механизмов. Процессы, такие как восстановление уровня кислорода в тканях, повторное накопление фотосенсибилизатора (РРiX) и усиление повреждения сосудов, логично объясняют улучшение клинических исходов. Тем не менее то, как эти механизмы меняются в зависимости от типа поражения и клеточного окружения, остается недостаточно изученным. В частности, еще предстоит выяснить роль иммуномодуляции, пере-

стройки сосудистой сети и динамики окислительного стресса. Изучение этих аспектов может привести к выявлению прогностических биомаркеров и разработке комбинированных методов лечения, что в конечном итоге позволит создать более эффективные протоколы фракционной ФДТ.

Выводы. Фракционированное световое воздействие зарекомендовало себя как научно обоснованная и клинически подтвержденная стратегия для повышения эффективности ФДТ.

ФОТОДИНАМИЧЕСКАЯ ТЕРАПИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДНЕВНОГО СВЕТА

Молочкова Ю.В.¹, Сухова Т.Е.¹, Климова М.Д.¹, Романко Ю.С.^{2,3}, Решетов И.В.^{2,3,4,5}

¹ГБУЗ МО «МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского», г. Москва, Россия

²ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России, г. Москва, Россия

³Академия постдипломного образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА России, г. Москва, Россия

⁴ЧОУВО «МУ им. С.Ю. Витте», г. Москва, Россия

⁵НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва, Россия

Цель. Систематизировать современные данные, касающиеся самостоятельного применения фотодинамической терапии (ФДТ) с использованием дневного света и оценки ее эффективности в терапии широкого спектра дерматологических патологий.

Материалы и методы. Для достижения поставленной цели был осуществлен всесторонний поиск релевантных научных публикаций в ведущих библиографических базах данных – PubMed и Scopus. Поиск охватывал период с 2023 по 2025 год и проводился с использованием стандартизированного запроса по ключевым словам «фотодинамическая терапия с использованием дневного света». Было идентифицировано и проанализировано 65 статей, соответствующих критериям включения.

Результаты. ФДТ представляет собой метод, включающий локальную аппликацию фотосенсибилизатора (ФС) с последующей его активацией видимым светом. Данный процесс инициирует образование протопорфирина IX и генерацию активных форм кислорода. Самостоятельная ФДТ с использованием дневного света (СД-ФДТ), где источником энергии выступает естественный солнечный свет, повышает гибкость терапевтического протокола за счет отсутствия необходимости в специализированном оборудовании. СД-ФДТ демонстрирует высокую эффективность в дерматологической практике для лечения широкого спектра кожных заболеваний, включая неопластические процессы и инфекционные агенты. Традиционно этапы подготовки кожного покрова

и нанесения ФС выполняются квалифицированным медицинским персоналом, что создает барьер для широкой доступности СД-ФДТ. Но последние научные данные свидетельствуют о возможности самостоятельного выполнения указанных манипуляций пациентами или их опекунами, что открывает перспективы для проведения СД-ФДТ в домашних условиях. При этом, несмотря на появление портативных устройств, предназначенных для домашнего использования в рамках ФДТ, их интеграция в повседневную практику остается ограниченной.

Выводы. СД-ФДТ демонстрирует значительный потенциал в терапии широкого спектра дерматологических патологий. Ее преимущества, такие как удобство использования, доказанная эффективность и благоприятный профиль переносимости, позиционируют СД-ФДТ как предпочтительный выбор для гериатрических и ослабленных пациентов.

ТАРГЕТНАЯ ФОТОДИНАМИЧЕСКАЯ ТЕРАПИЯ РАКА МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ

Решетов И.В.^{1,2,3,4}, Романко Ю.С.^{1,2}

¹ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России, г. Москва, Россия

²Академия постдипломного образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА России, г. Москва, Россия

³ЧОУВО «МУ им. С.Ю. Витте», г. Москва, Россия

⁴НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва, Россия

Цель. Изучить имеющиеся данные о потенциале фотодинамической терапии (ФДТ) как нового метода лечения рака молочной железы (РМЖ).

Материалы и методы. Был осуществлен поиск научной литературы в PubMed. Использовались ключевые слова: «фотодинамическая терапия», «рак молочной железы». За период 2025–2026 гг. было обнаружено 330 публикаций, релевантных указанным терминам.

Результаты. Несмотря на значительный прогресс в онкологии и появление новых терапевтических стратегий, РМЖ сохраняет свою актуальность как серьезная клиническая проблема. Основным недостатком стандартных методов лечения, таких как химио- и лучевая терапия, является их неспецифическое цитотоксическое действие, приводящее к повреждению как опухолевых, так и нормальных клеток. Это вызывает системные побочные эффекты и требует от организма пациента значительных адаптационных ресурсов. В связи с этим мировые научные группы сосредоточены на разработке методов таргетной доставки терапевтических агентов, обеспечивающих избирательное воздействие на неопластические клетки при минимизации повреждения здоровых тканей. ФДТ представляет собой одно из таких перспективных направлений. Исследования *ex vivo* демонстрируют высокую воспроизводимость

терапевтического эффекта, подтверждаемую в моделях *in vivo*. Механизм действия ФДТ основан на генерации активных форм кислорода под воздействием света, что индуцирует гибель раковых клеток путем повреждения клеточных мембран и субклеточных структур. Этот процесс также позволяет глубоко изучать основные механизмы клеточной гибели. Исследование таких процессов, как апоптоз, некроз, аутофагия и паратоз, инициируемых повреждением ключевых органелл (митохондрий, лизосом, эндоплазматического ретикулаума), способствует выявлению новых перспективных мишеней для разработки противораковых методов лечения. Эффективность данного терапевтического подхода напрямую зависит от способности контролировать равновесие между различными путями клеточной смерти. Хотя для окончательного подтверждения клинической эффективности ФДТ при РМЖ необходимы масштабные рандомизированные исследования, имеющиеся данные свидетельствуют о ее высоком терапевтическом потенциале.

Выводы. ФДТ позиционируется как эффективный, минимально инвазивный и безопасный метод лечения, характеризующийся благоприятным профилем нежелательных явлений, что в ближайшем будущем сможет стать значимой альтернативой существующим методам лечения РМЖ.

ФОТОДИНАМИЧЕСКАЯ ТЕРАПИЯ И СТРАТЕГИИ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА МИКРООКРУЖЕНИЕ ОПУХОЛИ

Романко Ю.С.^{1,2}, Решетов И.В.^{1,2,3,4}

¹ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России, г. Москва, Россия

²Академия постдипломного образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА России, г. Москва, Россия

³ЧОУВО «МУ им. С.Ю. Витте», г. Москва, Россия

⁴НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва, Россия

Цель. Исследование разработки фотодинамической терапии (ФДТ) в сочетании с новым видом терапии, который учитывает особенности микроокружения опухоли (МОО), для повышения эффективности лечения.

Материалы и методы. Был осуществлен поиск научной литературы в PubMed, Scopus и Web of Science за период с 2023 по 2025 год с использованием ключевых слов «фотодинамическая терапия и стратегия воздействия на микроокружение опухоли». Было обнаружено 26 публикаций, релевантных указанным терминам.

Результаты. Несмотря на интенсивные исследования, проводимые по всему миру, и множество доступных методов лечения рака, это заболевание по-прежнему представляет собой серьезную проблему, поэтому крайне важно находить новые

терапевтические подходы. ФДТ представляет собой новый неинвазивный метод лечения рака, основанный на выработке активных форм кислорода (АФК), которые обладают цитотоксическим действием в отношении раковых клеток. АФК образуются в результате взаимодействия фотосенсибилизатора (ФС), источника света и кислорода. Несмотря на то что ФДТ предполагает использование неионизирующего излучения и обладает большим терапевтическим потенциалом, она пока не получила широкого распространения в клинической практике. В настоящее время появляются всё новые разработки в области применения ФДТ в сочетании с химиотерапией, иммунотерапией и радиотерапией. Особое внимание уделяется сочетанию ФДТ с новым видом терапии, который также учитывает особенности микроокружения опухоли, для повышения эффективности лечения. Терапия, направленная на МОО, включает в себя такие стратегии, как модуляция гипоксии, нормализация состояния сосудов и перепрограммирование иммунных клеток. В сочетании с ФДТ эти методы лечения могут улучшить терапевтические результаты и снизить побочные эффекты. Системы доставки на основе наночастиц продемонстрировали потенциал в повышении селективности и эффективности ФДТ.

Выводы. Полученные результаты многочисленных исследований свидетельствуют об огромном потенциале ФДТ в лечении различных видов рака, что подчеркивает необходимость дальнейшего изучения комбинированных методов лечения для достижения максимального клинического эффекта.

ФОТОДИНАМИЧЕСКАЯ ТЕРАПИЯ ГЛИОБЛАСТОМЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАНОЧАСТИЦ TiO_2 И ZnO В КАЧЕСТВЕ ФОТОСЕНСИБИЛИЗАТОРОВ

Романко Ю.С.^{1,2}, Решетов И.В.^{1,2,3,4}

¹ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России, г. Москва, Россия

²Академия постдипломного образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА России, г. Москва, Россия

³ЧОУВО «МУ им. С.Ю. Витте», г. Москва, Россия

⁴НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва, Россия

Цель. Изучить данные о потенциале фотодинамической терапии (ФДТ) при лечении глиобластомы (ГБ) с использованием наночастиц в качестве фотосенсибилизаторов (ФС).

Материалы и методы. Было проанализировано 5 релевантных публикаций, найденных в базах данных PubMed и Scopus за период с 2023 по 2025 г. по ключевым словам «фотодинамическая терапия глиобластомы с использованием наночастиц в качестве фотосенсибилизаторов».

Результаты. Несмотря на агрессивные современные методы лечения ГБ, после резекции на краях операционной раны могут оставаться остаточные опухолевые клетки. Эти клетки могут быстро размножаться, приводя к рецидиву опухоли в более агрессивных и устойчивых к лекарствам формах. С развитием ФДТ она стала одним из методов лечения этой опухоли головного мозга. Основа ФДТ ГБ заключается в избирательном накоплении ФС в опухоли с последующей его активацией электромагнитным излучением для выработки активных форм кислорода, которые вызывают гибель опухолевых клеток. Учитывая, что ФС первого и второго поколения имеют существенные недостатки, в том числе низкую селективность в отношении опухолей, неоптимальное биораспределение, ограниченное поглощение в терапевтическом диапазоне и медленный системный клиренс, ученые сосредоточились на разработке ФС третьего поколения на основе нанотехнологий для оптимизации их терапевтических свойств. В настоящее время большое внимание привлекает разработка новых ФС, в частности наночастиц диоксида титана (TiO_2) и оксида цинка (ZnO). Эти наноматериалы могут выступать в качестве носителей, инкапсулируя или конъюгируя обычные ФС, или сами по себе быть ФС благодаря своей биосовместимости и внутренней фотореактивности. Кроме того, их можно модифицировать лигандами-мишенями для адресной доставки к опухоли, что повышает терапевтическую избирательность и снижает токсичность для здоровых тканей.

Выводы. ФС на основе нанотехнологий представляют собой универсальную и многообещающую терапевтическую парадигму, которая требует дальнейшего изучения в рамках фундаментальных исследований. Это поможет в разработке и потенциальном внедрении в клиническую практику более точного и эффективного метода ФДТ ГБ.

ФОТОДИНАМИЧЕСКАЯ ТЕРАПИЯ И АНТИОКСИДАНТЫ: ИННОВАЦИОННЫЙ ТЕРАПЕВТИЧЕСКИЙ ПОДХОД

Попучиев В.В.¹, Корнев С.В.², Романко Ю.С.^{3,4}, Решетов И.В.^{3,4,5,6}

¹МРНЦ им. А.Ф. Цыба – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, г. Обнинск, Калужская область, Россия

²ФГАОУ ВО «БФУ им. И. Канта», г. Калининград, Россия

³ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России, г. Москва, Россия

⁴Академия постдипломного образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА России, г. Москва, Россия

⁵ЧОУВО «МУ им. С.Ю. Витте», г. Москва, Россия

⁶НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва, Россия

Цель. Изучение стратегии сочетания фотодинамической терапии (ФДТ) с приемом пищевых антиоксидантов как потенциального пути повышения стабильности генома и эффективности механизмов репарации ДНК.

Материалы и методы. Было проанализировано 12 научных статей, опубликованных в базах данных PubMed и Web of Science за период с 2021 по 2025 год, найденных по ключевым словам «использование фотодинамической терапии и пищевых антиоксидантов».

Результаты. Одновременное применение ФДТ и перорального приема пищевых антиоксидантов может служить перспективным методом для укрепления геномной стабильности и повышения эффективности процессов репарации ДНК. ФДТ, будучи индуктором окислительного стресса, потенциально способна вызывать значительные повреждения ДНК. Однако, как представляется, сопутствующий прием пищевых антиоксидантов нивелирует эти нежелательные эффекты, усиливая эндогенную антиоксидантную защиту организма. Пищевые антиоксиданты способны повышать резистентность клеток к окислительному повреждению и способствовать восстановлению после ФДТ, активируя разнообразные механизмы репарации ДНК, включая репарацию однонитевых и двухцепочечных разрывов, репарацию митохондриальной ДНК, гомологичную рекомбинацию и непрямо соединяя концы. Для полного выяснения биохимических путей, посредством которых пищевые антиоксиданты обеспечивают целостность ДНК в условиях ФДТ, необходимы дальнейшие научные изыскания. Изучение синергетического взаимодействия между антиоксидантами и фотосенсибилизаторами, используемыми в ФДТ, позволит определить оптимальные комбинации для достижения максимальной терапевтической результативности при минимизации риска окислительного повреждения здоровых тканей.

Выводы. Дальнейшие исследования в данной области будут способствовать разработке инновационных терапевтических подходов, направленных на повышение эффективности лечения рака.

ФОТОДИНАМИЧЕСКАЯ ТЕРАПИЯ В ЛЕЧЕНИИ МИКОЗОВ: ДОКАЗАННАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Молочков В.А.¹, Сухова Т.Е.¹, Романко Ю.С.^{2,3},
Решетов И.В.^{2,3,4,5}

¹ГБУЗ МО «МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского», г. Москва, Россия

²ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России, г. Москва, Россия

³Академия постдипломного образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА России, г. Москва, Россия

⁴ЧОУВО «МУ им. С.Ю. Витте», г. Москва, Россия

⁵НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва, Россия

Цель. Оценка противогрибкового потенциала фотодинамической терапии (ФДТ).

Материалы и методы. В период с 2023 по 2025 год был проведен поиск научной литературы в базах данных Scopus и PubMed. Для идентификации релевантных исследований использовались поисковые запросы, включающие термины «фотодинамическая терапия» и «грибковые инфекции». Отобрано и подвергнуто анализу 142 публикации.

Результаты. Результаты исследований *in vitro* и *in vivo* убедительно демонстрируют противогрибковую активность ФДТ при лечении кожных, слизистых и поверхностных микозов. Фотосенсибилизаторы, такие как метиленовый синий и 5-аминолевулиновая кислота, показали широкий спектр фунгицидной активности в отношении дерматофитов, *Candida spp.* и других патогенных грибов. Важным аспектом является доказанная эффективность ФДТ как против чувствительных, так и против резистентных штаммов, что указывает на ее потенциал в терапии инфекций, вызванных изолятами с множественной лекарственной устойчивостью, и в снижении риска развития резистентности. В ряде работ сообщается об успешном применении ФДТ для лечения грибковых инфекций, рефрактерных к стандартной противогрибковой терапии, с достижением благоприятных клинических результатов, включая полную ремиссию, отсутствие побочных эффектов, низкую частоту рецидивов и высокую общую безопасность. Преимущества ФДТ включают неинвазивность, минимальную или отсутствующую токсичность и низкий риск развития резистентности. Дополнительными достоинствами являются возможность комбинирования с другими терапевтическими подходами, экономическая целесообразность (обусловленная доступностью оборудования, простотой применения и скоростью получения эффекта), что делает ФДТ конкурентоспособной и доступной альтернативой, особенно в сравнении с традиционными противогрибковыми препаратами, которые часто требуют длительного и непрерывного применения.

Выводы. ФДТ демонстрирует потенциал в качестве действенного подхода к терапии дерматомикозов, микозов слизистых оболочек и поверхностных грибковых поражений. Кроме того, ФДТ может предложить решение для преодоления возрастающей проблемы устойчивости к стандартным противогрибковым средствам.

МИТОХОНДРИАЛЬНО-ТАРГЕТНЫЕ КОМПЛЕКСЫ ВАНАДИЯ ДЛЯ ФОТОДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ

Романко Ю.С.^{1,2}, Решетов И.В.^{1,2,3,4}

¹ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России, г. Москва, Россия

²Академия постдипломного образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА России, г. Москва, Россия

³ЧОУВО «МУ им. С.Ю. Витте», г. Москва, Россия

⁴НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва, Россия

Цель. Исследование разработок митохондриально-таргетных комплексов ванадия для фотодинамической терапии (ФДТ).

Материалы и методы. Осуществлен поиск публикаций в PubMed, Scopus и Web of Science за период с 2015 по 2025 год с использованием ключевых слов «комплексы ванадия для фотодинамической терапии». Обнаружено 7 статей, релевантных указанным терминам.

Результаты. Терапевтическая эффективность препаратов на основе металлов может быть значительно повышена за счет присущих им свойств, включая оптимальный заряд, термодинамическую и гидролитическую стабильность, а также биодоступность при пероральном приеме и двойную функциональность. Эти характеристики являются критически важными для эффективного внутриклеточного поглощения, поскольку лекарственные средства или пролекарства должны преодолевать клеточные мембраны для достижения специфических органелл, таких как митохондрии, что необходимо для максимизации терапевтического ответа. Транспорт ионов биологически значимых металлов, таких как медь, цинк и железо, осуществляется посредством специализированных активных транспортеров, в то время как проникновение других ионов в клетки происходит путем пассивной диффузии. Ванадий привлек внимание исследователей благодаря своей выдающейся координационной способности, гипополипидемическому действию и многообещающей противораковой активности. Среди металлосодержащих фотосенсибилизаторов (ФС) комплексы ванадия демонстрируют высокую эффективность благодаря своим уникальным окислительно-восстановительным свойствам и установленной биологической активности. В настоящее время наблюдается растущий интерес к разработке митохондриально-таргетных комплексов ванадия в контексте ФДТ. Митохондрии представляют собой идеальные субклеточные компартменты для генерации активных форм кислорода (АФК), которые инициируют апоптоз, одновременно минимизируя повреждение здоровых клеток.

Выводы. Стратегии, направленные на улучшение митохондриальной локализации комплексов ванадия, повышение эффективности ФДТ и обеспечение цитотоксического воздействия на раковые клетки, имеют первостепенное значение. Но необходимы и дальнейшие исследования для решения проблем фотостабильности и селективности действия, для определения перспективных направлений развития разработок ванадиевых ФС.

АНТИБАКТЕРИАЛЬНАЯ ФОТОДИНАМИЧЕСКАЯ ТЕРАПИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАНОЧАСТИЦ

Попучиев В.В.¹, Корнев С.В.², Романко Ю.С.^{3,4}, Решетов И.В.^{3,4,5,6}

¹МРНЦ им. А.Ф. Цыба – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, г. Обнинск, Калужская область, Россия

²ФГАОУ ВО «БФУ им. И. Канта», г. Калининград, Россия

³ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России, г. Москва, Россия

⁴Академия постдипломного образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА России, г. Москва, Россия

⁵ЧОУВО «МУ им. С.Ю. Витте», г. Москва, Россия

⁶НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва, Россия

Цель. Изучение разработок в области антибактериальной фотодинамической терапии (аФДТ) с использованием наночастиц.

Материалы и методы. Проанализировано 324 научные статьи, опубликованные в базах данных PubMed и Web of Science за период с 2023 по 2025 год, найденные с использованием ключевых слов «антибактериальная ФДТ с использованием наночастиц».

Результаты. Исследования в области аФДТ с использованием наноматериалов стремительно развиваются и обладают большим потенциалом для решения растущей проблемы бактериальных инфекций, особенно тех, которые устойчивы к традиционным антибиотикам. Интеграция нанотехнологий дает существенные преимущества по сравнению с традиционной ФДТ с использованием свободных молекул фотосенсибилизатора (ФС). Универсальность наноструктурированных материалов, в том числе углеродных точек, наночастиц мезопористого диоксида кремния, липосом и наночастиц с повышающей конверсией, имеет решающее значение для преодоления присущих свободным ФС ограничений, таких как плохая растворимость, низкая стабильность и отсутствие адресного воздействия. Системы на основе наночастиц продемонстрировали удивительную способность увеличивать концентрацию ФС, ускорять образование активных форм кислорода и обеспечивать целенаправленное уничтожение бактерий. Сочетание аФДТ с другими терапевтическими методами, такими как фототермальная терапия, химиодинамическая терапия и иммунотерапия, еще больше повышает терапевтический потенциал, обеспечивая синергетический эффект и улучшая результаты лечения. В частности, эти разработки направлены не только на уничтожение бактерий, но и на ускорение заживления ран, уменьшение воспаления и стимуляцию иммунного ответа, что позволяет проводить комплексное лечение ряда заболеваний.

Выводы. Продолжающаяся разработка методов аФДТ с использованием наноматериалов открывает

путь к новой эре противомикробной терапии, даст надежду на решение глобальной проблемы устойчивости к антибиотикам и улучшение результатов лечения пациентов.

ФОТОДИНАМИЧЕСКАЯ ТЕРАПИЯ ПРОТИВ РАКОВЫХ СТВОЛОВЫХ КЛЕТОК

Романко Ю.С.^{1,2}, Решетов И.В.^{1,2,3,4}

¹ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России, г. Москва, Россия

²Академия постдипломного образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА России, г. Москва, Россия

³ЧОУВО «МУ им. С.Ю. Витте», г. Москва, Россия

⁴НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва, Россия

Цель. Изучение влияния фотодинамической терапии (ФДТ) на онкогенез, инициированный раковыми стволовыми клетками.

Материалы и методы. Был проведен поиск литературы в базах данных PubMed, Scopus и Web of Science за период с 2023 по 2025 год. В качестве поисковых запросов использовался термин «фотодинамическая терапия раковых стволовых клеток». В результате было идентифицировано 32 публикации, соответствующие заданным критериям.

Результаты. ФДТ представляет собой перспективную стратегию борьбы с раковыми стволовыми клетками, которые играют ключевую роль в формировании опухоли, метастазировании и устойчивости к терапии. ФДТ нацелена на раковые стволовые клетки и их микроокружение, оказывая прямое летальное воздействие за счет выработки активных форм кислорода, а также потенциально изменяя экосистему опухоли, снижая вероятность рецидива. Сочетание усовершенствованных фотосенсибилизаторов и уникальных систем доставки может повысить селективность и эффективность ФДТ, сделав ее высокорезультативным методом лечения злокачественных опухолей с внутренними механизмами резистентности. Будущие исследования в этой области должны быть направлены на совершенствование процедур ФДТ для достижения максимального терапевтического эффекта. Исследования должны быть нацелены на разработку индивидуальных схем лечения, учитывающих разнообразие популяций раковых стволовых клеток. Кроме того, сочетание ФДТ с иммунотерапевтическими методами может повысить эффективность лечения за счет активации иммунных реакций и воздействия на раковые стволовые клетки. Чтобы понять, как ФДТ влияет на биологию рака, необходимо изучить соответствующие молекулярные механизмы. Совместные исследования, посвященные изучению взаимодействия ФДТ, стволовых клеток и микроокружения опухоли, могут помочь выявить новые биомаркеры терапевтического ответа и резистентности.

Выводы. Дальнейшие инновации в области ФДТ, а также их внедрение в комплексные планы лечения рака могут значительно улучшить результаты лечения пациентов и создать совершенно новую модель терапии рака.

ФТАЛОЦИАНИНОВЫЕ НАНОПЛАТФОРМЫ: ПЕРСПЕКТИВЫ ФОТОДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ РАКА

Романко Ю.С.^{1,2}, Решетов И.В.^{1,2,3,4}

¹ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России, г. Москва, Россия

²Академия постдипломного образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА России, г. Москва, Россия

³ЧОУВО «МУ им. С.Ю. Витте», г. Москва, Россия

⁴НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва, Россия

Цель. Изучение эффективности фотодинамической терапии (ФДТ) с использованием конъюгатов фталоцианинов с наночастицами.

Материалы и методы. Выполнен поиск литературы, опубликованной с 2023 по 2025 год, в базах данных PubMed, Scopus и Web of Science. Поисковые запросы включали фразы, связанные с «фотодинамической терапией с использованием конъюгатов фталоцианинов с наночастицами». В ходе поиска было найдено 17 релевантных статей.

Результаты. Последние достижения в доставке фталоцианиновых фотосенсибилизаторов (Pc) с помощью наночастиц значительно повысили эффективность ФДТ рака. Различные наноносители (золото, серебро, диоксид кремния, липиды, полимеры) повышают растворимость, точность доставки к опухоли, внутриклеточное накопление и стабильность Pc. Эти платформы используют как пассивные (например, EPR-эффект), так и активные (лиганды, pH-зависимое высвобождение) стратегии для максимального накопления Pc в опухолях при минимальном вреде здоровым тканям. Присоединение целевых лигандов (пептидов, антител) улучшает поглощение клетками и выработку активных форм кислорода. Многие исследования показывают, что Pc-наноконъюгаты обладают двойным или мультимодальным терапевтическим потенциалом, сочетая ФДТ с другими методами (фототермотерапия, химиотерапия и т. д.), что приводит к значительному противоопухолевому эффекту *in vitro* и *in vivo*. Использование ближнего инфракрасного излучения позволяет глубже проникать в ткани и проводить визуализацию. Некоторые системы на основе фталоцианина также демонстрируют и системный противоопухолевый эффект, подавляя рост сосудов и влияя на эндотелий.

Выводы. Фталоцианин-содержащие наноплатформы позиционируются как универсальный и быстро прогрессирующий класс фармацевтических

средств, демонстрирующий широкий спектр терапевтических возможностей при ФДТ онкологических заболеваний различной этиологии. Перспективные направления исследований, включающие оптимизацию таргетной доставки к опухолевым тканям, разработку систем с контролируемым высвобождением активных компонентов и синергическую интеграцию с мультимодальными терапевтическими стратегиями, являются критически важными для их последующего клинического применения.

ТАРГЕТНАЯ ФОТОДИНАМИЧЕСКАЯ ТЕРАПИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТАЛЛСОДЕРЖАЩИХ ФОТОСЕНСИБИЛИЗАТОРОВ, КОНЪЮГИРОВАННЫХ С НИЗКОМОЛЕКУЛЯРНЫМИ ИНГИБИТОРАМИ ФЕРМЕНТОВ

Романко Ю.С.^{1,2}, Решетов И.В.^{1,2,3,4}

¹ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России, г. Москва, Россия

²Академия постдипломного образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА России, г. Москва, Россия

³ЧОУВО «МУ им. С.Ю. Витте», г. Москва, Россия

⁴НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва, Россия

Цель. Изучение эффективности таргетной фотодинамической терапии (тФДТ) с использованием металлсодержащих фотосенсибилизаторов (ФС), конъюгированных с низкомолекулярными ингибиторами ферментов.

Материалы и методы. Для выявления актуальных исследований по заданной теме был осуществлен поиск в ведущих наукометрических базах данных: PubMed, Scopus и Web of Science. Временной диапазон поиска был ограничен публикациями, вышедшими в период с 2023 по 2025 год. В качестве поисковых запросов применялись комбинации терминов, относящихся к «фотодинамической терапии с использованием металлсодержащих фотосенсибилизаторов, конъюгированных с низкомолекулярными ингибиторами ферментов». По итогам поиска было отобрано 60 статей, соответствующих критериям релевантности.

Результаты. Клинически подтвержденная ФДТ представляет собой неинвазивный метод лечения онкологических заболеваний, характеризующийся пространственно-временным контролем цитотоксичности. Однако эффективность современных ФС часто ограничивается их недостаточной специфичностью к опухолевым клеткам. Решением этой проблемы является таргетная тФДТ, которая обеспечивает избирательное накопление ФС в опухолевой ткани. Среди перспективных стратегий выделяется тФДТ с использованием металлсодержащих ФС, конъю-

гированных с низкомолекулярными ингибиторами ферментов. Такая бифункциональная конструкция позволяет не только индуцировать гибель опухолевых клеток, но и ингибировать ключевые протуморогенные сигнальные пути. В качестве ферментативных мишеней для таких конъюгатов исследуются карбоангидраза, катепсин В, циклооксигеназа, рецептор эпидермального фактора роста и белок теплового шока 90. Металлсодержащие ФС ковалентно связываются с низкомолекулярными ингибиторами ферментов посредством химического линкера, формируя бифункциональные агенты, способные к направленному накоплению в опухоли и модуляции ее сигнальных путей.

Выводы. тФДТ представляет собой конвергентный подход, объединяющий принципы таргетной онкологии, фотомедицины и прецизионной терапии. Несмотря на отсутствие клинического подтверждения на текущий момент, дальнейшая оптимизация тФДТ открывает значительные перспективы для ее успешного внедрения в клиническую практику и создания модульной платформы для разработки нового поколения противораковых препаратов.

НАНОЧАСТИЦЫ: КЛЮЧ К ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФОТОДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ РАКА С ФЕОФОРБИДОМ А

Романко Ю.С.^{1,2}, Решетов И.В.^{1,2,3,4}

¹ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России, г. Москва, Россия

²Академия постдипломного образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА России, г. Москва, Россия

³ЧОУВО «МУ им. С.Ю. Витте», г. Москва, Россия

⁴НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва, Россия

Цель. Изучить феофорбид а как фотосенсибилизатор (ФС), его фармакокинетику и фармакодинамику, а также оценить его потенциал в нанотехнологиях для лечения рака.

Материалы и методы. Для выявления актуальных исследований был проведен поиск в PubMed, Scopus и Web of Science, охватывающий публикации с 2023 по 2025 год. Использовались поисковые запросы, связанные с улучшением фотодинамической терапии (ФДТ) рака с применением феофорбида а с помощью наночастиц. Было отобрано 7 релевантных статей.

Результаты. Феофорбид а, тетрапиррольное соединение, вызывает значительный интерес как эффективное средство против различных злокачественных новообразований. Его действие включает индукцию апоптоза, стимуляцию противоопухолевого иммунного ответа и активацию механизмов клеточной гибели. Применение феофорбида а в составе наночастиц значительно повышает эффективность ФДТ рака, улучшая его растворимость в воде,

обеспечивая целенаправленную доставку и повышая стабильность. Дальнейшие исследования механизмов клеточной гибели и оптимизация ФДТ с использованием феофорбида а в моделях *in vitro*, *in vivo* и *in silico* имеют решающее значение для ускорения перехода от доклинических к клиническим испытаниям и для минимизации потенциальных недостатков. В настоящее время феофорбид а активно исследуется как перспективный ФС для терапии широкого спектра онкологических заболеваний, включая рак молочной железы, предстательной железы, легких, плоскоклеточную карциному полости рта, рак желудка, остеосаркому и рак шейки матки.

Выводы. Феофорбид а является многообещающим тетрапиррольным соединением с большим потенциалом для эффективной борьбы с широким спектром злокачественных новообразований. Его противоопухолевое действие основано на индукции апоптоза, стимуляции иммунного ответа и активации других механизмов клеточной гибели. Применение феофорбида а в составе наноносителей значительно повышает его эффективность в ФДТ за счет улучшения растворимости, целенаправленной доставки и стабильности. Дальнейшие исследования и оптимизация его применения в ФДТ необходимы для ускорения перехода от доклинических к клиническим испытаниям и для реализации его полного терапевтического потенциала.

ФОТОДИНАМИЧЕСКАЯ ТЕРАПИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИПЕРИЦИНА ПРИ РАКЕ ГОЛОВЫ И ШЕИ

Решетов И.В.^{1,2,3,4}, Романко Ю.С.^{1,2}

¹ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России, г. Москва, Россия

²Академия постдипломного образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА России, г. Москва, Россия

³ЧОУВО «МУ им. С.Ю. Витте», г. Москва, Россия

⁴НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва, Россия

Цель. Оценить эффективность и механизмы фотодинамической терапии (ФДТ) с использованием гиперицина при лечении рака головы и шеи.

Материалы и методы. Было проанализировано 13 релевантных публикаций, найденных в базах данных PubMed, Scopus, Web of Science и Google Scholar за период с 2020 по 2025 г. с использованием ключевых слов «фотодинамическая терапия при раке головы и шеи, опосредованная гиперицином».

Результаты. Исследования как *in vitro*, так и *in vivo* свидетельствуют о значительном потенциале ФДТ с использованием гиперицина как о перспективном методе лечения рака головы и шеи. Доклинические и ограниченные клинические данные свидетельствуют о том, что ФДТ с использованием гиперицина оказывает мощное цитотоксическое воздействие

на злокачественные клетки, которое обусловлено образованием активных форм кислорода и приводит как к апоптотической, так и к некротической гибели клеток. Гиперицин избирательно поглощается раковыми клетками и оказывает на них более токсическое воздействие, чем на нормальные кератиноциты, что говорит о благоприятном терапевтическом индексе. Помимо прямой цитотоксичности, ФДТ с использованием гиперицина может воздействовать на микроокружение опухоли, влияя на цитокиновый профиль и медиаторы воспаления, тем самым потенциально усиливая противоопухолевый иммунный ответ и снижая вероятность рецидива. Кроме того, комбинированные стратегии, например совместное применение с ингибиторами циклооксигеназы-2, могут улучшить результаты лечения за счет снижения уровня проангиогенных факторов, таких как фактор роста эндотелия сосудов, что потенциально препятствует повторному росту опухоли.

Выводы. ФДТ с использованием гиперицина представляет собой многообещающий и малотоксичный метод лечения рака головы и шеи, демонстрирующий эффективность в избирательном уничтожении опухолевых клеток и модуляции иммунного микроокружения. Но, несмотря на обнадеживающие доклинические данные, значительная методологическая вариативность и ограниченность клинических данных требуют проведения дальнейших крупномасштабных, стандартизированных и рандомизированных контролируемых исследований.

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ЛИПОСОМЫ ДЛЯ УЛУЧШЕННОЙ ФОТОДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ

Романко Ю.С.^{1,2}, Решетов И.В.^{1,2,3,4}

¹ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России, г. Москва, Россия

²Академия постдипломного образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА России, г. Москва, Россия

³ЧОУВО «МУ им. С.Ю. Витте», г. Москва, Россия

⁴НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва, Россия

Цель. Изучить эффективность многофункциональных липосом для улучшенной фотодинамической терапии (ФДТ).

Материалы и методы. Для выявления актуальных исследований был проведен поиск в PubMed, Scopus и Web of Science, охватывающий публикации с 2015 по 2025 год. Использовались поисковые запросы, связанные с изучением «многофункциональных липосом – наноматериалов для ФДТ». Было отобрано 13 релевантных статей.

Результаты. Современные липосомальные платформы выходят за рамки простого переноса лекарств.

Они активно развиваются как инструменты для точной доставки фотосенсибилизаторов и медикаментов, борьбы с опухолевой гипоксией, интеграции с иммунотерапией для стимуляции противоопухолевого иммунитета, а также как тераностические системы, сочетающие диагностику и лечение. Эти достижения делают ФДТ с липосомами перспективным направлением прецизионной онкологии. Однако, несмотря на прогресс, широкое клиническое применение нанотехнологий сталкивается с препятствиями. Сложности возникают при крупномасштабном производстве многокомпонентных липосом и обеспечении их долгосрочной стабильности. Для успешного внедрения необходимы глубокие исследования биобезопасности и фармакокинетики, учитывающие иммунную гетерогенность и риски хронической токсичности. Кроме того, существующая нормативная база не позволяет адекватно оценивать комплексные нанопрепараты, что замедляет их одобрение. В будущем требуется упрощение структуры липосом при сохранении их многофункциональности, разработка стандартизированных производственных протоколов и надежных доклинических моделей. Важным аспектом станет преодоление ограничений в таргетинге, включая иммуногенность лигандов и гетерогенность рецепторов. Перспективным направлением является динамический таргетинг на опухоль с учетом индивидуальных особенностей пациента, например, через системы обратной связи, объединяющие терапию и визуализацию в реальном времени. Персонализация на основе биомаркеров и ИИ-анализ изображений позволят адаптировать протоколы лечения к гетерогенности опухоли.

Выводы. Системное решение этих проблем позволит липосомальным системам ФДТ перейти от лабораторных разработок к клиническому применению, став ключевым элементом персонализированной онкологии, объединяющим терапевтическую эффективность, иммуномодуляцию и диагностическую точность.

ФОТОДИНАМИЧЕСКАЯ ТЕРАПИЯ И ПОВЕРХНОСТНО-УСИЛЕННАЯ РАМАНОВСКАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ: ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНАЯ ТЕРАНОСТИКА РАКА

Романко Ю.С.^{1,2}, Решетов И.В.^{1,2,3,4}

¹ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России, г. Москва, Россия

²Академия постдипломного образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА России, г. Москва, Россия

³ЧОУВО «МУ им. С.Ю. Витте», г. Москва, Россия

⁴НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва, Россия

Цель. Изучить эффективность фотодинамической терапии (ФДТ) под контролем поверхностно-усиленной рамановской спектроскопии (SERS).

Материалы и методы. Для определения наиболее значимых научных работ был осуществлен поиск в базах данных PubMed, Scopus и Web of Science. Исследование охватывало период с 2015 по 2025 год и фокусировалось на публикациях, посвященных комбинации фотодинамической терапии и поверхностно-усиленной рамановской спектроскопии. В результате было идентифицировано 18 релевантных источников.

Результаты. Рак по-прежнему является одной из главных причин смертности населения, несмотря на прогресс в традиционных методах лечения, таких как химиотерапия и лучевая терапия. Эти методы часто страдают от недостаточной точности, специфичности воздействия, развития лекарственной устойчивости и серьезных побочных эффектов, что приводит к неполному уничтожению опухоли и к повреждению здоровых тканей. В ответ на потребность в более точных и эффективных подходах активно развиваются новые терапевтические стратегии, в частности тераностика рака. Одним из перспективных направлений является ФДТ в сочетании с SERS. SERS обеспечивает сверхчувствительную визуализацию биомаркеров рака в реальном времени, позволяя точно определять местоположение и характеристики опухоли. Это значительно повышает эффективность тераностических зондов, помогая в обнаружении опухолевых клеток, мониторинге доставки лекарств и отслеживании внутриклеточных изменений, что в конечном итоге способствует разработке более точных и современных методов лечения рака.

Выводы. Применение SERS несомненно повышает тераностический потенциал. Хотя SERS не оказывает прямого терапевтического эффекта на опухоль, она обеспечивает существенные преимущества в области визуализации и обнаружения опухолевых клеток посредством мониторинга и отображения внутриклеточных изменений. Кроме того, SERS способствует эффективному контролю за доставкой лекарственных средств и процессом фотообесцвечивания флуоресцентных красителей при проведении ФДТ. Полученная информация является фундаментальной для разработки прецизионных и передовых тераностических зондов для онкологических заболеваний.

АНТИМИКРОБНАЯ ФОТОДИНАМИЧЕСКАЯ ТЕРАПИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФОТОДИТАЗИНА КАК АЛЬТЕРНАТИВНАЯ СТРАТЕГИЯ В БОРЬБЕ С АНТИМИКРОБНОЙ РЕЗИСТЕНТНОСТЬЮ И БИОПЛЕНОЧНЫМИ ИНФЕКЦИЯМИ

Малова Т.И.¹, Романко Ю.С.^{2,3}, Решетов И.В.^{2,3,4,5}

¹ООО «БЕТА-ГРАНД», г. Москва, Россия

²ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России, г. Москва, Россия

³Академия постдипломного образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА России, г. Москва, Россия

⁴ЧОУВО «МУ им. С.Ю. Витте», г. Москва, Россия

⁵НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва, Россия

Цель. Оценить результативность антимикробной фотодинамической терапии с применением фотосенсибилизатора фотодитазина (ФЗ-аФДТ).

Материалы и методы. Проведен поиск в базах данных PubMed, Scopus и Web of Science. По запросу «антимикробная фотодинамическая терапия с использованием фотодитазина» было идентифицировано и изучено 31 релевантное исследование, опубликованное в период с 2015 по 2025 год.

Результаты. Устойчивость к противомикробным препаратам является критической глобальной проблемой общественного здравоохранения, усугубляемой персистирующими биопленочными инфекциями, которые часто резистентны к стандартным терапевтическим подходам. В данном контексте ФЗ-аФДТ представляет собой многообещающую альтернативную стратегию, демонстрирующую широкий спектр противомикробной активности в отношении полирезистентных бактериальных и грибковых патогенов, включая те, что существуют в биопленочных структурах. Доклинические и клинические данные подтверждают эффективность и безопасность применения ФЗ-аФДТ. Было установлено, что ФЗ-аФДТ последовательно снижает микробную нагрузку в различных моделях, включая оральный кандидоз, протезный стоматит, акне и инфекции, ассоциированные с медицинскими устройствами. Синергетические комбинации с традиционными противомикробными агентами и адъювантными методами лечения способствовали дальнейшему повышению терапевтической эффективности.

Выводы. В дальнейшем для более широкого внедрения фотодитазина и в целом ФЗ-аФДТ в клиническую практику борьбы с антибиотикорезистентностью необходимо проведение всесторонних многоцентровых клинических исследований, которые должны характеризоваться стандартизированными протоколами и продолжительным периодом наблюдения.

ПОЛИМЕРНЫЕ МИЦЕЛЛЫ В ФОТОДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫХ НОВООБРАЗОВАНИЙ

Попучиев В.В.¹, Корнев С.В.², Романко Ю.С.^{3,4},
Решетов И.В.^{3,4,5,6}

¹МРНЦ им. А.Ф. Цыба – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, г. Обнинск, Калужская область, Россия

²ФГАОУ ВО «БФУ им. И. Канта», г. Калининград, Россия

³ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России, г. Москва, Россия

⁴Академия постдипломного образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА России, г. Москва, Россия

⁵ЧОУВО «МУ им. С.Ю. Витте», г. Москва, Россия

⁶НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва, Россия

Цель. Изучение эффективности применения полимерных мицелл в фотодинамической терапии (ФДТ) злокачественных новообразований.

Материалы и методы. Проанализировано 37 научных статей, опубликованных в базах данных PubMed и Scopus за период с 2015 по 2025 год, найденных с использованием ключевых слов «полимерные мицеллы в фотодинамической терапии».

Результаты. Мицеллярные носители стали универсальной и легко настраиваемой платформой для повышения эффективности и точности ФДТ. Благодаря использованию широкого спектра материалов, в том числе амфифильных полимеров, пептидов и чувствительных к внешним воздействиям блок-сополимеров, мицеллы обеспечивают улучшенную растворимость, стабильность и адресную доставку гидрофобных фотосенсибилизаторов (ФС) в опухоль. Также правильный выбор материала-носителя и способа нанесения ФС может способствовать межсистемному переходу, тем самым повышая квантовый выход синглетного кислорода. Кроме того, такие стратегии проектирования могут влиять на тип фотохимических реакций, потенциально повышая эффективность ФДТ даже в условиях гипоксии. Использование механизмов, реагирующих на раздражители, позволяет контролировать активацию терапевтических агентов в микроокружении опухоли, тем самым сводя к минимуму нецелевые эффекты и системную токсичность. Эти достижения позволяют решить ряд давних проблем классической ФДТ, в том числе низкую избирательность воздействия на ткани, ограниченную глубину проникновения и неспецифическое распределение ФС. Однако, несмотря на эти преимущества, полный терапевтический потенциал мицеллярных систем по-прежнему ограничен возможностями однофотонного возбуждения, особенно при лечении глубоко расположенных опухолей.

Выводы. Будущие разработки, сочетающие мицеллярные носители с такими стратегиями, как двухфотонное возбуждение, системы, активируемые в ближнем инфракрасном диапазоне, и мультимодальная терапия под контролем визуализации, открывают большие перспективы для развития ФДТ в направлении более эффективных, безопасных и клинически применимых методов лечения злокачественных новообразований.

**ПРЕОДОЛЕВАЯ ОГРАНИЧЕНИЯ:
«ЗЕЛЕННЫЕ» НАНОЧАСТИЦЫ
СЕРЕБРА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ
ЭФФЕКТИВНОСТИ
ФОТОДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ
РАКА ЛЕГКИХ**

Романко Ю.С.^{1,2}, Решетов И.В.^{1,2,3,4}

¹ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России, г. Москва, Россия

²Академия постдипломного образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА России, г. Москва, Россия

³ЧОУВО «МУ им. С.Ю. Витте», г. Москва, Россия

⁴НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва, Россия

Цель. Изучить эффективность фотодинамической терапии (ФДТ) рака легких с помощью «зеленых» наночастиц серебра.

Материалы и методы. Выполнен поиск литературы, опубликованной с 2023 по 2025 год, в базах данных PubMed и Scopus. Поискные запросы включали фразы, связанные с «фотодинамической терапией рака легких с помощью зеленых наночастиц серебра». В ходе поиска было найдено 9 релевантных статей.

Результаты. Рак легких, являясь ведущей причиной смертности от онкологических заболеваний во всем мире, диктует необходимость в разработке инновационных терапевтических подходов, способных преодолеть ограничения существующих методов, таких как хирургическое вмешательство, химио- и лучевая терапия. ФДТ зарекомендовала себя как перспективный неинвазивный метод лечения рака легких, основанный на использовании фотосенсибилизаторов (ФС), которые при облучении светом генерируют активные формы кислорода (АФК), индуцируя гибель раковых клеток. Однако эффективность ФДТ часто снижается из-за ряда факторов, включая неэффективную доставку ФС, низкую селективность в отношении опухолевых клеток и недостаточную продукцию АФК. В ответ на эти вызовы достижения в области нанотехнологий привели к появлению экологически чистых методов «зеленого» синтеза с использованием растительных экстрактов для получения наночастиц серебра (AgNPs). Эти AgNPs характеризуются повышенной биосовместимостью и сниженной темновой токсичностью, что делает их идеальными кандидатами для использования в качестве эффективных носителей для ФС. Конъюгация ФС с «зелеными» AgNPs способствует повышению стабильности препарата, улучшению его способности к целенаправленной доставке и общей терапевтической эффективности. Более того, присущие AgNPs плазмонные свойства усиливают поглощение света, тем самым потенцируя выработку АФК при активации ФС. Но, несмотря на все эти достижения, остается ряд нерешенных проблем, таких как долгосроч-

ные вопросы биобезопасности и масштабируемость «зеленого» синтеза.

Выводы. Конъюгаты ФС с «зелеными» AgNPs обладают огромным потенциалом для значительного повышения эффективности ФДТ.

**ПРИМЕНЕНИЕ НАНОМЕТАЛЛОВ
В ФОТОДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ**

Попучиев В.В.¹, Романко Ю.С.^{2,3}, Корнев С.В.⁴, Решетов И.В.^{2,3,5,6}

¹МРНЦ им. А.Ф. Цыба – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, г. Обнинск, Калужская область, Россия

²ФГАОУ ВО «БФУ им. И. Канта», г. Калининград, Россия

³ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России, г. Москва, Россия

⁴Академия постдипломного образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА России, г. Москва, Россия

⁵ЧОУВО «МУ им. С.Ю. Витте», г. Москва, Россия

⁶НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва, Россия

Цель. Изучить применение нанометаллов в фотодинамической терапии (ФДТ).

Материалы и методы. Проанализировано 216 статей, опубликованных в базах данных PubMed за период с 2015 по 2025 год, найденных по ключевым словам «использование нанометаллов в фотодинамической терапии».

Результаты. За последние несколько лет ФДТ на основе порфиринов привлекла большое внимание благодаря своему потенциалу в лечении. Однако традиционные фотосенсибилизаторы (ФС) на основе порфиринов сталкиваются с рядом проблем: гидрофобной агрегацией, гипоксией в опухолях и ограниченным проникновением света из-за его поглощения на более коротких волнах. Для решения этих проблем разработаны различные стратегии, такие как проектирование и синтез нового класса фотонных наночастиц – порфисом на основе порфиринов, координационных комплексов порфиринов и металлоорганических каркасных структур, интегрированных с порфиринами. Чтобы преодолеть ограничение, связанное с проникновением света, ученые сосредоточились на разработке фотосенсоров, которые можно активировать с помощью ближнего инфракрасного излучения, используя двухфотонное поглощение или наночастицы с обратным преобразованием для косвенной активации обычных фотосенсоров. Эти подходы увеличивают глубину проникновения света, что позволяет эффективно лечить глубоко расположенные опухоли. Для лечения опухолей с гипоксией используются такие методы, как прямая подача кислорода, применение катализаторов для получения кислорода из перекиси водорода или митохондриальных ингибиторов дыхания для снижения

потребления кислорода. Эти методы помогают повысить эффективность ФДТ. Несмотря на то что на начальном этапе могут применяться комплексные дополнительные стратегии в сочетании с ФС, более рациональным решением является стратегическая модификация молекулярной структуры ФС.

Выводы. Мы можем эффективно решать проблемы, связанные с проникновением возбуждающего излучения и гипоксическими средами, тем самым значительно повышая эффективность ФДТ. Превращение порфиринов в хлорины или бактериохлорины значительно повышает эффективность ФДТ.

СИНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СТРАТЕГИИ В КОМБИНИРОВАННОЙ ФОТОДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫХ ОПУХОЛЕЙ

Романко Ю.С.^{1,2}, Решетов И.В.^{1,2,3,4}

¹ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России, г. Москва, Россия

²Академия постдипломного образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА России, г. Москва, Россия

³ЧОУВО «МУ им. С.Ю. Витте», г. Москва, Россия

⁴НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва, Россия

Цель. Изучить результаты экспериментальных и клинических исследований синергетических стратегий в рамках комбинированной фотодинамической терапии (ФДТ) онкологических заболеваний.

Материалы и методы. Поиск актуальных публикаций (2023–2025 гг.) проведен в PubMed, Scopus и Web of Science с использованием запросов по комбинированной ФДТ онкологических заболеваний. Отобрана 161 релевантная статья.

Результаты. В условиях, когда традиционные методы лечения рака, несмотря на свою эффективность, сталкиваются с проблемами токсичности, побочных эффектов и ограниченной результативности в монорежиме, ФДТ выделяется как многообещающая альтернатива. Неинвазивный характер и способность избирательно воздействовать на опухоль, минимизируя вред для здоровых тканей, делают ФДТ привлекательным направлением. Ключевые механизмы действия ФДТ включают прямое уничтожение раковых клеток, нарушение кровоснабжения опухоли и активацию иммунной системы организма. Современные исследования активно изучают потенциал ФДТ в комбинированных стратегиях, что позволяет значительно повысить эффективность лечения. Так, интеграция ФДТ с химиотерапией не только снижает дозировку токсичных препаратов, но и помогает преодолеть лекарственную устойчивость опухолей, улучшая выживаемость и качество жизни пациентов. В сочетании с лучевой терапией ФДТ повышает чувствительность опухолей к облучению, что позво-

ляет уменьшить дозу радиации и снизить лучевую нагрузку, значительно улучшая переносимость лечения. Перспективным является комбинирование ФДТ с противоопухолевой иммунотерапией, поскольку это позволяет эффективно подавлять рост первичных опухолей, бороться с их лекарственной устойчивостью, а также предотвращать отдаленные метастазы и рецидивы за счет мощной активации иммунного ответа. Этот иммунный ответ, индуцированный ФДТ, может быть связан с дозой терапии, интенсивностью воспаления, высвобождением опухолевых антигенов и стимуляцией иммунных клеток. ФДТ в сочетании с таргетной терапией открывает новые возможности для улучшения доставки фотосенсибилизатора непосредственно к опухоли, повышая специфичность и терапевтический индекс через механизмы пассивного и активного таргетинга.

Выводы. ФДТ в комбинации с другими методами лечения представляет собой мощный инструмент для преодоления текущих ограничений в онкологии и повышения эффективности лечения онкологических заболеваний.

ФОТОСИНТЕЗИРУЮЩИЕ БАКТЕРИИ ДЛЯ ПРОТИВООПУХОЛЕВОЙ ФОТОДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ

Попучиев В.В.¹, Романко Ю.С.^{2,3}, Корнев С.В.⁴, Решетов И.В.^{2,3,5,6}

¹МРНЦ им. А.Ф. Цыба – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, г. Обнинск, Калужская область, Россия

²ФГАОУ ВО «БФУ им. И. Канта», г. Калининград, Россия

³ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России, г. Москва, Россия

⁴Академия постдипломного образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА России, г. Москва, Россия

⁵ЧОУВО «МУ им. С.Ю. Витте», г. Москва, Россия

⁶НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва, Россия

Цель. Изучить эффективность использования фотосинтезирующих бактерий для противоопухолевой фотодинамической терапии (ФДТ).

Материалы и методы. Было проанализировано 10 статей, опубликованных в базах данных PubMed за период с 2015 по 2025 год, найденных с использованием ключевых слов «фотосинтезирующие бактерии для фотодинамической терапии».

Результаты. ФДТ – это многообещающий неинвазивный метод лечения злокачественных опухолей, основанный на выработке активных форм кислорода (АФК) и требующий достаточного снабжения тканей-мишеней кислородом. Однако солидные опухоли часто страдают от гипоксии, что значительно снижает результативность ФДТ. В последнее время активно разрабатываются методы, использующие наноматериалы для доставки кислорода в опухоль.

териалы для насыщения опухолей кислородом или применяющие подходы, не требующие кислорода, чтобы обойти ограничения ФДТ, связанные с гипоксией. Один из таких подходов заключается в использовании цианобактерий. Эти бактерии способны производить кислород в процессе фотосинтеза под действием света. Ученые используют эту способность для борьбы с гипоксией в опухолях, создавая на основе цианобактерий носители для фотосенсибилизаторов (ФС), вместо традиционных неорганических наноматериалов. Благодаря этому фотосинтезирующие бактерии (ФСБ) привлекают всё больше внимания. Последние исследования показали, что ФСБ, активируемые светом, могут обладать дополнительными полезными свойствами, такими как выработка фотосинтетического водорода, генерация АФК и фототермическая конверсия. Эти свойства делают ФСБ перспективными биоматериалами, чувствительными к свету, которые могут повысить эффективность ФДТ в борьбе с опухолями.

Выводы. Изучение ФСБ открывает новые направления для будущих исследований. Более глубокое понимание того, как ФСБ могут быть использованы в противоопухолевой ФДТ, позволит расширить наши знания в этой области и оценить потенциал ФСБ для повышения эффективности лечения рака.

ФОТОДИНАМИЧЕСКАЯ ТЕРАПИЯ ТУБЕРКУЛЁЗА: ПЕРСПЕКТИВЫ РАСТИТЕЛЬНЫХ ФОТОСЕНСИБИЛИЗАТОРОВ

Попучиев В.В.¹, Корнев С.В.², Романко Ю.С.^{3,4},
Решетов И.В.^{3,4,5,6}

¹МРНЦ им. А.Ф. Цыба – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, г. Обнинск, Калужская область, Россия

²ФГАОУ ВО «БФУ им. И. Канта», г. Калининград, Россия

³ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России, г. Москва, Россия

⁴Академия постдипломного образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА России, г. Москва, Россия

⁵ЧОУВО «МУ им. С.Ю. Витте», г. Москва, Россия

⁶НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва, Россия

Цель. Оценить потенциал применения фотосенсибилизаторов (ФС) растительного происхождения в антимикробной фотодинамической терапии (аФДТ) туберкулёза.

Материалы и методы. Был проведен анализ 20 научных публикаций, доступных в базе данных PubMed, за период с 2021 по 2025 год. Поиск осуществлялся по запросу: «фотодинамическая терапия микобактерий туберкулёза».

Результаты. Несмотря на прогресс в диагностике и терапии туберкулёза, уровень смертности от

этого заболевания остается высоким. Это усугубляется ростом устойчивости возбудителя к антибиотикам, что снижает эффективность традиционных препаратов и делает их малоэффективными против бактериальной инфекции. В результате иммунная система ослабевает, антибиотикотерапия становится неэффективной и болезнь может рецидивировать. В свете этих проблем аФДТ может предложить перспективную альтернативу антибиотикотерапии, особенно при лечении форм туберкулёза, устойчивых к лекарствам. ФДТ уже успешно применяется для лечения ряда онкологических и неонкологических заболеваний. Ранее исследования демонстрировали эффективность аФДТ в уничтожении различных видов микобактерий *in vitro* и *in vivo*. Это дает основания полагать, что аФДТ может быть эффективна и против *Mycobacterium tuberculosis*. Основным ограничением традиционной аФДТ является использование синтетических ФС, которые могут оказывать негативное воздействие на здоровые ткани и вызывать побочные эффекты. Однако последние исследования показывают, что ФС растительного происхождения демонстрируют сопоставимую эффективность с синтетическими аналогами. Таким образом, применение растительных ФС может решить проблему токсичности и снизить частоту побочных эффектов, делая терапию более безопасной для здоровых тканей. В настоящее время рассматриваются такие потенциальные растительные ФС, как куркумин, кверцетин, ресвератрол, эмодин (из алоэ), флоретин и другие, многие из которых уже успешно применяются в ФДТ других заболеваний, в частности рака.

Выводы. Эти соединения обладают значительным потенциалом в качестве ФС и могут быть использованы в клинических разработках аФДТ туберкулёза.

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ СВЕТОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ФОТОДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ

Кацалап С.Н.¹, Малова Т.И.², Романко Ю.С.^{3,4},
Решетов И.В.^{3,4,5,6}

¹АО «Центравиамед», г. Москва, Россия

²ООО «ВЕТА-ГРАНД», г. Москва, Россия

³ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России, г. Москва, Россия

⁴Академия постдипломного образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА России, г. Москва, Россия

⁵ЧОУВО «МУ им. С.Ю. Витте», г. Москва, Россия

⁶НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва, Россия

Цель. Анализ корреляции между характеристиками светового облучения и эффективностью фотодинамической терапии (ФДТ).

Материалы и методы. Поискový запрос «влияние параметров светового воздействия на эффектив-

ность фотодинамической терапии» позволил выявить 8 соответствующих публикаций, датированных 2015–2025 годами, и подвергнуть их анализу.

Результаты. Свет является важнейшим компонентом ФДТ, клиническая эффективность которой во многом зависит от точности его доставки в целевую ткань и дозы, которая определяется световым потоком, скоростью светового потока, временем воздействия и режимом доставки света (однократным или фракционированным). В клинической практике, независимо от глубины облучения, время светового воздействия ограничено. При поверхностном облучении это обусловлено преимущественно комфортом для пациента, тогда как при глубоком – значительными трудностями, связанными с длительным удержанием оптического диффузора в организме больного. Следствием этого ограничения является частое применение высоких плотностей потока энергии, несмотря на эмпирические данные, свидетельствующие о снижении эффективности ФДТ при таких значениях. Данная потеря эффективности преимущественно объясняется тканевой гипоксией, приводящей к фотообесцвечиванию введенных фотосенсибилизаторов. Эта проблема усугубляется в гипоксических областях опухоли, где уровень кислорода изначально понижен. Кроме того, установлено, что плотность потока излучения модулирует механизм клеточной гибели при ФДТ, который может включать прямое повреждение клеток (апоптоз и/или некроз), повреждение сосудов и индукцию иммунного ответа. Доказано, что применение низкой плотности потока излучения способствует усилению селективного апоптоза в опухолевых клетках, что является более предпочтительным исходом по сравнению с воспалительной реакцией и отеком, которые обычно возникают при неконтролируемом разрушении клеточного содержимого в результате некроза.

Выводы. Оптимизация режимов доставки света является ключевой задачей для повышения клинической эффективности ФДТ.

БУДУЩЕЕ ФОТОДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ В ЛЕЧЕНИИ КОЛОРЕКТАЛЬНОГО РАКА

Романко Ю.С.^{1,2}, Решетов И.В.^{1,2,3,4}

¹ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России, г. Москва, Россия

²Академия постдипломного образования ФГБУ «ФНКЦ ФМБА», г. Москва, Россия

³ЧОУВО «МУ им. С.Ю. Витте», г. Москва, Россия

⁴НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва, Россия

Цель. Изучить результаты экспериментальных и клинических исследований по преодолению резистентности колоректального рака и раковых стволовых

клеток с помощью фотодинамической терапии (ФДТ) с применением современных фотосенсибилизаторов (ФС) и наночастиц (НЧ).

Материалы и методы. Поиск актуальных научных публикаций (2021–2025 гг.) проведен в PubMed, Scopus и Web of Science с использованием поисковых запросов, связанных с фотодинамической терапией колоректального рака и раковых стволовых клеток. Отобрано 15 релевантных статей.

Результаты. Колоректальный рак остается серьезной глобальной проблемой, требующей новых подходов к лечению, особенно для борьбы с устойчивостью опухолей к терапии. ФДТ предлагает перспективное решение, позволяя избирательно уничтожать раковые клетки, минимизируя вред здоровым тканям. Улучшение эффективности ФДТ, особенно в отношении раковых стволовых клеток, играющих роль в развитии рецидивов и устойчивости к лечению, может быть достигнуто за счет использования современных ФС и НЧ. Доклинические исследования показали, что ФДТ способна вызывать апоптоз и подавлять рост опухолей на различных моделях, что подчеркивает ее потенциал в качестве терапевтической стратегии. Но хотя доклинические исследования и обнадеживают, для полного раскрытия клинического потенциала ФДТ необходимо дальнейшее изучение этой проблемы. Важно провести клинические испытания для оценки безопасности и эффективности ФДТ у разных групп пациентов с колоректальным раком, учитывая стадию заболевания и его молекулярные особенности. Дальнейшее изучение систем доставки ФС и комбинированных методов лечения, а также выявление биомаркеров для прогнозирования ответа на терапию, особенно в отношении стволовых клеток рака, позволят персонализировать лечение. Исследование молекулярных механизмов действия ФДТ на стволовые клетки рака и микроокружение опухоли поможет разработать более эффективные и индивидуальные стратегии лечения, что приведет к улучшению результатов и повышению выживаемости пациентов.

Выводы. Фотодинамическая терапия представляет собой высокоэффективную технологию по преодолению резистентности колоректального рака и раковых стволовых клеток.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НАНОЧАСТИЦ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ГИПОКСИЧЕСКОГО МИКРООКРУЖЕНИЯ ПРИ ФОТОДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ РАКА ШЕЙКИ МАТКИ

Шпилёва О.В.¹, Романко Ю.С.^{1,2}, Решетов И.В.^{1,2,3,4}

¹ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России, г. Москва, Россия

²Академия постдипломного образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА России, г. Москва, Россия

³ЧОУВО «МУ им. С.Ю. Витте», г. Москва, Россия

⁴НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва, Россия

Цель. Изучение разработок по использованию наночастиц для моделирования гипоксического микроокружения при проведении фотодинамической терапии (ФДТ) рака шейки матки.

Материалы и методы. Проанализировано 5 научных статей, опубликованных в базах данных PubMed и Scopus за период с 2017 по 2026 год, найденных по ключевым словам «наночастицы и наноконпозиты, используемые в ФДТ рака шейки матки».

Результаты. ФДТ является перспективным, щадящим методом лечения рака, включая рак шейки матки, благодаря своей избирательности и низкой токсичности. Однако ее эффективность часто снижается из-за гипоксии в опухолях. За последние годы наномедицина предложила инновационные решения для борьбы с гипоксией, такие как каталитическое производство кислорода, его хранение и контролируемое высвобождение, а также подавление потребления кислорода опухолевыми клетками. Доклинические исследования подтвердили, что эти подходы увеличивают уровень кислорода в опухоли и значительно повышают эффективность ФДТ. Некоторые из этих нанотехнологий имеют дополнительные преимущества: например, наноматериалы на основе MnO_2 не только борются с гипоксией, но и усиливают фототермический эффект и генерируют гидроксильные радикалы. Гибридные системы Au_2Pt также производят гидроксильные радикалы, а высвобождение оксида азота улучшает доставку наночастиц и образует реактивные радикалы. Интеграция этих решений в многофункциональные платформы позволяет преодолеть устойчивость опухоли и точно воздействовать на пораженные участки, минимизируя вред для здоровых тканей. Хотя результаты доклинических исследований многообещающие, необходимы дальнейшие испытания для подтверждения безопасности и эффективности этих наносистем в клинике. В целом, наноносители, регулирующие уровень кислорода в опухоли, открывают путь к более эффективным и персонализированным стратегиям ФДТ рака.

Выводы. Использование наночастиц может значительно повысить эффективность ФДТ при лечении рака шейки матки, особенно в условиях гипоксии в опухоли.

МОДУЛЯЦИЯ АКТИВНОСТИ ЯДЕРНОГО ФАКТОРА NRF2 КАК СТРАТЕГИЯ ОПТИМИЗАЦИИ ФОТОДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫХ НОВООБРАЗОВАНИЙ

Романко Ю.С.^{1,2}, Решетов И.В.^{1,2,3,4}

¹ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России, г. Москва, Россия

²Академия постдипломного образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА России, г. Москва, Россия

³ЧОУВО «МУ им. С.Ю. Витте», г. Москва, Россия

⁴НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва, Россия

Цель. Анализ влияния сигнального пути NRF2 на клеточную выживаемость в условиях фотодинамической терапии (ФДТ).

Материалы и методы. Для выявления релевантных научных публикаций (период 2013–2025 гг.) был выполнен поиск в базах данных PubMed, Scopus и Web of Science. Использовались поисковые запросы, ориентированные на взаимосвязь сигнального пути NRF2 и выживаемости клеток после ФДТ. В результате поиска было отобрано 8 наиболее соответствующих критериям исследования статей.

Результаты. Резистентность злокачественных опухолей к ФДТ обусловлена тем, что сама терапия может активировать сигнальные пути, поддерживающие жизнь раковых клеток, находящихся в критическом состоянии. Эти пути отвечают за адаптацию клеток к окислительному стрессу и повреждениям. В тех зонах опухоли, где фотосенсибилизация недостаточна или воздействие ФДТ слабое, эти пути выживания становятся особенно активными, что, как предполагается, является причиной рецидивов. Для повышения эффективности ФДТ предлагается воздействовать на эти пути с помощью молекулярных ингибиторов, блокирующих ключевые регуляторы. Это позволит снизить число раковых клеток, находящихся в сублетальном состоянии, и тем самым улучшить терапевтический эффект. Перспективной мишенью для такого воздействия является ядерный фактор NRF2, который активирует клеточный ответ на стресс и помогает клеткам переносить длительный окислительный стресс после ФДТ. Несмотря на наличие ингибиторов NRF2, их комбинация с ФДТ исследована крайне мало. Поэтому будущие исследования должны быть направлены на изучение потенциала ингибирования NRF2 для усиления ФДТ, а также на оценку токсичности и механизмов действия таких комбинаций. Необходимо провести сравнительный анализ с текущими клиническими протоколами, чтобы подтвердить эффективность, избирательность и безопасность нового подхода.

Выводы. Ядерный фактор NRF2 является весьма перспективной мишенью для повышения эффективности фотодинамической терапии злокачественных опухолей.

РАСТУЩАЯ РОЛЬ РАДИОЧАСТОТНОЙ АБЛЯЦИИ И ФОТОДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ В ЛЕЧЕНИИ НЕОПЕРАБЕЛЬНОЙ ХОЛАНГИОКАРЦИНОМЫ

Решетов И.В.^{1,2,3,4}, Романко Ю.С.^{1,2}

¹ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России, г. Москва, Россия

²Академия постдипломного образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА России, г. Москва, Россия

³ЧОУВО «МУ им. С.Ю. Витте», г. Москва, Россия

⁴НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва, Россия

Цель. Оценить потенциал радиочастотной абляции (РЧА) и фотодинамической терапии (ФДТ) как методов лечения неоперабельной холангиокарциномы.

Материалы и методы. В рамках исследования были изучены 33 актуальные публикации, найденные в базах данных PubMed, Scopus, Web of Science и Google Scholar за период с 2015 по 2025 год. Поиск осуществлялся по ключевым словам, связанным с применением РЧА и ФДТ при холангиокарциноме.

Результаты. Холангиокарцинома представляет собой редкую, высокоагрессивную неоплазию гепатобилиарной системы с неблагоприятным прогностическим статусом. Типичным сценарием является поздняя диагностика, исключающая возможность радикальной хирургической резекции. Для купирования злокачественной обструкции желчевыводящих путей и улучшения клинических исходов всё шире применяются современные эндоскопические интервенции. Помимо традиционного стентирования, перспективными стратегиями для повышения проходимости стентов и увеличения выживаемости являются адьювантные методы эндоскопической абляции. В настоящее время при лечении неоперабельной холангиокарциномы наблюдается растущий интерес к проведению РЧА и ФДТ. РЧА реализует локализованное тепловое воздействие для индукции коагуляционного некроза опухолевой ткани. Преимущества данного метода включают простоту выполнения, благоприятный профиль безопасности и экономическую эффективность. Тем не менее эффективность РЧА может быть модулирована размером опухоли, ее локализацией и близостью к критически важным анатомическим структурам. В отличие от этого ФДТ использует фотосенсибилизаторы для селективной индукции цитотоксичности в злокачественных клетках, демонстрируя превосходящие результаты в продлении срока проходимости стентов и общей выживаемости, что подтверждается многочисленными исследованиями и метаанализами. Ключевым преимуществом ФДТ является возможность воздействия на более диффузные и периферические поражения.

Выводы. РЧА и ФДТ позиционируются как ценные адьювантные подходы в комплексном лечении пациентов с неоперабельной холангиокарциномой. Дальнейшее развитие технологий и накопление сравнительных данных позволят оптимизировать отбор пациентов и индивидуализировать интеграцию этих терапевтических модальностей.

НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ФОТОДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ ПРИ ОРТОПЕДИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЯХ: МЕХАНИЗМЫ, ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Попучиев В.В.¹, Корнев С.В.², Романко Ю.С.^{3,4}, Решетов И.В.^{3,4,5,6}

¹МРНЦ им. А.Ф. Цыба – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, г. Обнинск, Калужская область, Россия

²ФГАОУ ВО «БФУ им. И. Канта», г. Калининград, Россия

³ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России, г. Москва, Россия

⁴Академия постдипломного образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА России, г. Москва, Россия

⁵ЧОУВО «МУ им. С.Ю. Витте», г. Москва, Россия

⁶НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва, Россия

Цель. Изучить эффективность применения фотодинамической терапии (ФДТ) при ортопедических заболеваниях.

Материалы и методы. Проанализировано 47 статей, опубликованных в базах данных PubMed и Scopus за период с 2023 по 2025 год, найденных с использованием ключевых слов «фотодинамическая терапия при ортопедических заболеваниях».

Результаты. ФДТ позиционируется как неинвазивный и таргетный метод, демонстрирующий значительный потенциал в лечении широкого спектра ортопедических патологий. Механизм действия ФДТ основан на генерации активных форм кислорода посредством фотоактивации фотосенсибилизатора (ФС) при специфических длинах волн света, что приводит к селективной индукции апоптоза в патологических клеточных популяциях. Клиническая эффективность ФДТ подтверждена в таких областях, как резекция костных опухолей, эрадикация остеомиелитных инфекций, терапия дегенеративных заболеваний костей и стимуляция остеорегенерации. Однако на пути к полноценной клинической реализации ФДТ сталкивается с тремя ключевыми проблемами. К ним относятся: 1) ограниченная пенетрация фотонов ФДТ в сочетании с гипоксическим состоянием опухолевой микросреды; 2) ограничения эффективности ФДТ, обусловленные неоднородным рассеиванием энергии в терапевтических акустических полях и сложностями точной модуляции порогов инерционной кавитации; 3) дефицит стандартизации в системах оценки биобезопасности и дозиметрии лечения. В настоящее время исследовательское сообщество активно фокусируется на изучении молекулярных механизмов и целевых регуляторных путей ФДТ при ортопедических патологиях, а также на критической оценке ее терапевтической эффективности. Разрабатываются трансляционные стратегии, включающие создание новых ФС, комбинированные терапевтические под-

ходы и внедрение интеллектуальных платформенных технологий.

Выводы. Перспективы будущих исследований включают оптимизацию химической структуры ФС, разработку унифицированных и стандартизированных протоколов лечения, а также интеграцию мультимодальных систем с визуализацией для обеспечения комплексного и прецизионного внедрения ФДТ в современную ортопедию.

СВЕТОЧУВСТВИТЕЛЬНЫЕ МИКРОВОДОРОСЛИ В ФОТОТЕРАНОСТИКЕ ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫХ ОПУХОЛЕЙ

Романко Ю.С.^{1,2}, Решетов И.В.^{1,2,3,4}

¹ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России, г. Москва, Россия

²Академия постдипломного образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА России, г. Москва, Россия

³ЧОУВО «МУ им. С.Ю. Витте», г. Москва, Россия

⁴НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва, Россия

Цель. Анализ применения светочувствительных микроводорослей в фототераностике злокачественных опухолей.

Материалы и методы. Для выявления релевантных публикаций (период 2019–2026 гг.) был выполнен поиск в базах данных PubMed, Scopus и Web of Science. Использовались поисковые запросы, ориентированные на использование микроводорослей при фотодинамической терапии (ФДТ) и флуоресцентной диагностике (ФД) злокачественных опухолей. В результате поиска было отобрано 12 наиболее соответствующих критериям исследования статей.

Результаты. Микроводоросли предлагают инновационный и многоаспектный подход к лечению рака, воздействуя на ключевые компоненты опухолевого микроокружения и ассоциированный с опухолью микробиом. Их способность нормализовать кишечную микробиоту, купировать воспалительные процессы и стимулировать иммунный ответ способствует достижению лучших терапевтических результатов. Благодаря фотосинтезу микроводоросли обладают противоопухолевой активностью, антиоксидантными свойствами и способностью модулировать иммунитет. Эти качества делают их перспективными для ФДТ и ФД злокачественных опухолей, так как они могут продуцировать активные формы кислорода. В контексте ФДТ микроводоросли выступают как эффективные фотосенсибилизаторы, используя свои природные пигменты (хлорофилл, каротиноиды) для генерации кислорода под действием света, что приводит к уничтожению раковых клеток. Этот подход не только задействует внутренние ресурсы микроводорослей, но и улучшает эффективность ФДТ, насыщая опухолевое микроокружение кислородом и пре-

одолевая гипоксические условия, способствующие выживанию опухоли. Более того, микроводоросли могут служить эффективными носителями лекарственных средств благодаря своей биосовместимости и структурным особенностям, обеспечивая целенаправленную доставку к опухоли. Создание микроботов на их основе открывает новые возможности для автономного перемещения в организме и таргетной терапии рака.

Выводы. Микроводоросли представляют собой универсальный инструмент для модификации опухолевого микроокружения и реализации новых стратегий повышения эффективности противораковой фототераностики.

АКТИВАЦИЯ МИТОХОНДРИАЛЬНЫХ ПУТЕЙ ГИБЕЛИ КЛЕТОК ФОТОДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИЕЙ

Романко Ю.С.^{1,2}, Решетов И.В.^{1,2,3,4}

¹ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России, г. Москва, Россия

²Академия постдипломного образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА России, г. Москва, Россия

³ЧОУВО «МУ им. С.Ю. Витте», г. Москва, Россия

⁴НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва, Россия

Цель. Анализ достижений в области изучения митохондриальных механизмов, лежащих в основе путей клеточной гибели, вызванных фотодинамической терапией (ФДТ).

Материалы и методы. Поиск релевантных научных публикаций (2016–2026 гг.) в PubMed, Scopus и Web of Science, сфокусированный на митохондриальных механизмах ФДТ-индуцированной клеточной гибели, позволил отобрать 15 наиболее подходящих статей.

Результаты. Новая стратегия лечения рака, нацеленная на митохондрии, использует ФДТ для точного поражения этих жизненно важных клеточных органелл. ФДТ запускает разнообразные механизмы гибели раковых клеток, включая апоптоз, аутофагию, пироптоз, ферроптоз, купроптоз и др., что в совокупности обеспечивает выраженный противоопухолевый эффект. Этот подход показал большой потенциал в борьбе с раком, особенно в случаях лекарственной устойчивости и рецидивов. Однако при этом существуют серьезные препятствия. К ним относятся: недостаточная эффективность и специфичность воздействия, ограниченное проникновение света в ткани, нестабильность фототерапевтических агентов, зависимость от кислорода и отсутствие долгосрочных данных о безопасности. При этом каждый из механизмов гибели клеток, индуцируемых ФДТ, сталкивается с уникальными трудностями. Например, опухолевые клетки могут развивать устойчивость

к апоптозу, а выработка активных форм кислорода в глубоких тканях недостаточна. Неиммуногенный характер апоптоза ограничивает его роль в стимуляции противоопухолевого иммунитета. Аутофагия имеет двойственный эффект, и ее точная регуляция ФДТ остается неясной. Пироптоз, зависящий от инфламмасом, может привести к нежелательным воспалительным реакциям. Эффективность иммунотерапии снижается из-за иммуносупрессивного микроокружения опухоли. Ферроптоз ограничен регуляцией метаболизма железа, а механизмы купроптоза и его синергии с ФДТ требуют дальнейшего изучения.

Выводы. Тем не менее мультимодальные механизмы гибели клеток, запускаемые митохондриальной ФДТ, открывают новые возможности. Благодаря междисциплинарному сотрудничеству и технологическим инновациям существует значительный потенциал для повышения эффективности ФДТ, преодолевая текущие ограничения и открывая путь к более эффективным стратегиям лечения рака.

РАДИОНУКЛИДНО-АКТИВИРОВАННАЯ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФОТОТЕРАНОСТИКИ РАКА

Романко Ю.С.^{1,2}, Решетов И.В.^{1,2,3,4}

¹ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России, г. Москва, Россия

²Академия постдипломного образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА России, г. Москва, Россия

³ЧОУВО «МУ им. С.Ю. Витте», г. Москва, Россия

⁴НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва, Россия

Цель. Изучить последние достижения в применении радионуклидно-активированной люминесценции для повышения эффективности диагностики и лечения рака.

Материалы и методы. Проведен анализ 44 наиболее актуальных научных статей (2023–2025 гг.), найденных в базах данных PubMed, Scopus и Web of Science, посвященных использованию радионуклидно-активированной люминесценции для улучшения фототераностики рака.

Результаты. В диэлектрических средах, таких как биологические ткани, заряженные частицы, испускаемые медицинскими радионуклидами, индуцируют поляризацию окружающих молекул. Последующая релаксация этих молекул в основное состояние приводит к генерации черенковского излучения (ЧИ). ЧИ является ключевым фактором, определяющим уникальный потенциал клинически одобренных радиофармпрепаратов для применения в фототераностике. Однако применение ЧИ *in vivo* сопряжено со значительными ограничениями, обусловленными спектральным составом излучения с преоблада-

нием ультрафиолетовых фотонов и крайне низким потоком фотонов, что особенно проблематично при визуализации живых тканей и проведении фототерапевтических процедур, включая фотодинамическую терапию. Для преодоления этих ограничений были разработаны оптические зонды, в том числе флуоресцентные вещества и наночастичные сцинтилляторы. Эти зонды, активируемые радионуклидами, способны генерировать излучение с красным смещением и повышенной интенсивностью люминесценции по сравнению с традиционной люминесценцией. Данное явление, получившее название «радионуклидно-активируемая люминесценция» (РАЛ), представляет собой перспективную стратегию для повышения эффективности радионуклидной фототерапии опухолей. В настоящее время активно исследуются различные РАЛ-активируемые зонды, их инновационное применение в оптической биовизуализации, а также проблемы и перспективы интеграции радиотераностики и фототераностики в клиническую практику.

Выводы. РАЛ является универсальной платформой, обеспечивающей одновременную оптическую визуализацию и фототерапию опухолей, что открывает широкие возможности для синергии радиотераностики и фототераностики.

ФОТОДИНАМИЧЕСКАЯ ТЕРАПИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАНОТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ЛЕЧЕНИИ БОЛЕЗНИ АЛЬЦГЕЙМЕРА

Решетов И.В.^{1,2,3,4}, Романко Ю.С.^{1,2}

¹ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России, г. Москва, Россия

²Академия постдипломного образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА России, г. Москва, Россия

³ЧОУВО «МУ им. С.Ю. Витте», г. Москва, Россия

⁴НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва, Россия

Цель. Анализ применения фотодинамической терапии (ФДТ) с использованием нанотехнологий при лечении болезни Альцгеймера.

Материалы и методы. Было проанализировано 11 релевантных публикаций, найденных в базах данных PubMed, Scopus, Web of Science и Google Scholar за период с 2018 по 2026 г. с использованием запроса, объединяющего «ФДТ и фотосенсибилизаторы (ФС) с использованием нанотехнологий при болезни Альцгеймера».

Результаты. Болезнь Альцгеймера представляет собой прогрессирующее нейродегенеративное заболевание, характеризующееся снижением умственных способностей. Ее распространенность увеличивается пропорционально росту доли пожилых людей в популяции. Хотя этиология и патогенез болезни Альцгеймера до конца не выяснены, известно, что она сопровождается формированием амилоидных

бляшек и тау-фибрилл, снижением уровня нейромедиатора ацетилхолина и активацией воспалительных процессов в центральной нервной системе. Ввиду отсутствия радикальных методов лечения и ограниченной эффективности существующих фармакологических подходов, существует острая необходимость в разработке альтернативных терапевтических стратегий. В этом контексте наноносители играют ключевую роль, облегчая преодоление гематоэнцефалического барьера и адресную доставку лекарственных веществ в мозг. ФС, активируемые светом определенной длины волны (например, в ближнем ИК-диапазоне), демонстрируют способность к селективному разрушению амилоидных бляшек. ФДТ активно исследуется как потенциальный метод ингибирования образования амилоидных агрегатов. Экспериментальные данные, полученные с использованием флуоресцентных измерений с тиофлавином Т, показали, что мицеллы хлорина еб, нагруженные таншинонами, эффективно препятствуют формированию мономеров и агрегатов белка амилоида бета (Аβ), а также способствуют дезагрегации протофибрилл. Кроме того, эти ФС могут быть интегрированы в тераностические подходы с использованием флуоресцентной визуализации в ближнем ИК-диапазоне для одновременной диагностики и терапии.

Выводы. Необходимо активно продолжать исследования различных вариантов ФДТ болезни Альцгеймера и разработку комплексных стратегий, включающих нанотераностику.

КОМБИНИРОВАННАЯ ФОТОДИНАМИЧЕСКАЯ ТЕРАПИЯ РАКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНГИБИТОРОВ YAP

Романко Ю.С.^{1,2}, Решетов И.В.^{1,2,3,4}

¹ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России, г. Москва, Россия

²Академия постдипломного образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА России, г. Москва, Россия

³ЧОУВО «МУ им. С.Ю. Витте», г. Москва, Россия

⁴НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва, Россия

Цель. Изучить роль фотодинамической терапии (ФДТ) с использованием ингибиторов YAP в лечении рака.

Материалы и методы. Проведен анализ 16 наиболее актуальных научных статей (2016–2026 гг.), найденных в базах данных PubMed, Scopus и Web of Science по ключевым словам «фотодинамическая терапия с использованием ингибиторов YAP в лечении рака».

Результаты. Белок YAP, ключевой коактиватор транскрипции в сигнальном пути Hippo, играет центральную роль в онкогенезе, способствуя неконтролируемому росту опухолей, их устойчивости

к лучевой терапии и подавлению противоопухолевого иммунитета. В связи с этим актуальным направлением исследований является изучение потенциала комбинированной терапии, включающей ингибиторы YAP и современные физические методы воздействия на опухоль, такие как фотодинамическая терапия. Прогресс в нанотехнологиях позволил создать фотосенсибилизаторы с улучшенными характеристиками, повышающими эффективность ФДТ и снижающими побочные эффекты. Однако, несмотря на применение ФДТ для лечения как поверхностных, так и глубоких опухолей, ее эффективность ограничена малой глубиной проникновения света в биологические ткани. Кроме того, иммуносупрессивное и гипоксическое микроокружение опухоли, а также ее низкая иммуногенность снижают способность ФДТ вызывать иммуногенную гибель клеток, необходимую для успешной элиминации опухоли. Для преодоления дефицита кислорода разрабатываются методы ФДТ, направленные на усиление оксигенации. Предполагается, что ингибиторы YAP, подавляя аномальную активацию YAP, смогут преодолеть иммунные барьеры, препятствующие эффективному иммунному ответу при ФДТ. Более того, ингибиторы YAP способны снижать активность репарации ДНК в опухолевых клетках, что усиливает цитотоксический эффект ФДТ, а также изменяет структуру внеклеточного матрикса, улучшая проницаемость опухоли для других терапевтических агентов.

Выводы. Комбинированная ФДТ с использованием ингибиторов YAP открывает новые направления для лечения злокачественных опухолей.

УНИКАЛЬНЫЕ СИНЕРГИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ФОТОДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ И НАНОМЕДИЦИНЫ В ЛЕЧЕНИИ ЛИМФОМЫ

Попучиев В.В.¹, Романко Ю.С.^{2,3}, Решетов И.В.^{2,3,4,5}

¹МРНЦ им. А.Ф. Цыба – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, г. Обнинск, Калужская область, Россия

²ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России, г. Москва, Россия

³Академия постдипломного образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА России, г. Москва, Россия

⁴ЧОУВО «МУ им. С.Ю. Витте», г. Москва, Россия

⁵НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва, Россия

Цель. Изучить возможности фотодинамической терапии (ФДТ) и наномедицины в лечении лимфомы.

Материалы и методы. Было проанализировано 9 статей, опубликованных в базах данных PubMed и Scopus за период с 2021 по 2026 год, найденных с использованием ключевых слов «ФДТ и наномедицина в лечении лимфомы».

Результаты. ФДТ стала перспективным и инновационным методом лечения лимфомы, обладающим уникальными преимуществами по сравнению с традиционными терапевтическими подходами. В отличие от традиционной химиотерапии и радиотерапии, которые оказывают системное токсическое воздействие и приводят к неспецифическому разрушению клеток, ФДТ представляет собой пространственно-временной контролируемый метод, который позволяет избирательно уничтожать клетки лимфомы, не повреждая здоровые ткани. Эта точность еще больше повышается благодаря наномедицине, которая позволяет доставлять фотосенсибилизаторы непосредственно в опухоль за счет эффекта повышенной проницаемости и удерживания (ЭПР-эффект) и таргетинга с помощью лигандов (например, антител к CD19/CD20). Кроме того, ФДТ может изменить иммуносупрессивную микросреду опухоли и вызвать индукцию клеточного иммунитета, чего редко удается добиться с помощью стандартных цитотоксических препаратов. Благодаря этим преимуществам платформы ФДТ и наномедицины обладают уникальными возможностями для повышения эффективности и снижения токсичности при лечении гетерогенных и рефрактерных лимфом. ФДТ позволяет точно воздействовать на злокачественные клетки светом, практически не затрагивая окружающие здоровые ткани. Важно отметить, что помимо прямой цитотоксичности ФДТ может вызывать иммунную клеточную деполяризацию, способствуя высвобождению ассоциированных с опухолью антигенов и молекулярных паттернов, ассоциированных с повреждением. Эти процессы приводят к активации врожденного и адаптивного иммунного ответа и перепрограммированию микроокружения опухоли, создавая основу для синергетического взаимодействия при сочетании с иммунотерапевтическими препаратами, молекулярно-направленными препаратами или стандартной химиотерапией.

Выводы. Комбинированная ФДТ в сочетании с другими терапевтическими стратегиями может помочь преодолеть ключевые ограничения современных методов лечения лимфомы.

НАНОМАТЕРИАЛЫ С РАДИОНУКЛИДАМИ ДЛЯ ИНДУЦИРОВАННОЙ ЧЕРЕНКОВСКИМ ИЗЛУЧЕНИЕМ ФОТОТЕРАПИИ ОПУХОЛЕЙ

Романко Ю.С.^{1,2}, Решетов И.В.^{1,2,3,4}

¹ФАГОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России, г. Москва, Россия

²Академия постдипломного образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА России, г. Москва, Россия

³ЧОУВО «МУ им. С.Ю. Витте», г. Москва, Россия

⁴НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва, Россия

Цель. Исследование разработок новых наноматериалов с радионуклидами для фотодинамической терапии (ФДТ) рака, индуцированной черенковским излучением.

Материалы и методы. Поиск публикаций проводился в PubMed, Scopus и Web of Science (2018–2026 гг.) по запросам, связанным с наноматериалами с радионуклидами для черенковски-индуцированной фотодинамической терапии. Выявлено 16 релевантных статей.

Результаты. Традиционная ФДТ неэффективна при лечении глубоко расположенных опухолей из-за ограниченной способности обычного света проникать в биологические ткани. Для преодоления этого барьера предложено использовать черенковское излучение, генерируемое радионуклидами, в качестве внутреннего источника света для активации фотосенсибилизаторов (ФС). Этот инновационный подход, известный как фототерапия, индуцированная черенковским излучением (ФИЧИ), позволяет проводить ФДТ без внешнего освещения, открывая новые возможности для лечения глубоких опухолей. В качестве примера ФС для ФИЧИ разработан нанокompозит 89Zr-MNP/TCPP. Он состоит из магнитных наночастиц, радионуклида 89Zr (источника энергии для ФИЧИ) и молекул порфирина. Под воздействием внешнего магнитного поля этот нанокompозит целенаправленно доставляется к опухоли, где генерирует активные формы кислорода (АФК), эффективно подавляя ее рост. Кроме того, 89Zr-MNP/TCPP обеспечивает мультимодальный контроль за лечением с помощью флуоресценции, черенковского свечения и черенковского резонансного переноса энергии. Еще один пример – pH-чувствительный самолюминесцентный фотосенсибилизирующий материал 131I-sPS, предназначенный для ФДТ глубоких опухолей печени. Его уникальная конструкция позволяет ему агрегироваться в нейтральной среде, подавляя светочувствительность, и распадаться в кислой среде опухоли. В результате под действием черенковского излучения 131I-sPS непрерывно выделяет АФК, избирательно уничтожая опухолевые клетки. Исследования на мышах и кроликах показали, что даже низкие дозы этого препарата эффективно подавляют рост опухоли с минимальным воздействием на здоровые ткани. Дальнейшее развитие ФИЧИ зависит от поиска радионуклидов, способных генерировать больше черенковского излучения, и разработки ФС, оптимально соответствующих его спектру.

Выводы. Необходимо активно продолжать разработку новых наноматериалов с радионуклидами для ФДТ рака, стимулируемой черенковским излучением.

ФОТОДИНАМИЧЕСКАЯ ТЕРАПИЯ ДЕРМАТОЛОГИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ: СТАНДАРТНЫЕ И НОВЫЕ ПОКАЗАНИЯ

Молочкова Ю.В.¹, Сухова Т.Е.¹, Климова М.Д.¹,
Романко Ю.С.^{2,3}, Решетов И.В.^{2,3,4,5}

¹ГБУЗ МО «МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского», г. Москва, Россия

²ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России, г. Москва, Россия

³Академия постдипломного образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА России, г. Москва, Россия

⁴ЧОУВО «МУ им. С.Ю. Витте», г. Москва, Россия

⁵НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва, Россия

Цель. Изучение имеющихся данных об эффективности фотодинамической терапии (ФДТ) при дерматологических заболеваниях, а также выявление потенциальных направлений для дальнейших исследований и новых показаний.

Материалы и методы. Был проведен поиск научной литературы в базах данных PubMed и Scopus за период с 2016 по 2026 г. с использованием ключевых слов «ФДТ в дерматологии: новые показания». Всего было проанализировано 20 релевантных статей.

Результаты. В последние годы ФДТ приобретает всё большее значение в дерматологии как малоинвазивная терапевтическая технология. ФДТ основана на фотохимических реакциях. Молекулы фотосенсибилизатора возбуждаются под воздействием световой энергии и передают ее молекулярному кислороду. Образующиеся активные формы кислорода в основном и обеспечивают цитотоксичность и эффективность ФДТ. Эта технология признана во всем мире как эффективный метод лечения форм кератиноцитарного рака *in situ* (актинических кератозов, болезни Боуэна, базальноклеточной карциномы). Для этих показаний существуют стандартизированные протоколы лечения с использованием источников света с узким спектром излучения или (искусственного) дневного света. Их применение обеспечивает успешное заживление, низкий риск рецидива и очень хороший косметический результат. ФДТ с использованием дневного света превосходит традиционную ФДТ по степени безболезненности и, как следствие, по степени принятия пациентами. К новым показаниям, по которым препарат еще не одобрен, но эффективность которых, согласно результатам исследований, доказана, относятся воспалительные (склероатрофический лишай, акне) и инфекционные дерматозы (вирусные бородавки, кожный лейшманиоз, атипичный микобактериоз). Кроме того, ФДТ всё чаще применяется в эстетической дерматологии для омоложения кожи.

Выводы. Проведенный анализ подтвердил большой потенциал и эффективность ФДТ при дерматологических заболеваниях, а также обозначил потенциальные направления для дальнейших исследований.

ФОТОДИНАМИЧЕСКАЯ ТЕРАПИЯ ПЛОСКОКЛЕТОЧНОГО РАКА СЛИЗИСТОЙ ОБОЛОЧКИ ПОЛОСТИ РТА: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Решетов И.В.^{1,2,3,4}, Романко Ю.С.^{1,2}

¹ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России, г. Москва, Россия

²Академия постдипломного образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА России, г. Москва, Россия

³ЧОУВО «МУ им. С.Ю. Витте», г. Москва, Россия

⁴НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва, Россия

Цель. Обзор текущего состояния проблемы и перспектив фотодинамической терапии (ФДТ) плоскоклеточного рака (ПКР) слизистой оболочки полости рта.

Материалы и методы. Проведен анализ 14 соответствующих научных работ, опубликованных в период с 2015 по 2025 год. Поиск осуществлялся в базах данных PubMed, Scopus, Web of Science и Google Scholar по запросу «фотодинамическая терапия ПКР слизистой оболочки полости рта».

Результаты. ФДТ представляет собой перспективный, малоинвазивный и безопасный метод лечения ПКР слизистой оболочки полости рта, который может использоваться самостоятельно и в комбинации с другими методами. Клинические исследования подтверждают способность ФДТ эффективно контролировать опухоль на местном уровне и улучшать качество жизни пациентов. Однако для полноценного раскрытия потенциала ФДТ необходимо решить ряд проблем, включая оптимизацию фотосенсибилизации, увеличение глубины проникновения света, преодоление гипоксии опухоли и учет специфики ротовой полости. Текущие исследования в этой области направлены на углубленное понимание механизмов ФДТ и поиск путей повышения ее эффективности. Значительные перспективы открывают разработки в области фотонных препаратов, нанотехнологий, комбинированной терапии и идентификации биомаркеров. Нанотехнологии хотя и улучшают доставку препаратов и снижают их токсичность для здоровых тканей, но требуют дальнейшего изучения механизмов их взаимодействия с опухолью и долгосрочных эффектов. Понимание этих механизмов критически важно для безопасной и точной разработки нанопрепаратов. Кроме того, необходимо провести дополнительные исследования по фармакокинетике и токсикологии наночастиц из-за их потенциального накопления в организме. Использование биомаркеров позволит осуществлять мониторинг ответа на терапию в реальном времени, оптимизировать схемы лечения и внедрять персонализированную медицину. Прогресс в геномике, протеомике, метаболомике, иммуномике и микробиомике расширяет наши

знания о развитии ПКР слизистой оболочки полости рта, способствуя открытию новых биомаркеров.

Выводы. В будущем ФДТ станет более эффективным и широко применяемым методом лечения ПКР слизистой оболочки полости рта, при этом стандартизация протоколов будет играть ключевую роль в обеспечении единообразия и оптимальности лечения.

О ПОТЕНЦИАЛЕ ФОТОДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ ДЕКАЛЬВИРУЮЩЕГО Фолликулита

Молочкова Ю.В.¹, Сухова Т.Е.¹, Климова М.Д.¹, Романко Ю.С.^{2,3}, Решетов И.В.^{2,3,4,5}

¹ГБУЗ МО «МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского», г. Москва, Россия

²ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России, г. Москва, Россия

³Академия постдипломного образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА России, г. Москва, Россия

⁴ЧОУВО «МУ им. С.Ю. Витте», г. Москва, Россия

⁵НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва, Россия

Цель. Изучение имеющихся данных об эффективности фотодинамической терапии (ФДТ) декальвирующего фолликулита (ДФ).

Материалы и методы. Был проведен поиск литературы в PubMed и Scopus за период с 2012 по 2026 г. с использованием ключевых слов «фотодинамическая терапия декальвирующего фолликулита». Всего было проанализировано 14 релевантных статей.

Результаты. ДФ – наиболее распространенная форма первичной алопеции, приводящая к образованию рубцов. Он встречается у 2,8 % людей, обращающихся за помощью по поводу заболеваний волос. Причины возникновения ДФ до конца не выяснены. Предполагается, что в его развитии играют роль различные факторы, включая наследственную предрасположенность, присутствие золотистого стафилококка (*S. aureus*), формирование бактериальных пленок, повреждение кожного барьера, травмы, врожденные особенности волосяных фолликулов и нарушения работы иммунитета. Течение ДФ, как правило, хроническое и склонно к повторным обострениям, что часто требует многократных курсов терапии. Несмотря на наличие различных подходов к лечению декальвирующего фолликулита, единые стандартизированные рекомендации отсутствуют. Более того, первоначальное лечение может оказаться неэффективным при рецидивах, и у пациентов нередко развивается устойчивость к применяемым препаратам. Для пациентов с умеренным или выраженным воспалением при ДФ рекомендуется системная терапия антибиотиками. Пероральный изотретиноин рассматривается как препарат выбора для пациентов с легкой формой активного ДФ. В дополнение к системному

лечению рекомендуется применение местных или внутривенных инъекций кортикостероидов. Отдельного внимания заслуживает ФДТ, эффективность которой при ДФ отмечена в ряде исследований. ФДТ оказывает иммуномодулирующее, противовоспалительное и антибактериальное действие, в том числе благодаря фототоксическому эффекту, подавляющему рост *S. aureus*. Однако, несмотря на многообещающие результаты, отсутствие четких протоколов лечения означает, что ФДТ пока остается экспериментальным методом, хотя и обладает значительным потенциалом.

Выводы. Дальнейшие исследования должны быть направлены на более глубокое изучение роли ФДТ в лечении ДФ.

ФОТОДИНАМИЧЕСКАЯ ТЕРАПИЯ: НОВЫЕ ГОРИЗОНТЫ В ЛЕЧЕНИИ ВИРУСНЫХ ИНФЕКЦИЙ КОЖИ

Молочкова Ю.В.¹, Сухова Т.Е.¹, Кунцевич Ж.С.¹, Климова М.Д.¹, Романко Ю.С.^{2,3}, Решетов И.В.^{2,3,4,5}

¹ГБУЗ МО «МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского», г. Москва, Россия

²ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России, г. Москва, Россия

³Академия постдипломного образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА России, г. Москва, Россия

⁴ЧОУВО «МУ им. С.Ю. Витте», г. Москва, Россия

⁵НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва, Россия

Цель. Оценить существующую доказательную базу относительно терапевтической результативности фотодинамической терапии (ФДТ) в контексте лечения кожных вирусных заболеваний.

Материалы и методы. Был осуществлен поиск научной литературы в базах данных PubMed и Scopus, охватывающий период с 2016 по 2026 год. Поиск включал комбинацию терминов «фотодинамическая терапия» и «вирусные инфекции кожи». В результате было отобрано и подвергнуто анализу 13 публикаций, соответствующих критериям релевантности.

Результаты. ФДТ, традиционно используемая для лечения актинического кератоза, базальноклеточного рака и болезни Боуэна, расширяет спектр своих показаний, демонстрируя эффективность в борьбе с вирусными инфекциями кожи. В частности, ФДТ успешно применяется при различных проявлениях папилломавирусной инфекции (ВПЧ), включая подошвенные, кистевые, околоногтевые бородавки, остроконечные кондиломы и верруциформную эпидермодисплазию. Кроме того, метод эффективен при вирусных поражениях, не связанных с ВПЧ, таких как контагиозный моллюск и простой герпес. Механизм действия ФДТ при ВПЧ-инфекции обусловлен

ее противовоспалительными и антипролиферативными свойствами, приводящими к высвобождению цитотоксических радикалов, которые избирательно повреждают инфицированные кератиноциты и вызывают их апоптоз или некроз. Данный подход характеризуется высокой безопасностью и эффективностью, меньшим количеством побочных эффектов и рецидивов по сравнению с альтернативными методами, а также неинвазивностью, что минимизирует риск вторичного инфицирования и обеспечивает превосходные эстетические результаты.

Выводы. Таким образом, ФДТ является перспективным и эффективным методом лечения различных вирусных заболеваний кожи, предлагая пациентам безопасную и эстетически привлекательную альтернативу существующим терапевтическим подходам.

ФОТОДИНАМИЧЕСКАЯ ТЕРАПИЯ: ПРЕВОСХОДЯЩАЯ АЛЬТЕРНАТИВА ДЛЯ ЛЕЙШМАНИОЗА

Молочков В.А.¹, Сухова Т.Е.¹, Романко Ю.С.^{2,3},
Решетов И.В.^{2,3,4,5}

¹ГБУЗ МО «МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского», г. Москва, Россия

²ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России, г. Москва, Россия

³Академия постдипломного образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА России, г. Москва, Россия

⁴ЧОУВО «МУ им. С.Ю. Витте», г. Москва, Россия

⁵НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва, Россия

Цель. Настоящее исследование направлено на всестороннюю оценку эффективности и применимости фотодинамической терапии (ФДТ) в контексте лечения кожного лейшманиоза.

Материалы и методы. Для достижения поставленной цели был проведен поиск литературы в ведущих научных базах данных Scopus и PubMed. Поиск охватывал период с 2015 по 2025 год и осуществлялся с использованием стандартизированного запроса, включающего ключевые слова «ФДТ при лечении кожного лейшманиоза». По результатам скрининга и отбора было идентифицировано и подвергнуто детальному анализу 20 релевантных научных публикаций.

Результаты. Лейшманиоз представляет собой протозойное заболевание, передача которого осуществляется посредством трансмиссивного пути через укусы специфических видов mosquitos. Наиболее распространенной клинической формой является кожный лейшманиоз. Исследования показали, что еженедельный курс ФДТ с использованием 10%-ой аминолевулиновой кислоты (АЛК) и красного света (630 нм, 100 Дж/см²) демонстрирует более высокую эффективность по сравнению с местным приме-

нением паромомицина. Аналогично ФДТ с использованием препарата Metvix и красного света с плотностью энергии 75 Дж/см², проводимая в течение 12 недель, также показала положительные результаты. Отмечен успешный исход применения ФДТ в случаях инфекции, вызванной *Leishmania tropica*, которая ранее проявляла резистентность к другим терапевтическим подходам. Более того, данная методика превосходит по эффективности местный паромомицин и хлорид метилбензэтония, применяемые при кожном лейшманиозе.

Выводы. Таким образом, ФДТ превосходит по эффективности не только местный паромомицин, но и хлорид метилбензэтония, что делает ее перспективным терапевтическим подходом для лечения кожного лейшманиоза, особенно в случаях устойчивости к традиционным методам.

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ НАНОПЛАТФОРМЫ ДЛЯ ФОТОДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ И ФОТОТЕРМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ РЕВМАТОИДНОГО АРТРИТА

Решетов И.В.^{1,2,3,4}, Романко Ю.С.^{1,2}

¹ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России, г. Москва, Россия

²Академия постдипломного образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА России, г. Москва, Россия

³ЧОУВО «МУ им. С.Ю. Витте», г. Москва, Россия

⁴НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва, Россия

Цель. Анализ эффективности и перспектив применения многофункциональных наноплатформ для фотодинамической терапии (ФДТ) и фототермической терапии (ФТТ) с целью оптимизации лечения ревматоидного артрита (РА).

Материалы и методы. Проанализировано 29 научных статей, опубликованных с 2016 по 2026 год, найденных в PubMed и Scopus. В качестве ключевого запроса использовалось выражение «применение наночастиц при фототерапии ревматоидного артрита».

Результаты. РА представляет собой тяжелое аутоиммунное заболевание, характеризующееся прогрессирующей дегенерацией хрящевой ткани, костной резорбцией и хроническим синовиальным воспалением. Ограничения традиционных терапевтических подходов обусловлены широким спектром побочных эффектов и неоптимальной фармакокинетикой лекарственных препаратов. В последние годы активно исследуются методы фототерапии на основе наноносителей, включая ФДТ и ФТТ. Эти модальности индуцируют некроз или апоптоз воспалительных клеток посредством генерации активных форм кислорода при ФДТ или локального тепловыделения при

ФТТ. Кроме того, они способствуют снижению уровня провоспалительных цитокинов и модулируют поляризацию макрофагов. Такой синергетический подход обеспечивает повышенную терапевтическую эффективность за счет воздействия на ключевые медиаторы воспаления при одновременном сохранении целостности здоровых тканей благодаря адресной доставке и улучшенной биодоступности. Доклинические исследования продемонстрировали, что функционализированные наноносители, нацеленные на макрофаги и синовиальные фибробласты, обеспечивают улучшенную доставку терапевтических агентов и положительные клинические результаты. Многообещающие клинические испытания ФДТ у пациентов с рефрактерным РА демонстрируют регрессию синовиальной гиперплазии и снижение маркеров воспаления при минимальной токсичности.

Выводы. Анализ текущих достижений в ФДТ и ФТТ РА с использованием наноплатформ и изучение путей преодоления существующих ограничений позволяют определить перспективные направления для дальнейших исследований, способствующих преодолению разрыва между доклиническими успехами и клиническим применением.

ФОТОДИНАМИЧЕСКАЯ ТЕРАПИЯ, ЭФФЕКТ СВИДЕТЕЛЯ И ФЕРРОПТОЗ: НОВЫЕ ГОРИЗОНТЫ В ОНКОЛОГИИ

Романко Ю.С.^{1,2}, Решетов И.В.^{1,2,3,4}

¹ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России, г. Москва, Россия

²Академия постдипломного образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА России, г. Москва, Россия

³ЧОУВО «МУ им. С.Ю. Витте», г. Москва, Россия

⁴НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва, Россия

Цель. Расширение концептуального аппарата и практических подходов к управлению эффектом свидетеля и ассоциированным с ним ферроптозом в контексте фотодинамической терапии (ФДТ).

Материалы и методы. Поиск релевантных научных публикаций (2015–2025 гг.) был осуществлен в базах данных PubMed, Scopus и Web of Science. Применялись поисковые запросы, ориентированные на проблематику эффекта свидетеля, ферроптоза и их роли в ФДТ. Было отобрано 42 публикации, наиболее соответствующие критериям исследования.

Результаты. Эффект свидетеля в опухолях характеризует способность клеток, поврежденных терапевтическим воздействием, передавать сигналы о повреждении здоровым соседним клеткам и влиять на их состояние. Одним из способов лечения рака, вызывающих заметный эффект свидетеля, является ФДТ. При этом методе свет активирует фотосенсибилизаторы в опухолевой ткани, приводя к цитотокси-

ческому повреждению клеток. Эффект свидетеля при ФДТ связан с интенсивным перекисным окислением липидов, что ведет к развитию ферроптотической гибели клеток. Липидные пероксиды выступают ключевыми посредниками межклеточной коммуникации, запускающей ферроптоз – процессы, играющие важную роль в распространении полезного с терапевтической точки зрения эффекта свидетеля. В то же время оксид азота (NO), выделяемый из раковых клеток после ФДТ, служит главным сигналом, вызывающим нежелательные эффекты свидетеля, так как способствует росту опухоли и метастазированию. В настоящее время становится очевидным, что использование реакции окружающих тканей можно рассматривать как перспективный подход для улучшения глубины воздействия фотодинамической терапии и, таким образом, для повышения эффективности онкологического лечения. Для реализации этой стратегии предлагаются два направления: подавление активности фермента iNOS с помощью специализированного фармакологического ингибитора и усиление индукции цитотоксического ферроптоза в тех соседних клетках, которые сами не были напрямую повреждены световым воздействием, что позволит снизить их вклад в прогрессирование опухоли.

Выводы. Понимание эффекта свидетеля и связанного с ним ферроптоза и управление ими открывают новые перспективы для более эффективной ФДТ рака.

НОВЫЕ СТРАТЕГИИ В ОНКОЛОГИИ: ИНГИБИРОВАНИЕ СИГНАЛЬНОГО ПУТИ HIF-1 ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФОТОДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ

Кацалап С.Н.¹, Малова Т.И.², Романко Ю.С.^{3,4}, Решетов И.В.^{3,4,5,6}

¹АО «Центравиамед», г. Москва, Россия

²ООО «ВЕТА-ГРАНД», г. Москва, Россия

³ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России, г. Москва, Россия

⁴Академия постдипломного образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА России, г. Москва, Россия

⁵ЧОУВО «МУ им. С.Ю. Витте», г. Москва, Россия

⁶НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва, Россия

Цель. Исследование возможностей блокирования сигнального пути индуцируемого гипоксией фактора 1 (HIF-1) с целью оптимизации результатов фотодинамической терапии (ФДТ).

Материалы и методы. Был проведен систематический поиск публикаций по запросу «ингибирование сигнального пути HIF-1 как способ повышения эффективности фотодинамической терапии». В результате было отобрано 14 релевантных статей, опубликован-

ных в период с 2015 по 2025 год, которые затем подверглись детальному анализу.

Результаты. ФДТ представляет собой малоинвазивный подход к лечению опухолей, использующий фотоактивные соединения – фотосенсибилизаторы. При облучении светом эти вещества генерируют активные формы кислорода, которые целенаправленно разрушают раковые клетки. Этот процесс также вызывает гипероксидационный стресс, нарушает кровоснабжение опухоли, приводя к гипоксии, и запускает противоопухолевый иммунный ответ. Тем не менее опухолевые клетки, пережившие начальное воздействие ФДТ, активируют механизмы выживания, что снижает эффективность лечения. Ключевым среди них является путь HIF-1, индуцируемый гипоксией, который способствует восстановлению клеток. HIF-1, будучи гетеродимерным комплексом, регулирует сотни генов, напрямую или косвенно влияющих на жизнеспособность опухоли, включая ангиогенез, метаболизм глюкозы, пролиферацию и метастазирование. Широкий спектр биологических эффектов активации генов-мишеней HIF-1 подчеркивает его значимость в развитии терапевтической резистентности. В настоящее время активно исследуется роль HIF-1 в онкологии, его реакция на гипоксию, влияние на ФДТ, а также разрабатываются ингибиторы, блокирующие сигнальные пути, поддерживаемые HIF-1. Эти ингибиторы могут применяться в качестве адъювантной терапии в сочетании с ФДТ для повышения ее эффективности.

Выводы. Эффективность ФДТ ограничивается механизмами выживания опухолевых клеток, в частности активацией пути HIF-1. HIF-1 играет ключевую роль в адаптации опухолей к стрессу, регулируя процессы, способствующие их выживанию и резистентности к терапии. Поэтому подавление активности HIF-1 с помощью ингибиторов, используемых в качестве адъювантов, представляет собой многообещающую стратегию для повышения эффективности ФДТ и преодоления терапевтической резистентности.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ФОТОДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ И КРЕМА С ИМИКВИМОДОМ В ЛЕЧЕНИИ АКТИНИЧЕСКОГО КЕРАТОЗА

Сухова Т.Е.¹, Климова М.Д.¹, Романко Ю.С.^{2,3},
Решетов И.В.^{2,3,4,5}

¹ГБУЗ МО «МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского», г. Москва, Россия

²ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России, г. Москва, Россия

³Академия постдипломного образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА России, г. Москва, Россия

⁴ЧОУВО «МУ им. С.Ю. Витте», г. Москва, Россия

⁵НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва, Россия

Цель. Оценить терапевтическую эффективность фотодинамической терапии (ФДТ) и местного применения крема с имиквимодом в лечении актинического кератоза (АК) и провести сравнительный анализ полученных результатов.

Материалы и методы. Проведен обзор литературы с поиском в базах данных PubMed и Scopus. Временной диапазон поиска охватывал публикации с 2016 по 2026 год. Для поиска использовались следующие ключевые слова: «ФДТ и крем с имиквимодом при лечении АК». Из первоначально идентифицированных источников было отобрано и проанализировано 16 релевантных исследований, наиболее соответствующих критериям включения.

Результаты. АК представляет собой распространенное предраковое эпидермальное поражение, характеризующееся появлением грубых чешуйчатых пятен на участках кожи, хронически подвергающихся воздействию ультрафиолетового излучения. АК несет в себе риск злокачественной трансформации в плоскоклеточный рак кожи. Анализ литературы показал, что как ФДТ, так и терапия с использованием крема с имиквимодом являются эффективными методами лечения АК. Наш анализ показал, что ФДТ, в частности с применением 5-аминолевулиновой кислоты (5-АЛК), демонстрирует превосходство над имиквимодом в отношении скорости заживления пораженных участков. Кроме того, было установлено, что лечение имиквимодом ассоциируется с более высокой частотой побочных реакций, таких как изъязвление и образование корок, по сравнению с ФДТ.

Выводы. На основании проведенного анализа сделан вывод, что ФДТ, особенно с использованием 5-аминолевулиновой кислоты, может быть более эффективным и безопасным методом лечения АК по сравнению с терапией имиквимодом. ФДТ потенциально может привести к улучшению клинических исходов и повышению качества жизни пациентов. Однако для более точного определения относительной эффективности этих двух методов лечения, а также для оценки влияния их комбинированного применения необходимы дальнейшие рандомизированные контролируемые исследования. Такие исследования позволят разработать дополнительные научно обоснованные рекомендации по клиническому ведению пациентов с АК, оптимизируя терапевтические стратегии.

НАНОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОРЫВ В БОРЬБЕ С ГИПОКСИЕЙ ПРИ ФОТОДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ

Романко Ю.С.^{1,2}, Решетов И.В.^{1,2,3,4}

¹ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России, г. Москва, Россия

²Академия постдипломного образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА России, г. Москва, Россия

³ЧОУВО «МУ им. С.Ю. Витте», г. Москва, Россия⁴НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва, Россия

Цель. Рассмотреть альтернативные стратегии активного преодоления гипоксии в опухолях при проведении фотодинамической терапии (ФДТ), уделив особое внимание последним достижениям в области нанотехнологий, которые выходят за рамки традиционных методов восполнения запасов кислорода.

Материалы и методы. Были проанализированы научные статьи, опубликованные с 2016 по 2026 год, найденные в базах данных PubMed и Scopus. Поисковые запросы были сфокусированы на нанотехнологических стратегиях борьбы с опухолевой гипоксией при ФДТ. В итоге было отобрано 37 публикаций, максимально соответствующих критериям включения.

Результаты. ФДТ зарекомендовала себя как перспективный, неинвазивный метод противоопухолевого лечения, демонстрирующий явные преимущества перед конвенциональными подходами, включая высокую специфичность, низкую системную токсичность и редуцированный риск формирования лекарственной резистентности. Однако ее терапевтическая эффективность существенно лимитирована опухолевой гипоксией – ключевой характеристикой микроокружения новообразований. Несмотря на то что традиционные стратегии, такие как экзогенная доставка кислорода и его *in situ* генерация, обладают определенными достоинствами, их пассивный и нерегулируемый характер ограничивает их терапевтический потенциал. В свете этого текущие исследования акцентируются на инновационных нанотехнологических стратегиях, направленных на активное преодоление опухолевой гипоксии, тем самым нивелируя ограничения классических методов оксигенации. При этом выделяются три основных синергетических направления: ремоделирование гипоксического микроокружения опухоли (например, путем увеличения перфузии, ингибирования митохондриального дыхания и подавления сигнального пути HIF-1 α); предотвращение внутриопухолевой гипоксии (например, посредством ФДТ I типа, кислороднезависимой генерации свободных радикалов и фракционной ФДТ); использование гипоксии в качестве триггера для потенцирования эффективности ФДТ (например, с помощью активируемых гипоксией пролекарств, чувствительных к гипоксии наноплатформ и сенсibilизаторов гипоксических клеток).

Выводы. Сегодня стратегическим приоритетом является разработка и внедрение нанотехнологических подходов для эффективной борьбы с гипоксией, что позволит существенно повысить эффективность лечения злокачественных опухолей.

НАНОЧАСТИЦЫ ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ В ФОТОДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫХ НОВООБРАЗОВАНИЙ

Решетов И.В.^{1,2,3,4}, Романко Ю.С.^{1,2}¹ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России, г. Москва, Россия²Академия постдипломного образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА России, г. Москва, Россия³ЧОУВО «МУ им. С.Ю. Витте», г. Москва, Россия⁴НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва, Россия

Цель. Изучение эффективности и потенциала применения наночастиц оксида циркония в фотодинамической терапии (ФДТ) онкологических заболеваний.

Материалы и методы. Был выполнен обзор шести научных публикаций, датированных периодом с 2017 по 2026 год. Поиск литературы проводился в электронных базах данных PubMed, Scopus и Web of Science с использованием поискового запроса «наночастицы оксида циркония в фотодинамической терапии для лечения рака».

Результаты. Применение наночастиц диоксида циркония (ZrO₂) в ФДТ представляет собой революционный прорыв в области онкологии. ФДТ, являясь малоинвазивной терапевтической стратегией, использует уникальные свойства фотосенсибилизаторов (ФС) для селективного уничтожения злокачественных клеток при сохранении интактности здоровых тканей. ZrO₂, характеризующийся исключительной биосовместимостью, фотостабильностью и настраиваемостью, значительно повышает терапевтическую эффективность и безопасность ФДТ. Основное преимущество ZrO₂ заключается в его универсальности как платформы для адресной доставки ФС к опухолевым очагам. Это обеспечивает избирательное накопление ФС в раковых клетках, что максимизирует терапевтический эффект и минимизирует нежелательные побочные эффекты на здоровые ткани. Контролируемые размер и свойства поверхности наночастиц ZrO₂ способствуют эффективному клеточному поглощению, улучшая результаты лечения. Кроме того, использование ZrO₂ в качестве фототермического агента в сочетании с ФДТ усиливает разрушение раковых клеток посредством гипертермии, демонстрируя многообещающие результаты в доклинических исследованиях. Биосовместимость и способность ZrO₂ к биологическому разложению подчеркивают их безопасность для клинического применения, а продолжающиеся исследования гарантируют снижение потенциальной токсичности.

Выводы. Таким образом, внедрение ZrO₂ в ФДТ отражает инновационный подход в борьбе с раком. Его замечательные свойства, совместимость с другими методами лечения, а также эффективность и безопасность подтверждаются текущими исследованиями.

СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРАЛЬНО-ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ И ГЕНЕРАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДИМЕРНЫХ BODIPY ФОТОСЕНСИБИЛИЗАТОРОВ ДЛЯ АНТИМИКРОБНОЙ ФОТОДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ

Шерудилло А.С.¹, Сивухин А.Н.², Антина Л.А.¹, Березин М.Б.¹, Антина Е.В.¹

¹ФГБУН Институт химии растворов им. Г.А. Крестова РАН, г. Иваново, Россия

²ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет», г. Иваново, Россия

Цель. Синтез новых фотосенсибилизаторов (ФС) на основе димерных *bis*(BODIPY), анализ спектрально-флуоресцентных и генерационных характеристик в различных средах, оценка фототоксичности в отношении штаммов грамположительных (*S. aureus*) и грамотрицательных (*E. coli*) бактерий.

Материалы и методы. Идентификация синтезированных фотосенсибилизаторов **1–3** (рис.1) выполнена методами масс-спектрометрии, ¹H ЯМР и ИК-спектроскопии. Спектральные характеристики **1–3** определяли методом стационарной и время-разрешенной флуоресцентной спектроскопии; эффективность генерации синглетного кислорода рассчитывали по интенсивности спектра испускания ¹O₂ в области 1275 нм. Темновую и фототоксичность оценивали *in vitro* на культурах *S. aureus* и *E. coli* при облучении зеленым светом.

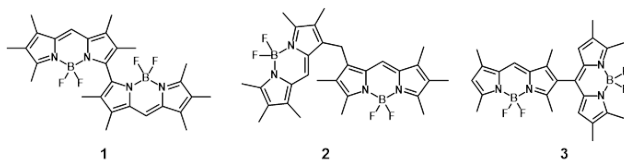


Рис. 1. Структурные формулы *bis*(BODIPY) ФС **1–3**

Результаты. ФС **1–3** демонстрируют интенсивные хромофорные свойства и высокую эффективность генерации синглетного кислорода. Установлено, что *S. aureus* проявляет значительную чувствительность к ФС **1–3** при освещении зеленым светом, сохраняя толерантность в темновой фазе. *Bis*(BODIPY) **3** показал максимальный ингибирующий эффект, вызывая гибель бактерий культуры *S. aureus* свыше 90 % уже в наномолярном диапазоне концентраций ФС.

Выводы. Синтезированы *bis*(BODIPY) ФС **1–3** с интенсивными спектрально-люминесцентными и генерационными характеристиками, высокой фотодинамической активностью в отношении *S. aureus*. Полученные результаты обосновывают целесообразность дальнейшей разработки полимерных компози-

тов на основе хитозана и ФС **1–3**, предназначенных для лечения инфекционных поражений кожи, ожогов и труднозаживающих ран.

Исследование выполнено при поддержке Российского научного фонда (грант № 25-23-20149, <https://rscf.ru/project/25-23-20149>) и Правительства Ивановской области (субсидия в целях финансового обеспечения реализации научных проектов по приоритетным направлениям деятельности РФ).

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И БУДУЩИЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ФОТОДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ: ЕЕ ПОТЕНЦИАЛ И ВЫЗОВЫ, СВЯЗАННЫЕ С ПРАКТИЧЕСКИМ ПРИМЕНЕНИЕМ В ДЕРМАТОЛОГИИ

Сухова Т.Е.¹, Климова М.Д.¹, Романко Ю.С.^{2,3}, Решетов И.В.^{2,3,4,5}

¹ГБУЗ МО «МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского», г. Москва, Россия

²ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России, г. Москва, Россия

³Академия постдипломного образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА России, г. Москва, Россия

⁴ЧОУВО «МУ им. С.Ю. Витте», г. Москва, Россия

⁵НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва, Россия

Цель. Анализ текущего состояния и будущих направлений развития фотодинамической терапии (ФДТ), включая оценку ее потенциала и анализ проблем, связанных с практическим применением в дерматологии.

Материалы и методы. Был проведен поиск публикаций в базах данных PubMed и Scopus за 2024–2026 годы по ключевым словам «фотодинамическая терапия» и «дерматология». Проанализировано 539 релевантных исследований.

Результаты. Принцип действия ФДТ основан на использовании светочувствительных веществ (фотосенсибилизаторов, ФС), которые при активации светом вызывают локальное окислительное повреждение клеток. Это позволяет избирательно уничтожать пораженные ткани, при этом сохраняя эстетичный вид кожи, что особенно важно для таких чувствительных зон, как лицо и волосистая часть головы. Несмотря на определенные сложности в практическом применении, такие как точный контроль доставки и эффективности световых частиц (фотонов), а также вопросы, связанные с безопасностью используемых материалов (их совместимостью с организмом, поведением в тканях и возможной долгосрочной токсичностью), постоянное развитие в области материаловедения, биоинженерии и оптики значительно расширяет возможности ФДТ. Новые направления в ФДТ включают разработку тераностических систем,

которые объединяют диагностическую визуализацию в реальном времени с возможностью адаптивной подачи света или контролируемого высвобождения ФС. Такая интеграция позволяет корректировать лечение в зависимости от наблюдаемых биомаркеров или сигналов организма. Параллельно развиваются комбинированные подходы, где ФДТ сочетается с иммуномодулирующими препаратами, что повышает эффективность лечения и стимулирует иммунную систему организма.

Выводы. В будущем необходимо сосредоточиться на стратегиях внедрения ФДТ в практику, которые учитывают экономическую целесообразность, возможность воспроизведения результатов, гармонизацию нормативных требований и ключевые аспекты безопасности. Это включает оценку биосовместимости материалов, изучение их поведения в живом организме, снижение рисков долгосрочной токсичности и устранение других препятствий на пути к широкому применению метода.

"HEAVY-ATOM-FREE" BODIPYS: НОВЫЙ ТИП ФОТОСЕНСИБИЛИЗАТОРОВ ДЛЯ ФОТОДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ

Догадаева С.А., Антина Л.А., Ксенофонтов А.А., Березин М.Б., Антина Е.В.

ФГБУН Институт химии растворов им. Г.А. Крестова РАН, г. Иваново, Россия

Дипиррометенаты бора(III) (BODIPY) оказались весьма перспективными соединениями для применения в качестве фотосенсибилизаторов (ФС) в фотодинамической терапии. Традиционными способами запуска процесса генерации синглетного кислорода молекулами люминофоров являются введение тяжелых атомов галогенов (Br, I), металлов (Pt, Pd) или олигомеризация (донорно-акцепторные диады, ортогональные бихромофоры). В ходе наших исследований обнаружена способность к генерации синглетного кислорода у алкил-BODIPY с незамещенными α -положениями, не содержащими в своей структуре «тяжелых» атомов галогенов и металлов, что позволяет рассматривать их как потенциальные "heavy-atom-free" ФС.

Цель. Сравнительный анализ спектрально-люминесцентных свойств серии алкил-замещенных BODIPY и установление причин высокой эффективности интеркомбинационной конверсии α -незамещенными ФС.

Материалы и методы. Методы абсорбционной и флуоресцентной спектроскопии, время-разрешенной спектроскопии, квантово-химические расчеты. Исследования проводили в серии органических растворителей различной природы: неполярные и слабо полярные (циклогексан, бензол, толуол, хлороформ,

ТГФ), полярный протонный (этанол), полярные апротонные (ДМФА, ацетонитрил).

Результаты. Была обнаружена уникальная способность пентаметил- и тетраметилзамещенных BODIPY с одной или двумя незамещенными α -позициями пиррольных ядер эффективно генерировать синглетный кислород (ФД достигает 20–40 %) в отличие от BODIPY аналогов с алкилированными α -позициями (ФД < 10 %). Установлено, что для таких люминофоров эффективный путь деактивации возбужденного S1 состояния включает процесс интеркомбинационной конверсии (ISC) в T2 состояние с последующей внутренней конверсией в T1 состояние. Следует отметить, что α -свободный тетраметил-BODIPY демонстрирует сочетание высоких интенсивностей флуоресценции (Фл = 0,46–0,64) и генерации синглетного кислорода (ФД = 0,14–0,4), удачное как для визуализации, так и для ФДТ.

Выводы. Предложена новая стратегия разработки "heavy-atom-free" BODIPY ФС с двойной функциональностью (диагностика и терапия). С учетом полученных результатов для биомедицинских приложений разрабатываются водорастворимые композиты BODIPY с металлоорганическим каркасом палладия.

МЕХАНИЗМЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ИММУННЫХ КЛЕТОК И ФОТОСЕНСИБИЛИЗАТОРОВ: ПЕРСПЕКТИВЫ ДЛЯ ОНКОЛОГИЧЕСКОЙ ПРАКТИКИ

Цнобиладзе Э.Д., Миненок В.А., Бабухин Е.Э., Клементьева А.И.

ОБУЗ «Курский онкологический НКЦ им. Г.Е. Островерхова», Курский государственный медицинский университет, г. Курск, Россия

Фотодинамическая терапия (ФДТ) традиционно рассматривалась как метод локальной деструкции опухоли. Однако в последние годы произошла смена парадигмы: доказана способность ФДТ индуцировать системный противоопухолевый иммунный ответ, что требует переоценки клинического потенциала метода.

Цель. Проанализировать механизмы взаимодействия фотосенсибилизаторов с иммунно-компетентными клетками и оценить клинический потенциал метода ФДТ.

Материалы и методы. Нами проведен анализ литературных источников отечественных и зарубежных авторов по теме исследования.

Результаты. ФДТ индуцирует иммуногенную клеточную смерть с высвобождением DAMPs (HMGB1, кальретикулин, АТФ), что обеспечивает привлечение и активацию дендритных клеток, их миграцию в лимфатические узлы и презентацию опухолевых

антигенов Т-лимфоцитам. Различные пути гибели клеток (апоптоз, некроптоз, пироптоз) обладают разной иммуногенностью и зависят от типа фотосенсибилизатора и режима облучения. NK-клетки после ФДТ демонстрируют повышенную цитотоксичность за счет модуляции экспрессии рецепторов MICA/NKG2D. Дендритные клетки после проведения ФДТ секретируют экзосомы с miR-152-3p, усиливающие созревание дендритных клеток и активацию Т-клеток. Клинические исследования (2–3 фазы) подтверждают синергизм ФДТ с ингибиторами иммунных контрольных точек при раке желудка, немелкоклеточном раке легкого и глиобластоме, включая развитие абскопального эффекта. Несмотря на многообещающие доклинические результаты, клинические доказательства ФДТ-опосредованного противоопухолевого иммунитета остаются ограниченными. Основные вызовы включают: гетерогенность ответа; оптимизацию протоколов (необходимы стандартные протоколы для воспроизводимой индукции иммуногенной клеточной смерти); идентификацию предиктивных биомаркеров для отбора пациентов.

Выводы. Дальнейшие исследования должны быть направлены на оптимизацию протоколов ФДТ для максимальной иммуногенности, на разработку новых фотосенсибилизаторов с иммуномодулирующими свойствами и проведение крупных клинических испытаний для оценки эффективности комбинации ФДТ с современными иммунотерапевтическими агентами.

ФОТОДИНАМИЧЕСКАЯ ТЕРАПИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ОГНЕСТРЕЛЬНЫХ РАН С ФОТОСЕНСИБИЛИЗАТОРОМ С АМФИФИЛЬНЫМИ ПОЛИМЕРАМИ

Дуванский В.А., Шин Е.Ф., Гутоп М.М.
ФГАОУ ВО «РУДН им. Патриса Лумумбы», г. Москва, Россия

Цель. Оценить влияние фотодинамической терапии (ФДТ) с комплексом «микрокапсулированный фотодитазин – амфифильный полимер» на репарацию экспериментальных огнестрельных ран.

Материалы и методы. Проведен эксперимент на 70 нелинейных крысах. В опытных группах применяли раствор фотосенсибилизатора (ФС) фотодитазина 0,5 % и ФС комплексированный с амфифильными полимерами в гелевой и микрокапсулированной формах. Применяли аппарат «АКТУС-2», плотность энергии – 50 Дж/см². Для оценки репарации ран провели цитологические и гистологические исследования.

Результаты. Проведенный анализ цитологических исследований показал, что в группах, где применяли ФДТ с фотодитазином, комплексированным с амфифильными полимерами в гелевой и микрокапсули-

рованной формах, на пятые сутки лечения отмечали снижение общего содержания нейтрофилов, значительно меньшее количество дегенеративно измененных нейтрофилов (не более $8,3 \pm 0,2 \%$, $p < 0,05$), колоний микроорганизмов и нитей фибрина, в цитограммах увеличение процента мононуклеарных фагоцитов. Наряду с юными фибробластами ($2,5 \pm 0,2 \%$) встречались и зрелые фибробласты ($0,7 \pm 0,3 \%$), что свидетельствовало о купировании воспалительной реакции, активации процессов репарации. В раневом экссудате насчитывалось в два раза больше клеточных элементов репарации, чем в группе с ФДТ с ФС в форме водного раствора. Гистологические исследования показали, что ФДТ фотодитазином, комплексированным с амфифильными полимерами в гелевой или микрокапсулированной формах, стимулирует активацию процессов очищения ран от колоний микроорганизмов, а также некротизированных тканей и масс фибрина. Их применение характеризуется активацией репаративных процессов по сравнению с ФДТ с ФС в форме водного раствора.

Выводы. ФДТ с комплексом «микрокапсулированный фотодитазин – амфифильный полимер» экспериментальных огнестрельных ран мягких тканей приводит к быстрому купированию острых воспалительных явлений и расстройств системы микроциркуляции, ограничению развития вторичных некрозов, восстановлению жизнеспособности поврежденных тканей в зоне сотрясения, раннему развитию процессов репарации.

РАДИОДИНАМИЧЕСКАЯ ТЕРАПИЯ: ОТ ЭКСПЕРИМЕНТА *IN VITRO* ДО КЛИНИЧЕСКОЙ АПРОБАЦИИ МЕТОДА

Церковский Д.А., Мазуренко А.Н.
РНПЦ онкологии и медицинской радиологии им. Н.Н. Александрова, г. Минск, Беларусь

Цель. Оценить противоопухолевую эффективность метода радиодинамической терапии (РДТ) в исследованиях на культурах опухолевых клеток, лабораторных животных с перевивными опухолями и пациентах со злокачественными новообразованиями (ЗН).

Материалы и методы. Поиск литературы выполнялся с использованием 39 рецензируемых научных статей, представленных в базах данных PubMed, Scopus, Web of Science и ResearchGate с 2012 по 2026 г., с поисковыми запросами, касающимися применения метода РДТ в экспериментальной и клинической онкологии.

Результаты. В последнее десятилетие исследователями крупных научных центров США, Японии, Китая и Италии успешно применяется в качестве активирующего фотосенсибилизаторы (ФС: талапорфин содиум,

5-аминолевулиновая кислота (5-АЛК), акридиновый оранжевый) физического фактора ионизирующее излучение, а данное направление получило название «Радиодинамическая терапия». Как свидетельствуют полученные в экспериментах *in vitro* – глиомы (9L, C6, GL261, U87MG, U251MG, human HGG), меланома (B16, Mel-Rm, B16-Luc), аденокарцинома молочной железы (EMT6, 4T1, MCF7), аденокарцинома предстательной железы (PC3, Мус-СаР), рак почки (Cak1/ACHN), лимфомы (Raji/НКВМС/ТК) и *in vivo* – глиомы (9L, U251/U87, GL261, human HGG), рак поджелудочной железы (PкCa-2), мелкоклеточный рак легкого (KР1), рак толстого кишечника (HT-29), саркома Lewis – результаты, комбинированное использование ФС и ионизирующего излучения при однократном и фракционированном режимах облучения приводит к статистически значимому уменьшению числа жизнеспособных опухолевых клеток, более выраженному торможению роста различных перевивных опухолей и оптимизации показателей выживаемости лабораторных животных по сравнению с лучевой терапией в монорежиме. В Fox Chase Cancer Center (Филадельфия, США) и University Hospital Münster (Мюнстер, Германия) выполняются I/II фазы клинических испытаний, целью которых является изучение безопасности, переносимости и оптимальных терапевтических режимов метода РДТ с 5-АЛК у пациентов с III–IV стадиями ЗН головы и шеи, грудной и брюшной полости, малого таза, а также с рецидивными формами глиобластомы.

Выводы. Метод РДТ представляет собой эффективную в эксперименте и перспективную для клинического применения терапевтическую опцию, активное внедрение которой в схемы комбинированного, комплексного и многокомпонентного лечения позволит расширить спектр методов лечения ЗН.

СОНОДИНАМИЧЕСКАЯ ТЕРАПИЯ С РАЗЛИЧНЫМИ КЛАССАМИ ЛЕКАРСТВЕННЫХ СРЕДСТВ: ДАННЫЕ IN VITRO / IN VIVO ИССЛЕДОВАНИЙ

Церковский Д.А., Мазуренко А.Н.

РНПЦ онкологии и медицинской радиологии
им. Н.Н. Александрова, г. Минск, Беларусь

Цель. Оценить противоопухолевую эффективность метода сонодинамической терапии (СДТ) с различными классами лекарственных средств (ЛС) в исследованиях на культурах опухолевых клеток и лабораторных животных с перевивными опухолями.

Материалы и методы. Поиск литературы выполнялся с использованием 7 рецензируемых научных статей, представленных в базах данных PubMed, Scopus, Web of Science и ResearchGate с 2010 по 2026 г., с поисковыми запросами, касающимися применения метода СДТ с фотосенсибилизаторами (ФС) и химиопрепаратами.

Результаты. Метод СДТ основан на активации различных классов ЛС с помощью ультразвукового излучения с частотами от 0,5 до 3 МГц и интенсивностями от 0,5 до 5 Вт/см². В доступной печати имеют место единичные публикации, в которых представлены данные о синергизме противоопухолевых эффектов ультразвукового излучения с ФС и химиотерапией. Как свидетельствуют полученные в экспериментах *in vitro* и *in vivo* (рак молочной железы человека MDA-MB-231 – 5-аминолевулиновая кислота + блеомицин или хлорин еб + адриамицин; холангиокарцинома человека QBC939 – гематопорфирин + доксорубицин; рак толстого кишечника человека Colon-26 – фталоцианин алюминия + блеомицин) результаты, комбинированное использование ФС и химиопрепаратов с ультразвуковым излучением с частотами от 1 до 3 МГц и интенсивностями от 0,5 до 4 Вт/см² при однократном и фракционированном режимах облучения приводит к статистически значимому уменьшению числа жизнеспособных опухолевых клеток, более выраженному торможению роста различных перевивных опухолей и оптимизации показателей выживаемости лабораторных животных по сравнению с каждым из компонентов предложенной схемы.

Выводы. Метод СДТ представляет собой эффективную в эксперименте и перспективную для клинического применения терапевтическую опцию, активное внедрение которой в схемы комбинированного, комплексного и многокомпонентного лечения позволит расширить спектр методов лечения злокачественных новообразований.

КЛИНИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

ФОТОДИНАМИЧЕСКАЯ ТЕРАПИЯ ТЯЖЕЛОЙ ДИСПЛАЗИИ ВЛАГАЛИЩА

Зыков А.А., Словоходов Е.К.

ФГБУ «Центральная клиническая больница с поликлиникой» Управления делами Президента Российской Федерации, г. Москва, Россия

Цель. Оценка эффективности и безопасности фотодинамической терапии (ФДТ) с фотосенсибилизатором, производным хлорина еб, при лечении интраэпителиальной неоплазии влагалища высокой степени (VaIN II–III) с применением оптимизированной методики двухэтапного подведения света.

Материалы и методы. В проспективное исследование включены 42 пациентки с гистологически верифицированным диагнозом VaIN II–III. Всем пациенткам проводилась ФДТ с внутривенным введением производного хлорина еб (Фоторан еб) в дозе 1,0 мг/кг. Световое облучение (длина волны – 662 нм, плотность мощности – 200 мВт/см², световая доза – 200 Дж/см²) выполнялось через 2 часа после введения препарата в два последовательных этапа: 1) прямое облучение видимых очагов поражения с использованием гинекологического зеркала под контролем кольпоскопии; 2) облучение с помощью цилиндрического диффузора для равномерного распределения световой энергии по стенкам влагалища. Контрольное обследование проводилось в течение 12 месяцев и включало кольпоскопию, цитологическое и гистологическое исследование, а также оценку анатомических и функциональных результатов.

Результаты. Полное излечение, подтвержденное отсутствием атипии при гистологическом исследовании, достигнуто у 38 (91 %) пациенток. У 4 (9 %) женщин отмечено снижение степени тяжести поражения, потребовавшее проведения дополнительной терапии. Рецидивов заболевания за 12 месяцев наблюдения не зафиксировано. Применение двухэтапной методики облучения обеспечило равномерное распределение световой энергии по всей поверхности слизистой влагалища, что имело особое значение при мультифокальном поражении и анатомических изменениях после ранее проведенного лечения. Ни в одном случае не отмечено развития стеноза влагалища, рубцовых деформаций или функциональных нарушений. ФДТ характеризовалась хорошей переносимостью, серьезных нежелательных явлений не зарегистрировано.

Выводы. Фотодинамическая терапия с производным хлорина еб и оптимизированной двухэтапной методикой подведения света является высокоэффективным и безопасным методом лечения VaIN II–III, позволяющим добиться полного излечения

в 91 % случаев при полном сохранении анатомической целостности и функции органа. Отсутствие рецидивов в течение 12 месяцев наблюдения подтверждает целесообразность использования данной методики как альтернативы хирургическим и аблятивным методам, особенно при мультифокальных и рецидивных формах заболевания.

ЛЕЧЕНИЕ ВУЛЬВАРНЫХ ИНТРАЭПИТЕЛИАЛЬНЫХ НЕОПЛАЗИЙ У ПАЦИЕНТОК С ОТЯГОЩЕННЫМ СОМАТИЧЕСКИМ СТАТУСОМ

Саевец В.В.^{1,2,3}, Арпова С.Ф.³, Власова В.М.².

¹ГАОУЗ «Челябинский областной клинический центр онкологии и ядерной медицины», г. Челябинск, Россия

²ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Челябинск, Россия

³Медицинский центр «Гименей», г. Челябинск, Россия

Вульварные интраэпителиальные неоплазии (VIN) – это группа заболеваний вульвы, характеризующихся пролиферацией атипичных базальных клеток и диспластическими изменениями в многослойном плоском эпителии вульвы преимущественно у лиц пожилого и старческого возраста с пиком заболеваемости в возрасте 70–74 лет. Основными клиническими проявлениями заболевания являются зуд и боль в области вульвы, что существенно ухудшает качество жизни пациенток. Медикаментозная терапия не всегда эффективна ввиду распространенности процесса и позднего обращения пациентов, поэтому основным методом лечения является хирургический – иссечение очагов дисплазии с отступом до 1 см. Однако с учетом отягощенного коморбидного статуса у пожилых и грубых рубцовых изменений у молодых пациенток данный метод не всегда возможен. Альтернативным методом является проведение фотодинамической терапии (ФДТ). Этот метод входит в клинические рекомендации и может легально применяться в учреждениях, имеющих опыт по применению данного метода терапии.

Цель. Сравнить результаты хирургического лечения и фотодинамической терапии у пациенток с VIN III.

Материалы и методы. За период с января 2024 г. по март 2026 г. было проведено ретроспективное исследование на базе ГБУЗ «Челябинский областной клинический центр онкологии и ядерной медицины» и МЦ «Гименей». Материалами для исследования послужили результаты наблюдений за 85 больными с диагнозом VIN III. Возраст варьировал от 30 до 90 лет. Пациентки были разделены на 2 группы. Первая группа – 45 человек, всем проведено хирургическое

лечение в объеме: широкое иссечение вульвы вплоть до кожной вульвэктомии. Вторая группа – 40 пациентов, всем проведена ФДТ по стандартной методике с системным введением препарата «Радахлорин». Перед началом лечения всем пациенткам проводилось обследование, включавшее биопсию вульвы, осмотр онкогинеколога, ультразвуковое исследование малого таза, паховых лимфоузлов, брюшной полости и забрюшинного пространства, обследование на вирус папилломы человека (ВПЧ). Все пациентки заполнили опросники оценки качества жизни (EORTC QLQ-C30) до начала лечения и после лечения через 3 и 6 месяцев. Проведено молекулярно-биологическое исследование вируса папилломы человека до начала лечения и через 6 месяцев после лечения.

Результаты. Послеоперационной летальности ни в одной из групп не зарегистрировано. Медиана времени без прогрессирования в первой группе составила 12,1 месяца, во второй группе – 10,5 месяца. Качество жизни в первой группе, согласно опросникам EORTC QLQ-C30, было выше через 3 месяца, однако по прошествии 6 месяцев было сопоставимо в обеих группах. После проведения ФДТ во второй группе элиминация ВПЧ составила 100 %, в первой группе – 86,6 %.

Выводы. Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о том, что среди анализируемых вариантов лечения проведение ФДТ при вульварных интраэпителиальных неоплазиях позволяет добиться сопоставимых с хирургическим методом лечения результатов, а также элиминировать ВПЧ-инфекцию при удовлетворительной переносимости применения методики.

ВОЗМОЖНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ФОТОДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ В ЛЕЧЕНИИ ОПУХОЛЕЙ ПОЛЫХ ОРГАНОВ

Камалетдинов И.Ф.¹, Иванов А.И.²

¹КГМА – филиал ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России, г. Казань, Россия

²ГАУЗ «РКОД МЗ РТ им. проф. М.З. Сигала», г. Казань, Россия

Фотодинамическая терапия (ФДТ) является современным методом лечения опухолей различных локализаций, основанным на применении двух компонентов: фотосенсибилизатора и света с определенной длиной волны. Комбинация этих двух компонентов запускает каскад фотохимических реакций, которые в конечном итоге приводят к гибели клеток в месте светового облучения. Таким образом, метод ФДТ можно применять при лечении опухолей любых локализаций, куда возможно осуществить доставку фотосенсибилизатора и подведение источника света, как с паллиативной целью, так и по радикальной программе.

Цель. Проанализировать эффективность применения метода ФДТ в лечении опухолей полых органов с использованием эндоскопической ассистенции.

Материалы и методы. В ходе исследования с 2019 по 2023 год на базе ГАУЗ РКОД МЗ РТ им. проф. М.З. Сигала проведено 68 сеансов ФДТ у пациентов с верифицированным диагнозом «злокачественные новообразования (ЗНО) полых органов».

Результаты. При локализации опухолей в полых органах методика ФДТ применялась в тех случаях, когда по каким-либо причинам радикальное хирургическое и/или лучевое лечение пациентам не показано. ФДТ применялась с целью как локального контроля заболевания, так и проведения реканализации просвета сосуда. В некоторых случаях, например в случае ЗНО *in situ*, метод ФДТ позволил добиться стойкой ремиссии на протяжении 1–1,5 года.

Выводы. ФДТ является эффективным методом локального воздействия на опухоль, который может применяться в клинической практике врача-онколога с лечебной целью как по радикальной программе, так и в качестве паллиативного метода воздействия. Учитывая крайне узкие противопоказания к применению данного метода, его можно использовать даже у тех пациентов, кому по какой-либо причине противопоказано проведение радикального хирургического лечения и/или лучевое воздействие.

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ФОТОДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ В ОНКОГИНЕКОЛОГИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ В ПРИМОРСКОМ КРАЕ

Коротин Д.А.

Медицинская многопрофильная клиника «Прима-Мед», г. Владивосток, Россия

Цель. Оценить эффективность фотодинамической терапии (ФДТ) при лечении предраковых заболеваний в онкогинекологической практике.

Материалы и методы. В Приморском крае ФДТ выполняется пациентам с онкологическими заболеваниями кожи с 2010 г. Основную долю пациентов, получавших ФДТ, составляют больные с базально-клеточным раком кожи, в онкогинекологии ФДТ применяется значительно реже; с 2010 г. по настоящее время ФДТ получили 286 пациентов, из которых 92 пациентки с лейкоплакией вульвы, 158 пациенток с заболеваниями шейки матки и 36 пациенток с заболеванием влагалища. ФДТ эффективна как противоопухолевая терапия, а также в противовирусном лечении вируса папилломы человека (ВПЧ), являющегося одной из причин онкотрансформации клеток слизистой репродуктивного тракта.

Результаты. В клинических исследованиях применения ФДТ положительный результат достигнут у 92 % пациенток с заболеваниями шейки матки,

у 100 % пациенток с заболеваниями шейки матки и при лейкоплакии вульвы достигнут лечебный и противовирусный эффект. При применении ФДТ пациенткам проводили обезболивание, использовали трамадол (2,0 мг), феназепам (1 мг), анальгин (2 мл) внутримышечно за 1 час до процедуры. Через 1, 3 и 6 месяцев после окончания проведения ФДТ отмечался непосредственный терапевтический результат лечения, который характеризовался формированием струпа в очаге, его отторжением, репарацией кожного покрова без рубцевания; также отмечен косметический эффект лечения и удовлетворение пациентов от эффекта терапии. Отмечено, что при применении ФДТ для лечения онкогинекологических заболеваний наблюдается длительный период эпителизации, составляющий до 10 недель, и длительный болевой период. Для улучшения процесса эпителизации и снятия болевого синдрома в процессе заживления рекомендовано постоянное нанесение мази «Кеналог» во избежание высыхания струпа, обработка вульвы водным раствором фурацилина после каждого посещения туалета и нанесение мази перед посещением туалета (желательно альтернативная мазь, не «Кеналог»).

Выводы. Таким образом, ФДТ характеризуется высокой эффективностью, рекомендована в качестве основного метода лечения у пациентов с различными видами неоплазии и лейкоплакии. Необходимо дальнейшее наблюдение за данной группой пациентов для оценки отдаленных результатов лечения.

ПРИМЕНЕНИЕ АРТРОСКОПИИ И ФОТОДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ В КОМПЛЕКСНОМ ЛЕЧЕНИИ ГОНАРТРОЗА И ПОВРЕЖДЕНИЙ МЕНИСКОВ КОЛЕННОГО СУСТАВА

Баранов А.В., Дваладзе Л.Г., Добрун М.В.
ФГБУ СЗОНКЦ им. Л.Г. Соколова ФМБА России, г. Санкт-Петербург, Россия

Гонартроз и повреждения менисков коленного сустава являются одной из наиболее распространенных причин хронического болевого синдрома, ограничения функции нижней конечности и снижения качества жизни пациентов трудоспособного возраста. В последние годы особое внимание уделяется малоинвазивным методам лечения, позволяющим одновременно выполнять диагностику и коррекцию внутрисуставной патологии. К числу таких методов относится артроскопия, а также перспективные технологии адьювантного воздействия, включая фотодинамическую терапию (ФДТ).

Цель. Оценить эффективность применения артроскопии в сочетании с ФДТ при лечении гонартроза и повреждений менисков коленного сустава.

Материалы и методы. В исследование были включены 10 пациентов с гонартрозом I-II стадии, повреждением менисков коленного сустава и болевым синдромом, резистентными к консервативной терапии. Всем пациентам была выполнена диагностическая и санационная артроскопия: лаваж, удаление хондральных фрагментов, частичная резекция поврежденных участков мениска при необходимости, шейвирование поврежденного хряща. Пяти пациентам основной группы после артроскопии была проведена внутрисуставная ФДТ с использованием фотосенсибилизатора хлоринового ряда и с последующим облучением сустава лазером с длиной волны 662 нм через артроскопический порт. Пять пациентов контрольной группы получили только артроскопическую санацию, резекцию менисков. Результаты оценивались через 3 месяца после операции по шкалам WOMAC, ВАШ, по данным магнитно-резонансной томографии (состояние хряща, синовиальной оболочки) и биомаркерам воспаления и дегенерации хряща в синовиальной жидкости.

Результаты. При сочетании артроскопической методики и ФДТ наблюдалось уменьшение болевого синдрома и отека. На вторые сутки после операции менее выражен, а в некоторых случаях полностью отсутствуют гонартроз коленного сустава (по данным ультразвуковой диагностики), значительно увеличился объем движений.

Выводы. Комплексное применение артроскопии и ФДТ позволяет достичь более выраженного и длительного анальгетического и противовоспалительного эффекта, улучшает функциональное состояние сустава и потенциально замедляет прогрессирование дегенеративных изменений хряща по сравнению с изолированной артроскопической санацией и резекцией менисков.

ПРИМЕНЕНИЕ НИЗКОИНТЕНСИВНОЙ ЛАЗЕРНОЙ ТЕРАПИИ ПРИ ЛОКАЛИЗОВАННОЙ СКЛЕРОДЕРМИИ ПО ТИПУ СКЛЕРОАТРОФИЧЕСКОГО ЛИХЕНА В КОМПЛЕКСНОМ ЛЕЧЕНИИ

Смирнова С.Н.¹, Захарова И.А.¹, Мельникова Е.А.¹, Прикул В.Ф.², Сухова Т.Е.¹, Молочкова Ю.В.¹, Хынку Е.Ф.¹, Молочков А.В.¹, Климова М.Д.³, Романко Ю.С.^{4,5}

¹ГБУЗ МО «МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского», г. Москва, Россия

²ФГБУ НМИЦО ФМБА России, г. Москва, Россия

³ООО «СМ-Клиника», г. Москва, Россия

⁴ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России, г. Москва, Россия

⁵Академия постдипломного образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА России, г. Москва, Россия

Цель. Оценить влияние фотобиомодуляции (ФБМ) на лечение поражений наружных половых органов при локализованной склеродермии по типу склероатрофического лишена (САЛ). ФБМ, лежащая в основе низкоинтенсивной лазерной терапии (НИЛТ), представляет интерес благодаря противовоспалительному действию, способности уменьшать выраженность субъективных симптомов и ускорять восстановление поврежденных тканей без нежелательных эффектов, связанных с медицинскими вмешательствами.

Материалы и методы. В исследование включили два клинических наблюдения пациенток с локализованной склеродермией по типу САЛ с преимущественным поражением кожи и слизистой оболочки наружных половых органов. Диагноз устанавливали клинически на основании характерной картины заболевания. Пациентка С., 1964 г. р., длительно наблюдалась по поводу рецидивирующего течения болезни и предъявляла жалобы на выраженный зуд, сухость, болезненность при мочеиспускании, чувство стянутости и трещины слизистой аногенитальной области. Пациентка Г., 1977 г. р., поступила с жалобами на чувство стянутости, зуд и болезненность в аногенитальной области на фоне недостаточного эффекта от ранее проводившейся местной терапии топическими стероидами. Обе пациентки получали стандартную базисную терапию, включавшую введение раствора пентоксифиллина 5,0 мл + 250 мл NaCl внутривенно капельно в течение 5 дней; лиофилизата для приготовления раствора бовгиалуридазы азоксимер 3000 МЕ + раствора лидокаина 2 % 2,0 мл + воды для инъекций 2,0 мл внутримышечно в течение 5 дней; цефтриаксона, порошка для приготовления раствора, 1,0 г + воды для инъекций 2,0 мл + раствора лидокаина 2 % 2,0 мл внутримышечно в течение 5 дней; а также наружное применение мази бетаметазона дипропионата 0,05 % 2 раза в день в течение 10 дней. При недостаточной эффективности стандартного лечения использовали разработанный метод НИЛТ с оптимизированными параметрами: воздействие низкоинтенсивным лазерным излучением на слизистую вульвы с длиной волны 0,63 мкм по лабиальной методике с перемещением излучателя по спирали от периферии к центру патологического очага с захватом здоровой ткани на 1–2 см по периметру, на расстоянии 10 см от оптической насадки до облучаемой поверхности, в непрерывном режиме, при мощности лазерного излучения 5 мВт, времени воздействия на один очаг 2–5 минут и суммарной продолжительности не более 10 минут на процедуру, курсом 5–8 ежедневных процедур. Дополнительно проводили физиотерапевтическое воздействие на кожу наружных половых органов с использованием ультрафонофореза геля «Троксерутин» 2 % для наружного применения по лабиальной методике в непрерывном режиме с интенсивностью 0,2–0,6 Вт/см², продолжительностью

воздействия на один очаг 4 минуты; суммарное время процедуры составляло 20–25 минут, курс – 5–8 ежедневных процедур. Физиотерапевтические процедуры выполняли строго последовательно, без интервала между НИЛТ и ультрафонофорезом (УФФ). Эффективность лечения оценивали с использованием валидированных индексов: индекса площади поражения LS-S (Lichen Sclerosus – Surface), который рассчитывали путем деления области вульвы и перианальной зоны на условные квадранты с балльной оценкой поражения каждой зоны от 0 до 1 балла, где минимальное значение составляло 0 баллов, а максимальное – 10 баллов при тотальном поражении; индекса тяжести клинических проявлений LS-A (Lichen Sclerosus – Activity), включавшего количественную оценку признаков активности патологического процесса (эритема, отек, уплотнение кожи, белый цвет очагов, гиперкератоз, атрофия, пурпура / экхимозы, эрозии, трещины, пузыри) с ранжированием выраженности каждого признака от 0 до 3, при этом максимальное суммарное значение индекса составляло 30 баллов; а также цифровой рейтинговой шкалы боли (ЦРШ, Numerical Rating Scale, NRS) для субъективной оценки интенсивности болезненных ощущений. Ощущения зуда и жжения у пациенток расценивали как разновидность боли и оценивали по шкале от 0 до 10 баллов, где 0 означал отсутствие симптомов, а 10 – максимально выраженные ощущения. Контроль динамики проводили дважды: при поступлении и после завершения курса базисной терапии в сочетании с НИЛТ.

Результаты. Применение НИЛТ в сочетании с базисной терапией позволило добиться выраженного клинического улучшения у обеих пациенток. Уже после 2–3 сеансов НИЛТ отмечалось уменьшение интенсивности гиперемии периферического венчика бляшек, а также снижение субъективных ощущений боли (зуда) и стянутости кожи. После завершения курса НИЛТ у пациентки С. индекс площади поражения LS-S снизился с 9 до 4 баллов, а индекс активности LS-A – с 20 до 6 баллов; интенсивность болевых ощущений по цифровой рейтинговой шкале уменьшилась с 6 до 0 баллов, что свидетельствовало о полном исчезновении субъективной симптоматики. Сходная положительная динамика наблюдалась и у пациентки Г.: индекс LS-S снизился с 5 до 2 баллов, LS-A – с 12 до 5 баллов, а показатель боли по ЦРШ – с 4 до 0 баллов. Клинически отмечалось полное заживление эрозивных поражений и исчезновение гиперемии слизистой оболочки вульвы, а также уменьшение выраженности атрофических и склеротических изменений кожи. Объективные данные соответствовали субъективной положительной динамике: пациентки отмечали восстановление комфорта при ходьбе и сидении, исчезновение дискомфорта при мочеиспускании и заметное улучшение качества жизни. Побочных эффектов, связанных с применением НИЛТ, зарегистрировано

не было. Полученные результаты указывают на высокую клиническую эффективность и безопасность разработанного метода НИЛТ как патогенетически обоснованного дополнения к стандартной терапии у пациенток с локализованной склеродермией по типу склероатрофического лишена.

Таблица 1. Динамика индексов LS-S, LS-A и ЦРШ (NRS) у пациенток до и после курса НИЛТ

Показатель	Пациентка С. перед стандартной терапией	Пациентка С. после комбинированного курса НИЛТ + УФФ + лекарственная терапия	Пациентка Г. перед стандартной терапией	Пациентка Г. после комбинированного курса НИЛТ + УФФ + лекарственная терапия
Индекс LS-S	9	4	5	2
Индекс LS-A	20	6	12	5
ЦРШ (NRS)	6	0	4	0

Выводы. ФБМ обоснованно занимает важное место в лечении аутоиммунных поражений кожи наружных половых органов и слизистой оболочки вульвы. Представленные клинические наблюдения показывают, что курс низкоинтенсивной лазерной терапии способствует выраженному улучшению клинической картины поражений кожи наружных половых органов и слизистой вульвы у пациенток с локализованной склеродермией по типу склероатрофического лишена.

ФОТОДИНАМИЧЕСКАЯ ТЕРАПИЯ МЕЛАНОМЫ ХОРИОИДЕИ БОЛЬШИХ РАЗМЕРОВ

Науменко Л.В., Жилиева Е.П., Красный С.А., Артемьева Т.П., Церковский Д.А.

РНПЦ онкологии и медицинской радиологии им. Н.Н. Александрова, г. Минск, Беларусь

Цель. Оценить непосредственные и отдаленные результаты применения фотодинамической терапии (ФДТ) у пациентов с меланомой хориоидеи (МХ) больших размеров.

Материалы и методы. В ретроспективное исследование включено 43 пациента с морфологически верифицированным диагнозом МХ. Мужчин – 18 (41,9 %), женщин – 25 (58,1 %). Минимальный возраст составил 36 лет, максимальный – 83 года, медиана составила 65 лет. У 22 (51,2 %) пациентов диагностирована опухоль cT1N0M0, у 21 (48,8 %) – cT2N0M0. Минимальная толщина опухоли – 3 мм, максимальная – 5,2 мм, медиана – 3,5 мм (средние значения – $3,7 \pm 0,4$ мм), минимальный размер базального диаметра опухоли составил 3 мм, максимальный – 13,5 мм, медиана – 9,4 мм (среднее значение – $9,6 \pm 1,6$ мм). В качестве фотосенсибилизатора (ФС) использовали «Фотолон» (РУП

«Белмедпрепараты», Республика Беларусь), который вводился внутривенно капельно в дозах от 2 до 2,5 мг/кг. Сеансы ФДТ осуществляли с помощью полупроводникового лазерного устройства «УПЛ ФДТ» (УП «НТЦ "ЛЭМТ" БелОМО», Республика Беларусь, $\lambda = 665 \pm 5$ нм) через 3 часа после окончания инфузии ФС. Фотооблучение проводили в экспозиционной дозе 50 Дж/см² с диаметром светового пятна от 1 до 3 мм в течение 60 секунд. Непосредственный эффект от ФДТ оценивали согласно рекомендациям Всемирной организации здравоохранения при солидных опухолях (полная резорбция опухоли, стабилизация опухолевого процесса, отсутствие эффекта). Для расчета выживаемости использовался показатель скорректированной выживаемости.

Результаты. Частота осложнений составила 14,3 % (вторичная отслойка сетчатки, кровоизлияние в оболочки глаза, оптикоретинопатия, токсический увеит, вторичная неоваскулярная глаукома). Частота полных резорбций опухоли с формированием хориоидеального атрофического очага и стабилизацией опухолевого процесса составила 18,6 % (n = 8) и 69,8 % (n = 30); остальные 5 (11,6 %) пациентов находятся на динамическом наблюдении. Рецидив выявлен у 6 (13,9 %) пациентов. Метастазы выявлены в 9,3 % (n = 4) наблюдений в периоде от 1 месяца до 5,2 года и локализовались в печени, головном мозге, легких и лимфоузлах. Скорректированная одногодичная кумулятивная выживаемость составила $97,2 \pm 2,8$ %, 3-летняя – $93,6 \pm 4,4$ %, 5-летняя – $93,6 \pm 4,4$ % и 10-летняя – $84,2 \pm 9,7$ % соответственно.

Выводы. Метод ФДТ может быть использован как хорошо переносимая и эффективная опция лечения для сохранения глазного яблока и зрительных функций при лечении пациентов с МХ больших размеров.

ФОТОДИНАМИЧЕСКАЯ ТЕРАПИЯ МЕЛАНОМЫ ХОРИОИДЕИ СРЕДНИХ РАЗМЕРОВ

Науменко Л.В., Жилиева Е.П., Красный С.А., Артемьева Т.П., Церковский Д.А.

РНПЦ онкологии и медицинской радиологии им. Н.Н. Александрова, г. Минск, Беларусь

Цель. Оценить непосредственные и отдаленные результаты применения фотодинамической терапии (ФДТ) у пациентов с меланомой хориоидеи (МХ) средних размеров.

Материалы и методы. В ретроспективное исследование включено 111 пациентов. Мужчин – 40 (36,0 %), женщин – 71 (64,0 %). Минимальный возраст составил 30 лет, максимальный – 89 лет, медиана составила 66 лет. У 92 (82,9 %) пациентов диагностирована опухоль cT1N0M0, у 19 (17,1 %) – cT2N0M0. Минимальная толщина опухоли – 1,8 мм, максимальная – 2,9 мм,

медиана – 2,4 мм (средние значения – $2,3 \pm 0,3$ мм), минимальный размер базального диаметра опухоли составил 3,1 мм, максимальный – 15,1 мм, медиана – 7,6 мм (среднее значение – $7,5 \pm 1,5$ мм). В качестве фотосенсибилизатора (ФС) использовали «Фотолон» (РУП «Белмедпрепараты», Республика Беларусь), который вводился внутривенно капельно в дозах от 2 до 2,5 мг/кг. Сеансы ФДТ осуществляли с помощью полупроводникового лазерного устройства «УПЛ ФДТ» (УП «НТЦ "ЛЭМТ" БелОМО», Республика Беларусь, $\lambda = 665 \pm 5$ нм) через 3 часа после окончания инфузии ФС. Фотооблучение проводили в экспозиционной дозе 50 Дж/см² с диаметром светового пятна от 1 до 3 мм в течение 60 секунд. Непосредственный эффект от ФДТ оценивали согласно рекомендациям Всемирной организации здравоохранения при солидных опухолях (полная резорбция опухоли, стабилизация опухолевого процесса, отсутствие эффекта). Для расчета выживаемости использовался показатель скорректированной выживаемости.

Результаты. Частота осложнений составила 3,6 % (вторичная катаракта, постлучевая ретинопатия и макулопатия). Частота полных резорбций опухоли с формированием хориоретинального атрофического очага и стабилизаций опухолевого процесса составила 19,8 % ($n = 22$) и 66,7 % ($n = 74$); остальные 15 (13,5 %) пациентов находятся на динамическом наблюдении. Рецидив выявлен у 7 (6,3 %) пациентов. Метастатическая болезнь развилась у 3 (2,7 %) пациентов в периоде от 2 до 4 лет после установки диагноза и лечения и локализовалась в печени, легких и костях. Скорректированная одногодичная кумулятивная выживаемость составила 100 %, 3-летняя – $98,2 \pm 1,8$ %, 5-летняя – $95,5 \pm 3,2$ % и 10-летняя – $87,5 \pm 6,0$ % соответственно.

Выводы. Метод ФДТ может быть использован как хорошо переносимая и эффективная опция лечения для сохранения глазного яблока и зрительных функций при лечении пациентов с МХ средних размеров.

ФОТОДИНАМИЧЕСКАЯ ТЕРАПИЯ МЕЛАНОМЫ ХОРИОИДЕИ МАЛЫХ РАЗМЕРОВ

Науменко Л.В., Жилыева Е.П., Красный С.А.,
Артемьева Т.П., Церковский Д.А.

РНПЦ онкологии и медицинской радиологии
им. Н.Н. Александрова, г. Минск, Беларусь

Цель. Оценить непосредственные и отдаленные результаты применения фотодинамической терапии (ФДТ) у пациентов с меланомой хориоидеи (МХ) малых размеров.

Материалы и методы. В ретроспективное исследование включено 95 пациентов с морфологически верифицированным диагнозом МХ. Мужчин – 29

(30,5 %), женщин – 66 (69,5 %). Минимальный возраст составил 19 лет, максимальный – 86 лет, медиана – 66 лет. У 78 (82,1 %) пациентов распространенность опухоли – cT1N0M0, у 17 (17,9 %) – cT2N0M0. Минимальная толщина опухоли – 0,09 мм, максимальная – 1,7 мм, медиана – 1,5 мм (среднее значение – $1,4 \pm 0,2$ мм). Минимальный базальный диаметр опухоли составил 1,2 мм, максимальный – 10,3 мм, медиана – 5,5 мм (среднее значение – $5,7 \pm 1,4$ мм). В качестве фотосенсибилизатора (ФС) использовали «Фотолон» (РУП «Белмедпрепараты», Республика Беларусь), который вводился внутривенно капельно в дозах от 2 до 2,5 мг/кг. Сеансы ФДТ осуществляли с помощью полупроводникового лазерного устройства «УПЛ ФДТ» (УП «НТЦ "ЛЭМТ" БелОМО», Республика Беларусь, $\lambda = 665 \pm 5$ нм) через 3 часа после окончания инфузии ФС. Фотооблучение проводили в экспозиционной дозе 50 Дж/см² с диаметром светового пятна от 1 до 3 мм в течение 60 секунд. Непосредственный эффект от ФДТ оценивали согласно рекомендациям Всемирной организации здравоохранения при солидных опухолях (полная резорбция опухоли, стабилизация опухолевого процесса, отсутствие эффекта). Для расчета выживаемости использовался показатель скорректированной выживаемости.

Результаты. Частота осложнений составила 4,2 % (кровоизлияние в стекловидное тело, постлучевая ретинопатия и макулопатия). Частота полных резорбций опухоли с формированием хориоретинального атрофического очага и стабилизаций опухолевого процесса составила 30,5 % ($n = 29$) и 57,9 % ($n = 55$); остальные 11 (11,6 %) пациентов находятся на динамическом наблюдении. Частота выявления рецидива составила 12,6 % ($n = 12$). Развития метастатической болезни не регистрировалось. Скорректированная одногодичная кумулятивная выживаемость составила 100 %, 3-летняя – 100 %, 5-летняя – 100 % и 10-летняя – 100 % соответственно.

Выводы. Метод ФДТ может быть использован как хорошо переносимая и эффективная опция лечения для сохранения глазного яблока и зрительных функций при лечении пациентов с МХ малых размеров.

ВОЗМОЖНОСТИ ФОТОДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ ПРИ ДИСТРОФИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЯХ ВУЛЬВЫ

Мякишева Л.Г.¹, Раджабова М.М.²

¹ООО «Скандинавский центр здоровья», г. Москва, Россия

²ООО «МК-Клиника», г. Мытищи, Московская область, Россия

Дистрофические заболевания вульвы (склероатрофический лихен и лейкоплакия) представляют собой серьезную медико-социальную проблему,

поскольку поражают женщин активного трудоспособного возраста, сопровождаются мучительным зудом, приводят к снижению качества жизни, сексуальной дезадаптации и имеют риск малигнизации до 3,88 %. Зуд является доминирующим, нестерпимым симптомом, корреляция между степенью поражения и интенсивностью зуда отсутствует. Именно зуд приводит пациентку к гинекологу и требует эффективного лечения. Одним из самых перспективных методов лечения в этом направлении является фотодинамическая терапия (ФДТ) с использованием фотосенсибилизаторов хлоринового ряда (Фотодитазин) и светового излучения 662 нм. Метод является неинвазивным, органосохраняющим, может выполняться в амбулаторных условиях без госпитализации и общего обезболивания.

Цель. Оценить эффективность фотодинамической терапии дистрофических заболеваний вульвы, и в первую очередь ее противозудного действия, на основе собственного опыта и анализа литературных данных с учетом интегративного подхода.

Материалы и методы. В данном исследовании мы опираемся на собственный опыт применения фотодинамической терапии дистрофических заболеваний вульвы за 2025–2026 гг. и анализ научной литературы по этому направлению. Фотодинамическую терапию проводили с применением фотосенсибилизатора «Фотодитазин» (концентрат для приготовления раствора для инфузий). Для освечивания применяли отечественный лазерный аппарат для фотодинамической терапии «Кристалл» мощностью 2,0 Вт.

В данной работе мы рассматриваем два клинических случая с позиций интегративного подхода к терапии дистрофических заболеваний вульвы.

Клинический случай № 1. Пациентка 60 лет со склероатрофическим лишеном, с жалобами на дискомфорт, сухость, зуд в области наружных половых органов – более 15 лет! Ранее неоднократно лечилась в женской консультации без эффекта. Последние 5 лет – отказ от интимных отношений. У пациентки наследственно обусловленные высокие онкориски и отягощенный гинекологический анамнез. Пациентка ведет относительно здоровый образ жизни и отличается высокой комплаентностью. Категорически отказалась от кортикостероидов. Проведена ФДТ с в/в введением фотосенсибилизатора «Фотодитазин» 15.11.2025.

Клинический случай № 2. Пациентка 24 лет с лейкоплакией вульвы, с жалобами на зуд, жжение в области наружных половых органов после менструации, диспареунией. Ранее неоднократно лечилась по поводу кандидоза без эффекта. Анамнез и наследственность не отягощены. Полтора года назад перед обращением пережила тяжелый стресс, связанный с потерей близких и родных, после которого стала отмечать дискомфорт от ношения белья. Образ жизни: питание – фастфуд, кофе, сладкое, мучное; водный режим – до

1 л/сут; сон – после 24:00–1:00 до 6:00 (хронический недосып). Личная гигиена: бритье еженедельно одноразовым станком МНОГОКРАТНО. Одежда: джинсы с грубыми швами на постоянной основе (травматизация кожи). 13 сентября 2025 года проведена ФДТ с внутривенным введением фотосенсибилизатора «Фотодитазин».

В обоих случаях диагнозы гистологически верифицированы.

Результаты. В обоих случаях фотодинамическая терапия показала высокую эффективность, но в каждом случае есть свои особенности.

Клинический случай № 1 (САЛ, 60 лет). Пациентка с 15-летним анамнезом склероатрофического лишена, здоровым образом жизни и высоким комплаенсом. После ФДТ – клиническая ремиссия через 4 месяца, полное купирование зуда, восстановление качества жизни.

Клинический случай № 2 (лейкоплакия, 24 года). Пациентка с психоэмоциональным стрессом как триггером заболевания, несбалансированным питанием, хроническим недосыпом, ношением травмирующей одежды (джинсы с грубыми швами) и многократным использованием одноразового бритвенного станка. Ремиссия достигнута только через 5 месяцев, потребовалась коррекция образа жизни и подключение психолога.

Выводы. Фотодинамическая терапия является высокоэффективным методом лечения дистрофических заболеваний вульвы. В нашей практике мы наблюдали полное купирование зуда и клиническую ремиссию у обеих пациенток. Скорость достижения регресса зуда определяется не только методом лечения, но и образом жизни пациентки. Сбалансированное питание, адекватный водный режим, нормализация сна, отказ от травмирующей одежды и средств гигиены являются необходимыми условиями успеха. Фотодинамическая терапия может быть рекомендована как метод выбора при дистрофических заболеваниях вульвы в амбулаторной практике, особенно при неэффективности стандартной консервативной терапии, отказе пациентки от кортикостероидов или хирургического лечения, а также у молодых женщин с сохраненной репродуктивной функцией.

ФОТОДИНАМИЧЕСКАЯ ТЕРАПИЯ БАЗАЛЬНОКЛЕТОЧНОГО РАКА КОЖИ ГОЛОВЫ: НЕПОСРЕДСТВЕННЫЕ И ОТДАЛЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПЯТИЛЕТНЕГО ПРОСПЕКТИВНОГО НАБЛЮДЕНИЯ

Цнобиладзе Э.Д., Миненок В.А., Бабухин Е.Э.,
Клементьева А.И.

ОБУЗ «Курский онкологический НКЦ им. Г.Е. Островерхова», Курский государственный медицинский университет, г. Курск, Россия

Базальноклеточный рак кожи (БКРК) занимает ведущее место в структуре онкологической заболеваемости. Фотодинамическая терапия (ФДТ) является органосохраняющим методом, особенно востребованным при локализации опухолей в анатомически сложных и косметически значимых зонах. Фотосенсибилизаторы (ФС) на основе хлорина еб обладают высокой селективностью и благоприятным профилем безопасности. В ОБУЗ «Курский онкологический научно-клинический центр им. Г.Е. Островерхова» для проведения ФДТ на БКРК применяется ФС Радахлорин® (сумма натриевых солей хлорина еб, хлорина рб, пурпурина 5).

Цель. Оценить непосредственные и отдаленные результаты ФДТ БКРК головы I–III ст. с внутривенным введением фотосенсибилизатора (ФС) Радахлорина®.

Материалы и методы. В исследование включен 141 пациент в возрасте 49–88 лет (средний возраст – $68,5 \pm 15,6$ года) с верифицированным БКРК головы I–III стадии cT1–3N0M0. ФС Радахлорин® вводили внутривенно в дозе 1,0 мг/кг. Лазерное облучение проводили на длине волны 630 нм, световая доза составляла 300–350 Дж/см² в зависимости от клинической формы. Количество курсов – 1–2. Оценивали полную регрессию через 3 месяца, частоту рецидивов в сроки 5 лет и косметические результаты.

Результаты. Через 3 месяца после проведенного первого курса ФДТ полная регрессия опухоли достигнута у 94,3 % пациентов. У пациентов с частичным ответом после первого курса был проведен повторный курс ФДТ, что позволило достичь полной регрессии в 97,3 % случаев. При анализе отдаленных результатов через 5 лет рецидивы заболевания диагностированы в 9,9 % случаев. Частота рецидивов имела четкую зависимость от исходной стадии опухолевого процесса: наибольший риск рецидивирования – 22,2 % (2 пациента из 9) наблюдался при первичной опухоли T3. При T1–T2 частота рецидивов оставалась низкой, не превышая 7 %. Во всех случаях отмечены хорошие и отличные косметические результаты.

Выводы. ФДТ может служить эффективной альтернативой хирургическому лечению, особенно при локализации опухолей в анатомически сложных и косметически значимых зонах, а также у пациентов с противопоказаниями к оперативному вмешательству.

ВОЗМОЖНОСТИ ФОТОДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ В ЛЕЧЕНИИ HSIL И РАННЕГО ИНВАЗИВНОГО РАКА ШЕЙКИ МАТКИ

Афанасьева А.А., Куляпин В.В., Корчагин Е.В.
ГБУЗ РХ «Республиканский клинический онкологический диспансер», г. Абакан, Россия

Цель. Оценить эффективность фотодинамической терапии (ФДТ) в комбинированном лечении HSIL и инвазивного рака шейки матки IA1 стадии.

Материалы и методы. Опыт отделения опухолей молочной железы и онкогинекологии ГБУЗ РХ «РКОД» включает 39 пациенток, которым проводилась ФДТ при HSIL (CIN III и cancer *in situ*) и cancer colli uteri IA1 стадии за период с 2022 г. по настоящее время (4 года). Пациентки с HSIL (CIN III) составили 61,5 % от общего количества, cancer colli uteri *in situ* – 33,4 %, cancer colli uteri IA1 стадии – 5,1 %. В 89,7 % случаев диагноз HSIL и инвазивный рак был ассоциирован с наличием вируса папилломы человека (ВПЧ) высокого канцерогенного риска. Пациенткам после эксцизии шейки матки в общей лечебной сети проводилась вторым этапом лечения в условиях «РКОД» только ФДТ (30,8 %), остальным пациенткам проводилось комбинированное лечение в объеме конизации шейки матки с последующей ФДТ (69,2 %). Одной пациентке после проведенного комбинированного лечения (конизация + ФДТ) после получения результата гистологического исследования и выявления инвазивного рака шейки матки pT1b1 выполнена лапароскопическая расширенная нервосберегающая тотальная гистерэктомия с маточными трубами, тазовой лимфаденэктомией, транспозицией яичников. Во всех наблюдениях диагноз был верифицирован морфологически. ФДТ проводили с фотосенсибилизаторами хлоринового ряда (Радахлорин) на полупроводниковом лазерном аппарате «Лакта-Милон» с длиной волны 662 нм путем сочетанного воздействия (облучение цервикального канала диффузором с длиной рабочей части 2–3 см + облучение влажной части шейки матки макролинзой). Световое воздействие осуществлялось в импульсном режиме со скважностью 1,4 (длительность импульса – 0,7 с, интервал между импульсами – 0,3 с). Плотность энергии за сеанс ФДТ варьировала от 250 до 400 Дж/см² на поле; диаметр поля влажной части шейки матки – от 1,0 до 3,0 см; количество и размер полей облучения зависели от распространенности процесса и возможности мобилизовать шейку матки таким образом, чтобы световой луч падал перпендикулярно с равномерным распределением света в поле. Эффект ФДТ оценивался через 1–3 месяца после лечения.

Результаты. Полная регрессия HSIL и cancer colli uteri IA1 стадии после проведения ФДТ зарегистрирована у 38 (97,4 %) пациенток. У 1 пациентки после проведенного комбинированного лечения (конизация + ФДТ) по результатам гистологического исследования выявлен инвазивный плоскоклеточный рак шейки матки pT1b1, в соответствии с клиническими рекомендациями была выполнена лапароскопическая расширенная нервосберегающая тотальная гистерэктомия с маточными трубами, тазовой лимфаденэктомией, транспозицией яичников. У 35 (89,7 %) пациенток наблюдалась полная элиминация ВПЧ ВКР.

За период наблюдения рецидив не был выявлен ни у одной пациентки. Таким образом, применение ФДТ как самостоятельного метода лечения и в составе комбинированного лечения HSIL (CIN III и cancer *in situ*) и cancer colli uteri IA1 стадии позволило у 38 пациенток из 39 добиться полной регрессии опухоли и предопухолевого процесса.

Выводы. Фотодинамическая терапия является органосохраняющим методом лечения заболеваний шейки матки, уменьшая риски осложнений, осуществляя возможность реализации репродуктивной функции. Включение ФДТ в клинические рекомендации способствует расширению возможностей применения метода в большинстве региональных медицинских учреждений с целью сохранения репродуктивного потенциала населения при наличии злокачественных опухолей шейки матки.

ВОЗМОЖНОСТИ ФОТОДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ В РАДИКАЛЬНОМ ЛЕЧЕНИИ ПЕРВИЧНОГО И РЕЦИДИВНОГО РАКА КРАСНОЙ КАЙМЫ НИЖНЕЙ ГУБЫ

Шинкарев С.А.¹, Загадаев А.П.¹, Борисов В.А.¹,
Болдырев С.В.¹, Никульников Р.Ю.¹,
Костюшина Ю.И.²

¹ГУЗ «Липецкий областной онкологический диспансер», г. Липецк, Россия

²ФГБОУ ВО «Рязанский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова» Минздрава России, г. Рязань, Россия

Цель. Целью исследования является оценка эффективности фотодинамической терапии (ФДТ) в лечении первичного и рецидивного рака нижней губы 1–2 стадии.

Материалы и методы. В период с 2017 по 2026 год на базе клиники проведена фотодинамическая терапия по поводу плоскоклеточного рака красной каймы нижней губы 12 пациентам. У 8 пациентов имелись рецидивы после лучевой терапии или после комбинированного лечения, в 4 случаях опухоли были первичными. Средний размер опухоли составил 21,4 мм (минимальный – 12 мм, максимальный – 30 мм). Толщина опухоли, измеренная с помощью ультразвукового исследования, варьировала в диапазоне от 2 до 4 мм. Время от первичного лечения до возникновения рецидива составляло от 16 до 48 лет (медиана – 25,8 года). Возраст пациентов на момент проведения ФДТ находился в пределах от 60 до 87 лет (медиана – 74,6 года).

В качестве фотосенсибилизатора применяли производные хлорина е6 в дозе 1 мг/кг веса, вводимые внутривенно. Количество полей лазерного облучения опухоли варьировало от 1 до 5. Средняя плотность дозы на поле составила 320 ± 25 Дж/см², плотность

мощности – 410 ± 30 мВт/см². Облучение проводилось по полипозиционной методике. Для обезболивания ФДТ использовали комбинации нестероидных противовоспалительных препаратов (НПВС), трамадола и проводниковую мандибулярную анестезию.

Результаты. Полная регрессия после проведения ФДТ зарегистрирована во всех 12 случаях (100 %). Медиана наблюдения составила 73 месяца (6 лет). Отдаленные результаты отслежены у 10 пациентов. Случаев рецидива рака нижней губы после проведения ФДТ не зафиксировано.

Выводы. Фотодинамическая терапия является эффективным методом лечения рака нижней губы 1–2 стадии. Использование ФДТ при первичных и рецидивных опухолях нижней губы позволяет избежать калечащих хирургических вмешательств, обеспечивает хорошие косметические и благоприятные отдаленные онкологические результаты.

ФОТОДИНАМИЧЕСКАЯ ТЕРАПИЯ ЭРИТРОПЛАЗИИ КЕЙРА

Словоходов Е.К., Зыков А.А.

ФГБУ «Центральная клиническая больница с поликлиникой» Управления делами Президента Российской Федерации, г. Москва, Россия

Цель. Оценка эффективности и безопасности фотодинамической терапии (ФДТ) с фотосенсибилизатором, производным хлорина е6, у пациентов с эритроплазией Кейра – внутриэпителиальной неоплазией высокой степени (болезнь Боуэна) слизистой оболочки полового члена.

Материалы и методы. В проспективное исследование включены 12 пациентов с гистологически подтвержденным диагнозом эритроплазии Кейра (болезнь Боуэна, высокодифференцированная интраэпителиальная неоплазия). Средний возраст пациентов составил $58,4 \pm 7,2$ года. Всем пациентам проводилась ФДТ с внутривенным введением фотосенсибилизатора на основе производного хлорина е6 (Фоторан е6) в дозе 1,0 мг/кг. Световое облучение (длина волны – 662 нм, плотность мощности – 200 мВт/см², плотность энергии – 200 – 250 Дж/см²) выполнялось через 2–2,5 часа после введения препарата. Контрольное обследование проводилось через 3, 6 и 12 месяцев и включало клинический осмотр, дерматоскопию, цитологическое и гистологическое исследование, а также оценку функциональных и косметических результатов.

Результаты. Полное излечение, подтвержденное отсутствием атипических клеток при цитологическом и гистологическом исследовании, достигнуто у 11 (91,7 %) пациентов после однократного сеанса ФДТ. У 1 (8,3 %) пациента отмечена частичная регрессия с сохраняющимися участками дисплазии легкой сте-

пени, потребовавшая проведения повторного сеанса, после которого также достигнута полная ремиссия. Рецидивов заболевания за 12 месяцев наблюдения не зафиксировано. Во всех случаях отмечен отличный косметический результат с полным заживлением слизистой без рубцовых деформаций и участков гипер- или гипопигментации. Функциональных нарушений не зарегистрировано ни у одного пациента. ФДТ характеризовалась хорошей переносимостью: у 3 (25 %) пациентов наблюдалось легкое транзиторное жжение и отек в зоне облучения, купировавшиеся самостоятельно в течение 2–3 дней. Серьезных нежелательных явлений не зафиксировано.

Выводы. Фотодинамическая терапия с производным хлорина е6 является высокоэффективным и безопасным методом лечения эритроплазии Кейра, позволяющим достичь полного излечения у 91,7 % пациентов при отличных косметических и функциональных результатах. Метод может рассматриваться как предпочтительный органосохраняющий подход при данной патологии, особенно у пациентов молодого и среднего возраста, позволяя избежать увечья оперативных вмешательств и сохранить качество жизни.

ЭСТЕТИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ФОТОДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ БАЗАЛЬНОКЛЕТОЧНОГО РАКА КОЖИ СЛОЖНЫХ ЛОКАЛИЗАЦИЙ

Словоходов Е.К., Зыков А.А.

ФГБУ «Центральная клиническая больница с поликлиникой» Управления делами Президента Российской Федерации, г. Москва, Россия

Цель. Оценка эстетических результатов фотодинамической терапии (ФДТ) с фотосенсибилизатором, производным хлорина е6, у пациентов с базальноклеточным раком кожи (БКРК) сложных локализаций (лоб, нос, ушные раковины, веки, периорбитальная область, периоральная область).

Материалы и методы. В проспективное исследование включены 142 пациента с гистологически верифицированным БКРК сложных локализаций: кожа носа (n = 58), периорбитальная область (n = 23), ушные раковины (n = 19), периоральная область (n = 12), множественные очаги в эстетически значимых зонах (n = 30). Всем пациентам проводилась ФДТ с внутривенным введением фотосенсибилизатора на основе хлорина е6 в дозе 1,0 мг/кг. Световое облучение (длина волны – 662 нм, плотность мощности – 200–300 мВт/см², плотность энергии – 200–300 Дж/см²) выполнялось через 2–2,5 часа после введения препарата. Оценка эстетических результатов проводилась через 1, 3, 6 и 12 месяцев по 4-балльной шкале (отлично, хорошо, удовлетворительно, удовлетво-

рительно) с учетом цвета кожи, наличия рубцовых изменений, деформаций и нарушений пигментации. Дополнительно проводилась оценка удовлетворенности пациентов косметическим результатом по визуально-аналоговой шкале (0–100 баллов).

Результаты. Полное излечение достигнуто у 136 (95,8 %) пациентов после одного или двух сеансов ФДТ. Отличные эстетические результаты (полное восстановление кожи без видимых следов вмешательства, отсутствие рубцов и нарушений пигментации) зафиксированы у 118 (83,1 %) пациентов. Хорошие результаты (минимальные изменения текстуры или оттенка кожи, незаметные при беглом осмотре) – у 19 (13,4 %). Удовлетворительные результаты (наличие негрубых рубцовых изменений или незначительной гипопигментации) отмечены у 5 (3,5 %) пациентов. Неудовлетворительных эстетических результатов (грубые рубцы, деформации, выраженная пигментация) не зафиксировано. Средний показатель удовлетворенности пациентов косметическим результатом составил $94,6 \pm 4,8$ балла. У пациентов с локализацией опухолей на веках и периоральной области отмечено полное сохранение функции при отличном эстетическом результате у 95,7 % и 91,7 % случаев соответственно.

Выводы. Фотодинамическая терапия с производным хлорина е6 при базальноклеточном раке кожи сложных локализаций обеспечивает не только высокую онкологическую эффективность (95,8 % полного излечения), но и превосходные эстетические результаты у подавляющего большинства пациентов (96,5 % отличных и хороших исходов). Метод позволяет сохранить анатомическую целостность и функцию органов в эстетически значимых зонах, избежать рубцовых деформаций и может рассматриваться как оптимальный органосохраняющий подход при данной патологии, обеспечивающий высокую удовлетворенность пациентов лечением.

ПАЛЛИАТИВНАЯ ФОТОДИНАМИЧЕСКАЯ ТЕРАПИЯ В ЛЕЧЕНИИ РАСПАДАЮЩИХСЯ ОПУХОЛЕЙ КОЖИ

Словоходов Е.К., Зыков А.А.

ФГБУ «Центральная клиническая больница с поликлиникой» Управления делами Президента Российской Федерации, г. Москва, Россия

Цель. Оценка эффективности паллиативной фотодинамической терапии (ФДТ) в лечении распадающихся опухолей кожи у пациентов с неоперабельными формами заболевания, включая контроль болевого синдрома, купирование экссудации и кровоточивости, улучшение качества жизни.

Материалы и методы. В проспективное исследование включены 27 пациентов с гистологически

верифицированными распадающимися злокачественными опухолями кожи: базальноклеточный рак ($n = 12$), плоскоклеточный рак ($n = 8$), меланома с кожными метастазами ($n = 4$), саркома Капоши ($n = 3$). Всем пациентам проведена паллиативная ФДТ с внутривенным введением фотосенсибилизатора хлорина е6 (Фоторан е6) в дозе 1,0 мг/кг. Световое облучение (длина волны – 662 нм, плотность мощности – 200–300 мВт/см², плотность энергии – 200–300 Дж/см²) выполнялось через 2 часа после введения препарата. Оценка клинической эффективности проводилась через 3–4 недели после процедуры по следующим критериям: уменьшение размеров опухолевых очагов, купирование кровоточивости, уменьшение экссудации и неприятного запаха, выраженность болевого синдрома (по визуально-аналоговой шкале, ВАШ), динамика качества жизни (опросник EORTC QLQ-C30).

Результаты. Полный или частичный регресс опухолевых очагов с очищением раневой поверхности от некротических масс достигнут у 24 (88,9 %) пациентов. Купирование кровоточивости отмечено у всех 27 (100 %) пациентов, уменьшение экссудации – у 25 (92,6 %), устранение неприятного запаха – у 26 (96,3 %). Выраженность болевого синдрома по шкале ВАШ снизилась в среднем с $6,8 \pm 1,2$ до $2,1 \pm 0,9$ балла ($p < 0,01$). У 23 (85,2 %) пациентов отмечено улучшение общего самочувствия и качества жизни по данным опросника EORTC QLQ-C30. Процедура характеризовалась хорошей переносимостью, серьезных нежелательных явлений не зарегистрировано. У всех пациентов достигнут удовлетворительный косметический результат с эпителизацией ранее существовавших раневых дефектов.

Выводы. Паллиативная фотодинамическая терапия с хлорином е6 является высокоэффективным и безопасным методом лечения распадающихся опухолей кожи, позволяющим добиться контроля основных симптомов (кровоточивость, экссудация, неприятный запах, болевой синдром) у подавляющего большинства пациентов. Метод способствует улучшению качества жизни, обеспечивает приемлемый косметический результат и может рассматриваться как терапия выбора у пациентов с неоперабельными формами заболевания, когда другие виды лечения противопоказаны или неэффективны.

ФОТОДИНАМИЧЕСКАЯ АБЛАЦИЯ ПРИ АТИПИЧЕСКОЙ ГИПЕРПЛАЗИИ ЭНДОМЕТРИЯ У ПАЦИЕНТОК ВЫСОКОГО РИСКА

Словоходов Е.К., Зыков А.А.

ФГБУ «Центральная клиническая больница с поликлиникой» Управления делами Президента Российской Федерации, г. Москва, Россия

Цель. Оценка эффективности и безопасности фотодинамической абляции (ФДА) эндометрия с фотосенсибилизатором хлорином е6 у пациенток с атипической гиперплазией эндометрия (АГЭ), имеющих тяжелые соматические заболевания, исключающие возможность проведения радикального хирургического лечения или длительной гормональной терапии.

Материалы и методы. В проспективное исследование включена 101 пациентка с гистологически подтвержденной тяжелой атипической гиперплазией эндометрия. Все женщины имели множественные тяжелые сопутствующие заболевания, являвшиеся абсолютными противопоказаниями к гистерэктомии и клиническими противопоказаниями к длительной терапии высокими дозами прогестинов. Всем пациенткам проводилась ФДА с внутривенным введением фотосенсибилизатора – производного хлорина е6 (Фоторан е6) в дозе 1,0 мг/кг. Световое облучение (длина волны – 662 нм, мощность – 1000 мВт) выполнялось через 2 часа после введения препарата с помощью цилиндрического диффузора TF-C20, введенного в полость матки через катетер Фолея. Время экспозиции составило 15 минут. Контрольное обследование проводилось в течение 12 месяцев и включало трансвагинальное ультразвуковое исследование, биопсию эндометрия, цитологическое исследование и диагностическую гистероскопию.

Результаты. 101 пациентка завершила процедуру и период наблюдения. Полное клинико-морфологическое излечение, подтвержденное отсутствием атипии в биоптатах и восстановлением нормального эндометрия, достигнуто у 93 (92 %) пациенток после однократного сеанса ФДА. Отсутствие ответа на терапию отмечено у 8 (8 %) женщин, потребовавших проведения дополнительного лечения. Рецидивов заболевания за 12 месяцев наблюдения не зафиксировано. Не зарегистрировано ни одного случая термического повреждения миометрия, внутриматочных синехий или серьезных послеоперационных осложнений. Процедура характеризовалась отличной переносимостью; клинически значимых нежелательных явлений, связанных с анестезией, не отмечено. Органосберегающий эффект достигнут у всех пациенток с полным ответом на терапию.

Выводы. Фотодинамическая абляция эндометрия с производным хлорина е6 является высокоэффективным, безопасным и органосохраняющим методом лечения тяжелой атипической гиперплазии эндометрия у пациенток с противопоказаниями к гистерэктомии или длительной гормональной терапии. Достижение 92 % полного излечения и отсутствие рецидивов в течение 12 месяцев позволяют рассматривать ФДА как полноценную альтернативу традиционным методам лечения у данной тяжелой категории больных, позволяющую избежать метаболических, репродуктивных и хирургических осложнений.

ФОТОДИНАМИЧЕСКАЯ ТЕРАПИЯ В ЛЕЧЕНИИ ПОСЛЕОПЕРАЦИОННОЙ ЛИМФОРЕИ

Неклюдова М.В., Гордеева А.С., Белов Е.Н.

ФГАУ НМИЦ «Лечебно-реабилитационный центр» Минздрава России, г. Москва, Россия

В онкологической практике расширенные операции при раке молочной железы, сопровождающиеся лимфодиссекцией, часто осложняются лимфореей. Данное состояние коррелирует с объемом диссекции и затрудняет заживление ран, увеличивая сроки госпитализации и амбулаторного лечения. Длительное существование послеоперационных сером отодвигает начало адьювантной терапии, что обуславливает необходимость поиска эффективных методов решения этой проблемы.

Цель. Провести оценку эффективности и безопасности фотодинамической терапии (ФДТ) в лечении послеоперационной лимфореей у пациентов, перенесших оперативные вмешательства с лимфодиссекцией.

Материалы и методы. В исследование включены 83 пациента с послеоперационными серомами. Проводился один сеанс ФДТ. Фотосенсибилизатор на основе хлорина е6 вводился внутривенно капельно в дозе 0,5 мг/кг. По окончании лекарственно-светового периода (120–180 мин) под контролем ультразвукового исследования выполнялась пункция полости серомы с последующим введением диффузионного световода. Проводилось лазерное облучение полости (длина волны – 662 ± 1 нм) в световой дозе 20 Дж/см².

Результаты. У 76 из 83 пациентов (91,5 %) после однократного сеанса ФДТ в течение 2–4 недель наблюдалось полное прекращение лимфореей и резорбция лимфоцеле. Нежелательных реакций и осложнений, связанных с процедурой, зарегистрировано не было.

Выводы. Фотодинамическая терапия является эффективным и безопасным малоинвазивным методом лечения послеоперационной лимфореей. Применение ФДТ позволяет в подавляющем большинстве случаев купировать лимфореею за один сеанс, сократить сроки реабилитации и создать условия для своевременного начала адьювантной терапии.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ФОТОДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ В ЛЕЧЕНИИ ПРЕДРАКОВЫХ СОСТОЯНИЙ И ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫХ НОВООБРАЗОВАНИЙ ШЕЙКИ МАТКИ И ВУЛЬВЫ

Александрова Е.Г., Каганов О.И., Щукин В.Ю.

ГБУЗ «Самарский областной клинический онкологический диспансер», г. Самара, Россия

Цель. Анализ результатов фотодинамической терапии (ФДТ) предраковых заболеваний и начальных форм рака шейки матки и вульвы.

Материалы и методы. За период с ноября 2023 по декабрь 2025 г. на базе отделения онкогинекологии ГБУЗ СОКОД методом ФДТ пролечено 48 пациенток в возрасте от 33 до 84 лет: 28 – с патологией шейки матки (HSIL, *c-r in situ*, IA1 стадия), 6 – с патологией вульвы (VIN 3, базальноклеточный рак). В исследование включались пациентки с гистологически верифицированными цервикальными интраэпителиальными дисплазиями 2–3 степени, раком шейки матки IA1 стадии, вульварными интраэпителиальными дисплазиями, базальноклеточным раком вульвы и промежности. В работе использовался фотосенсибилизатор хлоринового ряда «Радахлорин» производства ООО «РАДА-ФАРМА» (Россия). Расчет дозы ФС производился по формуле с учетом необходимой концентрации 1 мг/кг массы тела. Препарат вводился внутривенно капельно в течение 30 минут. Через 180 минут проводилась флуоресцентная диагностика для визуализации очагов поражения. На следующем этапе пораженные участки облучались светом определенной длины волны с использованием световодов и лазера «Лахта-Милон» (г. Санкт-Петербург).

Результаты. Контроль лечения проводился через 3 месяца после ФДТ и включал в себя жидкостную цитологию и тест на вирус папилломы человека (ВПЧ). У 78,6 % пациенток при контрольном цитологическом обследовании не выявлено признаков интраэпителиального поражения, у 71,4 % пациенток зафиксирован отрицательный тест на ВПЧ. У 6 пациенток выявлено снижение концентрации ВПЧ до клинически мало значимой (продолжена противовирусная терапия по месту жительства). У 6 пациенток на контрольном исследовании выявлена HSIL, однако, согласно результатам реконизации, в половине случаев была получена дисплазия легкой степени. У 3 пациенток верифицирована HSIL гистологически, двум пациенткам повторно проведена ФДТ, одной выполнена экстирпация матки с маточными трубами. В группе пациенток с базальноклеточным раком вульвы у одной пациентки был диагностирован рецидив заболевания через год после проведенного лечения, что потребовало повторного сеанса ФДТ. Все остальные пациентки находятся на диспансерном наблюдении у онкогинеколога КДО ГБУЗ СОКОД без признаков рецидива на данный момент.

Выводы. Фотодинамическая терапия – высокоэффективный метод лечения заболеваний женских половых органов, который позволяет проводить органосохранное лечение в группе пациенток детородного возраста, не приводя к деформации шейки матки, оказывать воздействие на главный этиологический фактор риска развития диспластических изменений, а также расширяет возможности лечения пациенток с тяжелой сопутствующей патологией, имеющих высокие риски оперативного лечения.

АКТУАЛЬНОСТЬ СОГЛАСОВАННЫХ СТРАТЕГИЙ В ЛЕЧЕНИИ РЕДКИХ И СОЧЕТАННЫХ ФОРМ БУЛЛЕЗНОГО ПЕМФИГОИДА

Куприянова А.Г.¹, Молочкова Ю.В.¹,
Сетдикова Г.Р.¹, Молочков А.В.¹, Сухова Т.Е.¹,
Молочков В.А.¹, Решетов И.В.^{2,3,4,5}, Романко Ю.С.^{2,3}

¹ГБУЗ МО «МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского», г. Москва, Россия

²ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России, г. Москва, Россия

³Академия постдипломного образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА России, г. Москва, Россия

⁴ЧОУВО «МУ им. С.Ю. Витте», г. Москва, Россия

⁵НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва, Россия

Цель. Оценить распространенность и иммуноморфологические особенности IgM-зависимого буллезного пемфигоида (БП), а также БП, развившегося на фоне псориаза у пациентов, проходивших лечение в дерматовенерологическом отделении «МОНИКИ».

Материалы и методы. В рамках ретроспективного анализа за период с сентября 2020 по октябрь 2025 года проанализировано 658 биоптатов кожи 658 пациентов. Для исследования применялся метод иммунофлуоресценции (ПИФ и НИФ) с использованием антител к IgG, IgM, IgA, C3 и C4d. Циркулирующие в сыворотке крови пациентов аутоантитела к BP180/230 выявляли иммуноферментным анализом (ELISA) с применением коммерческих тест-систем. Образцы кожи оценивали под микроскопом Leica DM2500.

Результаты. Диагноз «буллезный пемфигоид» поставлен 141 пациенту (средний возраст – 70,3 года). IgM-зависимый БП – редкая форма пемфигоида с нетипичными и разнообразными клиническими проявлениями – обнаружен в 0,6 % случаев (4 пациента). У одного пациента наблюдалось W-образное отложение IgM и компонента комплемента C3 в базальной мембране эпидермиса. У троих выявлено линейное отложение IgM и C4d. В настоящее время консенсус среди специалистов относительно диагностики и лечения этой формы БП отсутствует. В нашем случае течение заболевания и подходы к лечению не отличались от стандартных, ремиссия была достигнута с помощью обычной терапии. Развитие БП на фоне псориаза обнаружено в 8 случаях (средний возраст пациентов – 56 лет). Выявляли линейную фиксацию IgG и C3 в зоне базальной мембраны эпидермиса. У одного пациента БП, развившийся на фоне псориаза, манифестировал остро после однократного введения метотрексата.

Выводы. Метод иммунофлуоресценции играет решающую роль при выявлении редких и сочетанных форм буллезного пемфигоида. Необходим согласованный алгоритм диагностико-терапевтических под-

ходов, поскольку при ассоциации псориаза и буллезного пемфигоида фотодинамическая терапия может спровоцировать манифестацию последнего.

КОМБИНИРОВАННАЯ ТЕРАПИЯ ЛОКАЛИЗОВАННОЙ СКЛЕРОДЕРМИИ С ВКЛЮЧЕНИЕМ ТОПИЧЕСКОЙ ФОТОДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФОТОСЕНСИБИЛИЗАТОРА ДИМЕГЛЮМИНА ХЛОРИНА Е6

Або Хадиджих М.Б.¹, Жукова О.В.^{1,2}, Корсунская И.М.³

¹ФГАОУ ВО «РУДН им. Патриса Лумумбы», г. Москва, Россия

²ГБУЗ «Московский Центр дерматовенерологии и косметологии», г. Москва, Россия

³ФГБУН «Центр теоретических проблем физико-химической фармакологии РАН», г. Москва, Россия

Цель. Оценить клиническую эффективность, динамику структурных изменений кожи и безопасность применения топической фотодинамической терапии (ФДТ) с фотосенсибилизатором димеглюмина хлорина е6 в составе комбинированной терапии у пациентов с активной формой локализованной склеродермии (ЛС).

Материалы и методы. В исследование включено 45 пациентов (34 женщины, 11 мужчин) с активной формой ЛС. Средний возраст составил $49,3 \pm 14,9$ года (от 21 до 74 лет), средняя длительность заболевания – $5,2 \pm 4,8$ года (от 6 месяцев до 19 лет). Всем пациентам на фоне стандартной терапии проведен курс топической ФДТ по оригинальному протоколу: аппликация 0,5 % геля димеглюмина хлорина е6 ($0,2 \text{ мл/см}^2$), 30-минутная экспозиция, фотоактивация аппаратом «ЛАТУС-Т Маска» ($660 \pm 10 \text{ нм}$, 100 Дж/см^2). Процедуры проводились 1 раз в 2 дня, курс составил 3–5 процедур. Эффективность оценивали до лечения, через 3 и 6 месяцев с помощью клинического осмотра и ультразвукового исследования кожи с измерением толщины эпидермиса, толщины и плотности дермы.

Результаты. У всех 45 пациентов зафиксирована положительная динамика по данным ультразвукового исследования (УЗИ), сохранявшаяся в течение 6 месяцев наблюдения. Переносимость процедур была хорошей: у большинства пациентов отмечалась проходящая эритема от слабой до умеренной, сохранявшаяся от нескольких часов до 2–3 суток и разрешавшаяся самостоятельно. У 3 пациентов (6,7 %) наблюдался незначительный локальный отек, также купированный без вмешательства. Серьезных нежелательных явлений не зарегистрировано.

Приводим клинические примеры, иллюстрирующие эффективность метода у пациентов с различной длительностью и активностью заболевания.

Клинический пример № 1. Пациент 40 лет с бляшечной ЛС на фоне коморбидной аутоиммунной патологии (тиреоидит, псориаз) в течение 15 лет. Предшествующая терапия топическими кортикостероидами и бензилпенициллином – без эффекта. До лечения: плотные бляшки с сиреневым венчиком, индурация. Проведено 3 процедуры ФДТ (1 раз в 2 дня) на фоне Метотрексата 15 мг/нед. Через 6 месяцев – полное разрешение очага, кожа практически здорова. По УЗИ: толщина эпидермиса снизилась с 65 до 48 мкм (-26 %), дермы – с 3005 до 1950 мкм (-35 %), плотность дермы – с 39,7 до 30,2 усл. % (-24 %).

Клинический пример № 2. Пациент 60 лет с бляшечной ЛС в течение 5 лет. Стандартная терапия без эффекта. До лечения: плотные бляшки с умеренной индурацией, слабый сиреневый венчик. Проведено 5 процедур ФДТ (1 раз в 2 дня) на фоне Метотрексата 15 мг/нед. Через 6 месяцев: размягчение очагов, исчезновение венчика. По УЗИ: толщина эпидермиса снизилась с 90 до 78 мкм (-13 %), дермы – с 3280 до 2300 мкм (-30 %).

Клинический пример № 3. Пациентка 38 лет с активной бляшечной ЛС. Предшествующая терапия топическими кортикостероидами недостаточно эффективна. До лечения: плотные бляшки с активным сиреневым венчиком, индурация. Проведено 3 процедуры ФДТ (1 раз в 2 дня) на фоне Метотрексата 15 мг/нед. Через 6 месяцев: уменьшение площади очагов, исчезновение венчика, восстановление эластичности. По УЗИ: толщина эпидермиса снизилась с 65 до 46 мкм (-29 %), дермы – с 3005 до 1800 мкм (-40 %).

Выводы. Разработанный протокол комбинированной терапии с включением топической ФДТ на основе димеглюмина хлорина еб (3–5 процедур 1 раз в 2 дня) в сочетании с Метотрексатом 15 мг/нед продемонстрировал высокую клиническую эффективность у пациентов с активной ЛС, включая резистентные формы. Метод характеризуется благоприятным профилем безопасности (минимальные преходящие реакции в виде эритемы) и подтвержденным регрессом фиброза по данным УЗИ. Полученные результаты обосновывают целесообразность включения данного метода в алгоритмы лечения активных и резистентных форм локализованной склеродермии.

ПРИМЕНЕНИЕ ФОТОДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ В КОМПЛЕКСНОМ ЛЕЧЕНИИ ВУЛЬВАРНЫХ ИНТРАЭПИТЕЛИАЛЬНЫХ НЕОПЛАЗИЙ (VIN) И АТРОФИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ ВУЛЬВЫ

Жулябина Е.А., Дваладзе Л.Г., Добрун М.В.
ФГБУ СЗОНКЦ им. Л.Г. Соколова ФМБА России,
г. Санкт-Петербург, Россия

Дифференцированная вульварная интраэпителиальная неоплазия (dVIN) – гистологический подтип VIN, не ассоциированный с вирусом папилломы человека (ВПЧ), возникает на фоне хронических воспалительных дерматозов вульвы, чаще всего – на фоне склерозирующего лишена вульвы (СЛВ). Встречается в основном у женщин старшей возрастной группы, является причиной снижения качества жизни пациенток и имеет большой потенциал злокачественности.

Цель. Оценить эффективность и безопасность фотодинамической терапии (ФДТ) при лечении СЛВ, а также эффективность применения ФДТ при лечении неоплазий вульвы, возрастных изменений вульвы в сочетании со стандартной терапией.

Материалы и методы. В исследование были включены 13 пациенток с СЛВ, резистентным к консервативной терапии. Всем пациенткам была выполнена биопсия вульвы для подтверждения гистологического диагноза. Основная группа – 6 (46 %) женщин, которым после курса местных глюкокортикостероидов (ГКС) и при необходимости санации (с учетом посевов по выявленным возбудителям) был проведен курс ФДТ вульвы с использованием фотосенсибилизатора хлоринового ряда в виде геля и с последующим облучением кожи промежности и преддверия влагалища лазером с длиной волны 662 нм световодом с макролинзой (диаметр светового пятна – 5 см, плотность энергии – $E_s = 50$ Дж/см²), длительность облучения составила 5 минут на 1 зону. Процедуру ФДТ проводили 1 раз в 7 дней, курс в среднем 3–5 раз. Контрольная группа – 7 (54 %) женщин, которые получали стандартную консервативную терапию с применением местных ГКС, эмолентов, увлажняющих препаратов, содержащих гиалуроновую кислоту для местного применения.

Результаты. Оценка результатов проводилась через 1 месяц после курса лечения по визуально-аналоговой шкале (ВАШ), данным осмотра (оценка состояния кожи промежности, слизистой стенки влагалища), вульвоскопии; также оценивали удовлетворенность пациенток от курса процедур. Отмечено, что при сочетании стандартных схем консервативной терапии и ФДТ гораздо быстрее купируются дискомфорт, жжение кожных покровов; зуд исчезает практически после первой процедуры. По завершении полного курса восстанавливается эластичность, увлажненность кожи промежности и слизистой вульвы практически до нормальных показателей.

Выводы. Комплексное применение стандартной консервативной терапии и ФДТ позволяет достичь более выраженного и длительного анальгетического эффекта, значительно улучшает качество жизни женщин, является высокоэффективным и безопасным методом лечения СЛВ.

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ФОТОДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ В КОМПЛЕКСНОМ ЛЕЧЕНИИ РАЗЛИЧНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ КОЖИ В АМБУЛАТОРНОЙ ПРАКТИКЕ

Голубовская С.В., Дваладзе Л.Г., Добрун М.В.

ФГБУ СЗОНКЦ им. Л.Г. Соколова ФМБА России, г. Санкт-Петербург, Россия

Актуальность проблемы фотостарения кожи, в частности проявляющегося мелазмом, эластозом, эпидермальной атрофией, формированием купероза, актиническим кератозом, обусловлена не только косметическим дефектом, влияющим на психоэмоциональное состояние пациентов, но и повышенным риском развития рака кожи, нарушением барьерной функции кожи. Хронический хейлит – это длительное воспаление красной каймы губ, проявляющееся гиперкератозом, образованием плотных чешуек, трещин, трудно поддающееся лечению. Одной из разновидностей хейлита является актинический хейлит.

Цель. Оценить эффективность применения фотодинамической терапии (ФДТ) в комплексном лечении при различных состояниях кожи, обусловленных фотостарением, воздействием поллютантов.

Материалы и методы. На терапию ФДТ были отобраны 3 пациентки с проявлениями актинического кератоза с единичными очагами на носу, одна из них с базальноклеточным раком кожи в анамнезе. Один пациент с многочисленными очагами актинического кератоза на голове на фоне алопеции с базальноклеточным раком кожи в анамнезе. Ранее перенес удаление лазером «подозрительных» очагов. До начала ФДТ процесс прогрессировал у всех пациентов, наблюдение велось методом дерматоскопии в период от 1 до 4 лет. Перед ФДТ было проведено цитологическое исследование всех очагов. Был проведен курс ФДТ с использованием фотосенсибилизатора хлоринового ряда в виде геля и с последующим облучением кожи лазером с длиной волны 662 нм световодом с макролинзой (диаметр светового пятна – 2 см, плотность энергии – $E_s = 100$ Дж/см²), длительность облучения составила 2 минуты на 1 зону. Процедуру проводили 1 раз в 10 дней, курс в среднем 3–4 раза.

В группе с хейлитами 2 пациентки с эксфолиативной (идиопатической) формой, которые ранее проходили пульс-терапию топическими стероидами и топическим такролимусом, эмолентами. При отмене противовоспалительной терапии отмечались быстрые рецидивы. Общим был проведен курс ФДТ с использованием фотосенсибилизатора хлоринового ряда в виде геля и с последующим облучением кожи лазером с длиной волны 662 нм световодом с макролинзой (диаметр светового пятна – 2 см, плотность энергии – $E_s = 50$ Дж/см²), длительность облучения составила 1,5 минут на 1 зону. ФДТ проводили 1 раз в 7 дней, курс в среднем 2–4 раза.

Результаты. У всех пациентов с актиническим кератозом было отмечено уменьшение шелушения кожи в очагах и выравнивание цвета, уменьшение жжения, стянутости кожи, улучшение увлажненности. У мужчины эффект сохраняется уже более 1 года. Пациентки находятся в процессе динамического наблюдения – 1 раз в 2 месяца. Среди пациенток с хейлитом у пациентки, прошедшей курс из 4 процедур, отмечалось улучшение уже после второй процедуры: исчезли сухость, отечность, жжение кожи. Эффект сохраняется уже более месяца после окончания курса. Вторая пациентка прошла 2 процедуры, после первой «губы облезли», кожа стала более мягкой, необходимость применения эмолента остается. Необходимо продолжать лечение.

Выводы. Применение ФДТ у пациентов с состояниями, обусловленными фотостарением кожи, продемонстрировало положительный эффект как в ближайший, так и в отсроченный период наблюдения. Метод показал высокую эффективность и безопасность, способствовал значительному улучшению качества жизни пациентов, положительно повлиял на их психическое состояние и повысил приверженность лечению.

РОЛЬ ОПТИЧЕСКОЙ КОГЕРЕНТНОЙ ТОМОГРАФИИ В ОПРЕДЕЛЕНИИ ГРАНИЦ РАСПРОСТРАНЕНИЯ БАЗАЛЬНОКЛЕТОЧНОГО РАКА КОЖИ ПЕРЕД ПРОВЕДЕНИЕМ ФОТОДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ

Сафронов Д.В.¹, Конопацкова О.М.¹, Кузинова Я.К.¹, Генина Э.А.², Сурков Ю.И.^{2,3}, Серебрякова И.А.^{2,3}

¹ФГБОУ ВО «Саратовский ГМУ им. В.И. Разумовского» Минздрава России, г. Саратов, Россия

²ФГБОУ ВО «Саратовский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского», Институт физики, г. Саратов, Россия

³ФГБОУ ВО «Саратовский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского», Научный медицинский центр, г. Саратов, Россия

Базальноклеточный рак кожи (БКРК) считается самой распространенной злокачественной опухолью кожи. При невозможности хирургического лечения БКРК допустимо выполнение фотодинамической терапии (ФДТ) с препаратами на основе хлорина еб. Для определения степени локального поражения применяют неинвазивный метод диагностики – оптическую когерентную томографию (ОКТ).

Цель. Оценить диагностические возможности ОКТ на этапе подготовки к ФДТ при лечении БКРК, провести анализ соответствия границы опухоли при ОКТ видимым границам.

Материалы и методы. Проведен сравнительный анализ за период с 2022 по 2025 год основной группы, включавшей 52 пациента с БКРК, которым перед проведением ФДТ опухоли выполнялась ОКТ, и группы сравнения, включавшей 48 пациентов, которым ОКТ не проводилась. По размеру чаще встречались опухоли от 6 до 10 мм – 53,8 %. Преобладала поверхностная форма БКРК – 82,7 %. Диагноз подтвержден цитологически. Перед началом лечения пациентам основной группы выполнена ОКТ с целью оценки границ опухоли. За 3 часа до ФДТ пациентам вводили раствор хлорина еб димеглюмина в дозе 10 мг/кг на 100 мл физиологического раствора внутривенно. ФДТ проводили на аппарате «Алод-01» с длиной волны 662 нм и плотностью энергии 350 Дж/см².

Результаты. На ОКТ-изображениях опухолей у 76,9 % пациентов отмечается общая неоднородность сигнала, исходящего от эпидермиса, увеличение числа кровеносных сосудов по сравнению с визуально здоровой кожей. При ОКТ размеры опухоли больше, чем визуальные. При узловой форме БКРК отмечается наибольшая разница между видимыми размерами опухоли и ОКТ данными – 1,7 мм; в меньшей степени наблюдаются отличия при инфильтративной форме – 1,5 мм, при поверхностной форме – 1,2 мм. Полученные данные использовали для оценки фактического размера опухоли перед выполнением ФДТ. При анализе отдаленных результатов в течение 3 лет рецидивы БКРК в основной группе составили 1 %, в группе сравнения – в 8 % случаев.

Выводы. ОКТ является методом визуализации краев опухоли перед проведением ФДТ, что позволяет улучшить результаты лечения БКРК.

ФОТОДИНАМИЧЕСКАЯ ТЕРАПИЯ В ЛЕЧЕНИИ БАЗАЛЬНОКЛЕТОЧНОГО РАКА КОЖИ В УСЛОВИЯХ ГБУ РС(Я) «ЯКУТСКИЙ РЕСПУБЛИКАНСКИЙ ОНКОЛОГИЧЕСКИЙ ДИСПАНСЕР»

Кюндяйцева О.В.¹, Жарникова Т.Н.^{1,2},
Васильев В.Н.¹, Соловьева А.Е.¹

¹ГБУ РС(Я) «Якутский республиканский онкологический диспансер», г. Якутск, Россия

²ФГАОУ ВО «Северо-Восточный университет им. М.К. Аммосова», г. Якутск, Россия

Цель. Продемонстрировать собственные результаты клинического применения фотодинамической терапии (ФДТ) при лечении базальноклеточного рака (БКР) с 2023 по 2025 г. в условиях ГБУ РС(Я) «ЯРОД».

Материалы и методы. Проведен анализ данных лечения ФДТ у 68 пациентов с БКР кожи лица за период 2023–2025 гг.

Результаты. В условиях ГБУ РС(Я) «ЯРОД» впервые начато применение фотодинамической терапии при

лечении БКР с 2019 г. Нами проведен анализ данных за период с 2023 по 2025 г. с использованием формулы расчета площади облучения: $S = \pi (3,14 \text{ см}^2) \times R^2$, плотности мощности на аппарате: $p = 0,4 \text{ Вт/см}^2 \times S$.

Всего за период с 2023 по 2025 г. проведена ФДТ 68 пациентам с БКР кожи в лицевой области, из них мужчин – 28 (41 %), женщин – 40 (59 %). В 74 % случаев (50 пациентов) опухоль была первичной, в 26 % (18 пациентов) рецидивной. По стадиям: 84 % пациентов (57 человек) имели I стадию, 13 % (9 человек) – II стадию, а 3 % (2 человека) – III стадию. По локализациям опухоли варьировались: нос – 32 (47 %), веко и глазничная область – 11 (16 %), ушная раковина – 4 (6 %), остальные локализации – 21 (31 %).

Согласно протоколу проведения фотодинамической терапии, всем больным проводилась внутривенная инфузия препарата «Радахлорин» в течение 30 минут из расчета 1,0 мг/кг, с разведением до 200 мл 0,9 % раствором натрия хлорида с последующим через 3 часа облучением новообразования лазером «Пахта-Милон» с длиной волны 662 нм по рассчитанной формуле.

Средняя продолжительность заживления составила до 1 месяца. Окончательный результат проведенного лечения оценивался через 3 месяца после сеанса фотодинамической терапии.

За период наблюдения рецидив был выявлен у 3 (4 %) пациентов, что, вероятно, связано с продвинутой стадией заболевания и распространенностью патологического процесса.

Выводы. Применение метода ФДТ в лечении БКР кожи лица показывает высокую эффективность при поверхностных формах, удовлетворительные косметические результаты и отсутствие осложнений. ФДТ улучшает качество жизни пациентов и будет в дальнейшем использоваться в нашей клинической практике.

КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ: ФОТОДИНАМИЧЕСКАЯ ТЕРАПИЯ РЕЦИДИВНОЙ БАЗАЛИОМЫ НОСА У ПАЦИЕНТА С ТЕРМИНАЛЬНОЙ ХРОНИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНЬЮ ПОЧЕК НА ПРОГРАММНОМ ГЕМОДИАЛИЗЕ

Захарова И.М.¹, Гришачева Т.Г.², Фролова А.А.¹,
Гликенфрейд Г.М.¹

¹КГБУЗ «Алтайский краевой онкологический диспансер», г. Барнаул, Россия

²ПСПбГМУ им. акад. И.П. Павлова, Центр лазерной медицины, г. Санкт-Петербург, Россия

Цель. Оценить возможность применения фотодинамической терапии (ФДТ) при лечении рецидивной базалиомы кожи носа на фоне хронической болезни почек (ХБП) 5 стадии.

Материалы и методы. Пациент, 76 лет, мужского пола, наблюдается с 2011 г. по поводу базальноклеточного рака кожи носа справа. В 2011 г. ему был проведен курс лучевой терапии (ЛТ) с суммарной очаговой дозой (СОД) 52 Гр. В 2016 г. зарегистрирован рецидив, выполнен повторный курс ЛТ, СОД 52 Гр. При первичной госпитализации в октябре 2025 г. диагностирована ХБП 5 стадии. Пациент направлен к нефрологу. С ноября 2025 г. получает программный гемодиализ 3 раза в неделю. Терминальная ХБП на гемодиализе рассматривается в клинических рекомендациях как противопоказание к проведению ФДТ, однако в условиях отсутствия органосохраняющих альтернатив (повторная лучевая терапия и радикальное хирургическое вмешательство) консилиум принял решение о выполнении ФДТ. Повторно госпитализирован 25.03.2026. Для сеанса ФДТ был использован фотосенсибилизатор «Фотолон» 100 мг в концентрации 1 мг на 1 кг веса пациента, препарат вводили внутривенно капельно на физиологическом растворе. Лазерное воздействие на опухоль осуществляли через 3 часа после введения ФС на лазерном аппарате «Лахта-Милон» (662 нм), световая доза – 250–350 Дж/см², плотность мощности – 0,3–0,4 Вт/см². Общее время лазерной экспозиции составило 77 минут.

Результаты. ФДТ выполнена на фоне программного гемодиализа с пропуском одного планового сеанса. Показатели гемодинамики, суточного диуреза, отеков клинически значимо не изменились. По данным анализа крови после ФДТ: калий – 4,1 ммоль/л, креатинин – 806 мкмоль/л, мочевины – 32,8 ммоль/л; жизнеугрожающих электролитных нарушений не зарегистрировано. Локальная реакция ограничивалась ожидаемыми воспалительно-некротическими изменениями кожи в зоне облучения.

Выводы. При отсутствии иных органосохраняющих вариантов лечения ФДТ является альтернативным методом, который в представленном наблюдении не сопровождался клинически значимой системной токсичностью и декомпенсацией диализного статуса, а окончательная оценка клинического эффекта требует более длительного наблюдения и будет проведена позднее.

РОЛЬ ФОТОДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ В СТРУКТУРЕ РГБЛПУ «КАРАЧАЕВО- ЧЕРКЕССКИЙ ОНКОЛОГИЧЕСКИЙ ДИСПАНСЕР ИМ. С.П. БУТОВА»

Махов З.Д., Хунов А.З.

РГБЛПУ «Карачаево-Черкесский онкологический диспансер им. С.П. Бутова», г. Черкесск, Россия

Заболеваемость злокачественными новообразованиями (ЗНО) в Карачаево-Черкесской Республике

демонстрирует тенденцию к увеличению. В 2024 году было впервые выявлено 1600 случаев ЗНО (791 мужчина и 809 женщин), что соответствует грубому показателю 341,65 на 100 тыс. населения. Для сравнения: в 2015 году этот показатель составлял 304,21. В Российской Федерации «грубый» показатель заболеваемости в 2024 году сложился на уровне 506,0 на 100 тыс. населения и достиг исторического максимума. Ведущими локализациями в общей (оба пола) структуре онкологической заболеваемости являются: кожа (кроме меланомы) (13,5 %), молочная железа (12,2 %), предстательная железа (9,5 %), трахея, бронхи, легкое (8,6 %), ободочная кишка (7,1 %), желудок (4,8 %), лимфатическая и кровеносная ткани (4,6 %), тело матки (4,2 %), почка (3,9 %), прямая кишка, анус и анальный канал (3,8 %)

Цель. Оценка эффективности фотодинамической терапии (ФДТ) в лечении злокачественных новообразований различной локализации и роли метода в структуре онкологического диспансера

Материалы и методы. За период 2019–2026 гг. в РГБЛПУ «КЧОД им. С.П. БУТОВА» пролечено 1100 пациентов с применением метода ФДТ. При раке мочевого пузыря у 69 пациентов применялся комбинированный метод лечения – трансуретральная резекция с ФДТ. Из них доля мужчин составляет 41 пациент, женщин – 28 пациенток. 5 пациентов пролечены методом с применением ФДТ трижды. С ЗНО кожи (плоскоклеточный и базальноклеточный рак кожи) пролечено 1031 пациент. Средний возраст пациентов составил 62,15 ± 2,12 года. Максимальный возраст пациента – 84 года, минимальный – 38 лет. Во всех наблюдениях диагноз был верифицирован гистологически. ФДТ проводили с фотосенсибилизатором хлоринового ряда «Радахлорин®» лазером с длиной волны 662 нм «Лахта-Милон».

Результаты. При лечении пациентов с раком мочевого пузыря с применением метода ФДТ не отмечено ни одного осложнения, связанного с введением фотосенсибилизатора. Во время проведения сеанса ФДТ у двух пациентов (10 %) имели место неприятные ощущения над лоном, которые проходили самостоятельно после прекращения процедуры. 30 % пациентов отмечали в 1-е сутки невыраженные боли в проекции мочевого пузыря, которые купировались ненаркотическими анальгетиками. Продолжительность безрецидивного периода увеличилась на 50 % ($p < 0,05$). У пациентов с раком кожи также не отмечалось выраженных побочных эффектов. Некоторые пациенты отмечали болевой эффект и чувство жжения во время проведения ФДТ, что купировалось назначением нестероидных противовоспалительных средств. У 21 пациента (2,0 %) отмечен рецидив заболевания. 13 (1,3 %) пациентам проведен повторный курс ФДТ, 5 (0,5 %) пациентам проведены 2 повторных курса ФДТ. 3 (0,3 %) пациентам выполнено оперативное лечение в объеме широкого иссечения опухоли кожи.

Выводы. Метод фотодинамической терапии доказал свою эффективность и уверенно занял свою нишу в лечении пациентов в РГБЛПУ «Карачаево-Черкесский онкологический диспансер им. С.П. Бутова». Для многих пациентов по жизненным показаниям ФДТ является методом выбора. Введение метода ФДТ в арсенал медицинских технологий позволило оказывать специализированную высокотехнологичную медицинскую помощь пациентам различных возрастных групп с эпителиальными опухолями.

ЛЕЧЕНИЕ ПАЦИЕНТОВ С ПЕРВИЧНЫМИ И РЕЦИДИВНЫМИ ОПУХОЛЯМИ ПОЛОСТИ НОСА И ОКОЛОНОСОВЫХ ПАЗУХ С ПРИМЕНЕНИЕМ СПЕКТРОСКОПИИ И ФОТОДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ

Штин В.И., Чойнзонов Е.Л., Новиков В.А.

НИИ онкологии Томского национального исследовательского медицинского центра РАН, г. Томск, Россия

Разработанные в настоящее время комбинированные подходы к лечению опухолей полости носа (ПН) и околоносовых пазух (ОНП) позволили повысить результаты общей и безрецидивной выживаемости больных. Но, несмотря на все успехи, остается высоким процент рецидивирования: местные рецидивы в течение первых двух лет наблюдаются в 50–80 % случаев.

Цель. Повысить эффективность лечения больных опухолями полости носа и околоносовых пазух.

Материалы и методы. Разработан метод лечения, включающий в себя предоперационный курс дистанционной гамма-терапии, операцию и интраоперационную фотодинамическую терапию. В исследование вошли 120 пациентов с карциномами полости носа и околоносовых пазух, прошедших лучевую терапию в суммарной очаговой дозе 44 Гр с последующим хирургическим вмешательством. В исследуемой группе дополнительно проводили флуоресцентную диагностику радикальности операции и фотодинамическую терапию с применением препарата «Фотодитазин». Интраоперационная фотодинамическая терапия выполнялась с применением полупроводникового лазера красного диапазона излучения «АЛОД-01», длина волны излучения – 662 нм, выходная мощность излучения на торце кварцевого моноволокна – от 0,1 до 2 Вт. Доза излучения – от 150 до 350 Дж/см².

Результаты. Срок наблюдения за больными составил от 10 до 46 месяцев. У пациентов с первичными опухолями ПН и ОНП было выявлено повышение безрецидивной выживаемости с 15 % в контрольной группе до 46 % (log-rank test, $p = 0,069$) в исследуемой группе. Показатели общей выживаемости составили 37,5 % в группе контроля, 47 % в исследуемой группе (log-rank test, $p = 0,035$). У пациентов с рецидивными

опухолями показатели безрецидивной выживаемости в исследуемой группе составили 75 %, в контрольной группе – 30 %. Выявлены статистически значимые различия по непараметрическим критериям: по критерию Гехана – Вилкоксона – 3,11 ($p = 0,002$); по log-rank критерию – 3,03 ($p = 0,002$). Показатели общей выживаемости составили 80 % в исследуемой группе и 50 % в группе контроля. Статистический критерий Гехана – Вилкоксона – -2,02 ($p = 0,04$); log-rank критерий – 2,10 ($p = 0,04$).

Выводы. Разработанная методика интраоперационной фотодинамической терапии у пациентов с местнораспространенными опухолями полости носа и околоносовых пазух позволяет улучшить непосредственные и отдаленные результаты лечения.

УЗИ-АССИСТИРОВАННАЯ ФОТОДИНАМИЧЕСКАЯ ТЕРАПИЯ БАЗАЛЬНОКЛЕТОЧНОГО РАКА КОЖИ

Маркина Н.Ю., Словоходов Е.К., Зыков А.А.

ФГБУ «Центральная клиническая больница с поликлиникой» Управления делами Президента Российской Федерации, г. Москва, Россия

Цель. Оценить возможности мультипараметрического ультразвукового исследования (мпУЗИ) с высокочастотными датчиками (18–24 МГц) для ассистирования фотодинамической терапии (ФДТ) на этапах планирования, интраоперационного контроля и ранней оценки эффективности у пациентов с базальноклеточным раком кожи (БКРК).

Материалы и методы. В проспективное одноцентровое исследование включен 31 пациент с 51 гистологически верифицированным очагом БКРК. Всем пациентам выполняли мпУЗИ на сканере Aplio i800 (Canon, Япония) с линейными датчиками 18–24 МГц. Протокол УЗИ-ассистирования включал три этапа: 1) предоперационное планирование (B-режим, микрососудистое картирование cSMI/ADF, компрессионная эластография) для определения истинных границ, толщины и степени васкуляризации опухоли; 2) интраоперационное позиционирование для уточнения зоны светового воздействия с учетом данных о глубине инвазии; 3) ранний контроль эффективности через 24 часа после ФДТ с оценкой динамики ультразвуковых параметров и флуоресцентной спектрометрии. ФДТ проводили с внутривенным введением хлорина еб (1,0 мг/кг) и последующим облучением (662 нм, 200 мВт/см², 200 Дж/см²).

Результаты. На этапе планирования мпУЗИ позволило уточнить истинную толщину опухолей (средняя толщина – $3,7 \pm 1,2$ мм) и характер васкуляризации (средний индекс васкуляризации VI – $32,4 \pm 4,1$ %), что использовалось для индивидуализации параметров светового воздействия и определения безопасных

границ облучения. Интраоперационное УЗИ-позиционирование позволило верифицировать соответствие зоны облучения истинным границам новообразования у всех пациентов. При контрольном исследовании через 24 часа зафиксировано статистически значимое снижение VI до $4,2 \pm 1,8$ % ($p < 0,001$), увеличение толщины опухоли до $4,4 \pm 1,3$ мм ($p < 0,05$), снижение четкости контуров (100 % очагов) и признаки перифокального отека (96,1 % очагов). Флуоресцентная контрастность снизилась с 1:4 до 1:1. Полученные ультразвуковые критерии позволили объективно подтвердить адекватность проведенного лечения уже в первые сутки после процедуры.

Выводы. УЗИ-ассистированная ФДТ с применением мультипараметрического высокочастотного сканирования обеспечивает прецизионное планирование лечения БКРК с учетом индивидуальных особенностей опухоли (истинная толщина, границы, степень васкуляризации), интраоперационный контроль полноты покрытия зоны облучения и объективную раннюю оценку эффективности. Наиболее значимым критерием непосредственного ответа на лечение служит резкое снижение интратуморального кровотока, количественно оцениваемое с помощью микроплеровских методик. Предложенный протокол УЗИ-ассистирования может быть рекомендован для рутинного использования в клинической практике для повышения эффективности ФДТ при БКРК.

МНОГОКУРСОВАЯ ФОТОДИНАМИЧЕСКАЯ ТЕРАПИЯ. ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ В ГБУЗ СК «СТАВРОПОЛЬСКИЙ КРАЕВОЙ КЛИНИЧЕСКИЙ ОНКОЛОГИЧЕСКИЙ ДИСПАНСЕР»

Клестер С.В., Клестер Д.О., Веретенникова С.С.
ГБУЗ СК «Ставропольский краевой клинический онкологический диспансер», г. Ставрополь, Россия

Цель. Рассмотреть методику многокурсовой фотодинамической терапии (ФДТ) при злокачественных новообразованиях (ЗНО) кожи; представить клинические случаи пациентов, пролеченных с использованием многокурсовой ФДТ; оценить результаты лечения, а также провести оценку эффективности повторных сеансов ФДТ при местнораспространенных и рецидивирующих формах ЗНО кожи; рассмотреть возможность лечения первично-множественного рака кожи данной методикой и проанализировать долгосрочные результаты лечения, переносимости терапии и качества жизни пациентов.

Материалы и методы. Материалами для данного доклада послужили клинические случаи лечения с использованием многокурсовой ФДТ пациентов с ЗНО кожи, такими как первично-множественный

рак кожи, рецидивы ЗНО кожи после проведенных курсов ФДТ, опухоли больших размеров.

У пациентов, представленных в данной презентации, были опухоли кожи различных локализаций – в области головы и шеи, туловища и конечностей.

Методы лечения включали внутривенное введение фотосенсибилизаторов (производные хлорина еб) с последующим лазерным облучением опухолей. Интервалы между курсами варьировали в зависимости от клинической ситуации, динамики опухолевого процесса и решений консилиума.

Результаты. Рассмотрены клинические случаи лечения пациентов с ЗНО кожи методикой проведения многокурсовой ФДТ, представлена методика многокурсовой ФДТ, оценены результаты лечения пациентов.

Подводя итоги, можно считать:

1. Данный метод ФДТ может применяться для лечения множественных локализаций ЗНО кожи в несколько этапов.
2. Возможно лечение опухолей больших размеров поэтапно.
3. Методика многокурсовой ФДТ применима для лечения рецидивов ЗНО кожи после ранее проведенных курсов ФДТ.
4. Многокурсовая ФДТ демонстрирует высокий потенциал для длительного контроля над рецидивирующими и местнораспространенными формами рака кожи, особенно базальноклеточного. Это позволяет управлять заболеванием на протяжении многих лет с сохранением качества жизни пациента даже при невозможности полного излечения.
5. ФДТ оказывает органосохраняющий и функционально-щадящий эффект. Применение повторных курсов ФДТ в сложных анатомических зонах позволяет избежать обширных калечащих операций и достичь хороших косметических результатов, что выгодно отличает метод от хирургического и лучевого лечения.

Выводы. Повторные курсы ФДТ характеризуются хорошим профилем безопасности, отсутствием тяжелых системных осложнений и, что важно, отсутствием развития резистентности опухолевых клеток к данному виду воздействия.

НАШ ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ФОТОДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ В ОНКОДЕРМАТОЛОГИИ И ГИНЕКОЛОГИИ

Казимиров И.С., Казимирова А.А.
Клиника «Интео», г. Краснодар, Россия

Цель. Провести анализ и поделиться нашим опытом лечения пациентов в онкодерматологии и гинекологии с применением метода фотодинамической терапии (ФДТ).

Материалы и методы. Нами проведен ретроспективный анализ более 100 клинических случаев лечения пациентов с различными нозологиями. Все пациенты пролечены на базе клиники «Интео» (г. Краснодар) с помощью применения метода ФДТ. В докладе представлены результаты лечения различных заболеваний с помощью ФДТ. Нозологии: базальноклеточный рак (БКР), плоскоклеточный рак (ПКР), лейкоплакии слизистых, а также CIN 1–3 в гинекологии. Критерии выбора метода ФДТ: соответствие клиническим рекомендациям; рецидив заболевания; локализация – лицо, голова; запрос на эстетику; тяжелая коморбидность, предпочтение врача. Клиника обладает полным спектром технологий для лечения, и выбираем мы исходя из того, что больше подходит пациенту.

Результаты. Клиника «Интео» расположена в г. Краснодаре, занимает 2-этажное здание площадью 600 кв. метров. В клинике есть амбулатория, дневной и круглосуточный стационар. В наличии 2 манипуляционных малых операционных и полноценная операционная на 2-ом этаже. Клиника оборудована 2 лазерами CO₂, диодным, неодимовым, и лазером для проведения ФДТ. Специализация клиники – онкодерматология, онкогинекология, проктология, флебология, хирургия. Клиника функционирует с 4 октября 2023 года, за этот промежуток нами выполнено более 110 сеансов ФДТ при различных нозологиях. Также мы являемся лидерами Южного федерального округа по использованию фотодитазина. В докладе представлены клинические случаи пациентов с запущенным, рецидивным ПКР, множественным БКР лица и шейно-воротниковой зоны, нескольких пациенток с БКР кожи лица и пациенток с дисплазией шейки матки II–III.

Выводы. Метод ФДТ зарекомендовал себя как хороший способ в качестве как монометода в лечении опухолей кожи и дисплазии слизистых, так и в составе комплексного лечения.

ФОТОДИНАМИЧЕСКАЯ ТЕРАПИЯ: ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННЫЙ ПОДХОД К ВЫБОРУ ОПТИМАЛЬНОГО МЕТОДА ЛЕЧЕНИЯ ОНКОЛОГИЧЕСКИХ БОЛЬНЫХ

Странадко Е.Ф.

ФГБУ «НПЦ лазерной медицины им. О.К. Скобелкина – филиал ФГБУ ФКЦ ВМТ ФМБА России», г. Москва, Россия

Введение. Предложена новая модель развития медицины. Базовыми положениями модели являются: персонализация – индивидуальный подход к выбору метода лечения каждого пациента с учетом генетических, биохимических и физиологических особенностей человека; предикция – предсказание и выявление

предрасположенности к развитию заболевания; превентивность – предотвращение или снижение риска развития болезни; партисипативность – активное участие человека в профилактике возможных заболеваний и их лечении.

Результаты. Эти базовые положения для любых социально значимых заболеваний включают программы выявления, профилактики и их лечения. К социально значимым заболеваниям в первую очередь относятся онкологические. Уже создана программа исследований по онкологическому профилю для наиболее эффективной индивидуальной стратегии лечения онкологических больных. Эта программа базируется на анализе экспериментальных исследований и клиническом опыте лечения онкологических больных с всесторонней оценкой ближайших и отдаленных результатов лечения. Для наружных локализаций рака это клиническая эффективность, функциональная сохранность и косметические результаты. Для висцеральных локализаций это прежде всего стабилизация функциональных результатов.

Вариабельность фотодинамической терапии (ФДТ) позволяет менять режимы и ее параметры в зависимости от объективной ситуации и статуса пациента с превашированием того или иного механизма действия ФДТ и преследуемых целей. Персонализированный выбор варианта ФДТ с преимущественным механизмом по апоптозу, геморрагическому некрозу или активации иммунитета с противоопухолевым действием расширяет возможности онкологов в получении желаемых результатов лечения методом ФДТ.

В презентации дан анализ и представлены результаты практического применения различных вариантов и режимов ФДТ в соответствии с основными базовыми положениями новой модели здравоохранения «4П-медицины». Персонализированный подход к выбору оптимального варианта ФДТ с учетом предикции возможного рецидива заболевания позволяет при различных формах и локализациях рака кожи добиться максимального процента полных резорбций опухоли с хорошими косметическими результатами и длительным безрецидивным периодом наблюдения до 20 и более лет. Аналогичные благоприятные результаты получены при раке языка и слизистой оболочки полости рта, в том числе при рецидивах после лучевой терапии.

Выводы. При такой агрессивной и труднодоступной для лечения локализации рака, как рак пищевода, персонализированный подход с использованием инновационного метода ФДТ позволяет добиться полной ликвидации опухоли при начальных стадиях и выраженного паллиативного эффекта реканализации при распространенном обтурирующем просвете раке пищевода с улучшением качества и продолжительности жизни пациентов.

При раке большого сосочка двенадцатиперстной кишки и внепеченочных желчных протоков персо-

нализированный подход в лечении инкурабельных больных с применением повторных курсов ФДТ позволяет ликвидировать основной симптом заболевания – желтуху, улучшить качество и увеличить продолжительность жизни пациентов.

Персонализированный подход к лечению, казалось бы, безнадежных инкурабельных онкологических больных с распространенными и даже диссеминированными процессами позволяет добиться определенных благоприятных результатов за счет стимуляции противоопухолевого иммунитета при ФДТ с режимами применения низких величин плотности мощности и плотности световой энергии.

ФОТОДИНАМИЧЕСКАЯ ТЕРАПИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФОТОДИТАЗИНА ПРИ ЛЕЧЕНИИ БОЛЬНЫХ БАЗАЛЬНОКЛЕТОЧНЫМ РАКОМ КОЖИ

Романко Ю.С.^{1,2}, Малова Т.И.³, Решетов И.В.^{1,2,4,5}

¹ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России, г. Москва, Россия

²Академия постдипломного образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА России, г. Москва, Россия

³ООО «ВЕТА-ГРАНД», г. Москва, Россия

⁴ЧОУВО «МУ им. С.Ю. Витте», г. Москва, Россия

⁵НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва, Россия

Цель. Разработка и апробация методики фотодинамической терапии (ФДТ) базальноклеточного рака кожи (БКРК), основанной на применении фотосенсибилизатора (ФС) фотодитазина.

Материалы и методы. Исследование охватило 139 пациентов с БКРК различных форм, которым проводилась ФДТ. В ходе лечения применялись четыре ФС (фотогем, фотосенс, фотолон, фотодитазин) с различными пиками поглощения (от 630 до 670 нм) и несколько моделей лазерных установок, обеспечивающих соответствующее излучение. Для оптимизации и контроля процесса ФДТ проводилась спектрофотометрия («Камин-Видео-3») и использовался дозиметр мощности лазерного излучения (ДИ-6А), лазерное излучение доставлялось через кварцевые световоды.

Результаты. ФДТ БКРК с использованием фотодитазина демонстрирует превосходство в долгосрочных результатах лечения. 3-летняя выживаемость без рецидивов в группе, получавшей фотодитазин, составила 92,3 %. Этот показатель статистически значимо выше ($p < 0,05$) по сравнению с группами, где применялись фотогем (54,7 %) и фотосенс (71,1 %). В группе с фотолоном показатель составил 90,4 %, что не имело статистически значимых отличий ($p > 0,05$). Важно отметить, что ФДТ с ФС хлоринового ряда позволяет снизить частоту побочных реакций и избежать осложнений в сравнении с методиками, исполь-

зующими ФС первого поколения. Также значительно сокращается период соблюдения светового режима пациентом. Наши исследования подтвердили повышение эффективности лечения БКРК благодаря усовершенствованной методике ФДТ с применением ФС хлоринового ряда. Разработанная методика открывает перспективы для создания новых, более эффективных подходов к ФДТ злокачественных новообразований кожи.

Выводы. Тем не менее для успешного и повсеместного внедрения ФДТ с фотодитазинем в клиническую практику для лечения больных БКРК требуется проведение комплексных многоцентровых клинических исследований. Эти исследования должны опираться на стандартизированные протоколы и предусматривать длительный период наблюдения за пациентами.

СИСТЕМНАЯ ФОТОДИНАМИЧЕСКАЯ ТЕРАПИЯ ПРИ РАКЕ ГОЛОВЫ И ШЕИ: ПЕРЕОСМЫСЛЕНИЕ ПОДХОДОВ К ПРОФИЛАКТИКЕ И ЛЕЧЕНИЮ КАРДИОВАСКУЛОТОКСИЧНОСТИ НА ФОНЕ ХИМИОТЕРАПИИ. РЕЗУЛЬТАТЫ ПЕРВОГО ЭТАПА КАРДИОМОНИТОРИНГА

Захарова И.М.^{1,2}, Семерьянова Е.К.²,
Фролова А.А.¹, Вихлянов И.В.¹, Лазарев А.Ф.²,
Антропова О.Н.², Осипова И.В.²

¹КГБУЗ «Алтайский краевой онкологический диспансер», г. Барнаул, Россия

²ФГБОУ ВО «Алтайский государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Барнаул, Россия

Плоскоклеточный рак головы и шеи характеризуется высокой долей местнораспространенных форм и необходимостью агрессивной химиолучевой терапии. Стандартные схемы DCF/TPF/TP (доцетаксел/паклитаксел – цисплатин – 5-фторурацил) улучшают выживаемость, но относятся к числу токсичных режимов, сопровождаясь ишемическими событиями, нарушениями ритма и субклиническим повреждением миокарда. На практике расширенный кардиологический мониторинг и системная кардиопротекция внедрены ограниченно, что ведет к недооценке риска сердечно-сосудистых осложнений. На этом фоне системная фотодинамическая терапия (ФДТ), включая внутривенное облучение крови, рассматривается как потенциальный малоинвазивный компонент кардиоонкологической стратегии с сочетанием противоопухолевых и возможных кардиопротективных эффектов.

Цель. Оценить ранние кардиотоксические эффекты химиотерапии по схемам DCF/TPF/TP при раке головы и шеи и обосновать перспективу вклю-

чения системной фотодинамической терапии / внутрисосудистого облучения крови в комплекс кардиопротективных мероприятий.

Материалы и методы. Разработано проспективное одноцентровое исследование у пациентов с морфологически подтвержденным раком головы и шеи III–IV стадии, которым показана химиотерапия по схемам DCF, TPF или TP. Предусмотрено формирование трех последовательных групп: группа 1 – стандартная противоопухолевая терапия без специфической кардиопротекции; группа 2 – стандартное лечение с добавлением триметазида; группа 3 – стандартная терапия с включением системной ФДТ / внутрисосудистого облучения крови. На текущем этапе сформирована первая группа (40 пациентов), набор продолжается.

Кардиологический мониторинг проводится до начала лечения и через 5–6 месяцев от старта химиотерапии. Оценка включает высокочувствительный тропонин, мочевую кислоту, липидный спектр, а также трансторакальную эхокардиографию с определением фракции выброса левого желудочка и признаков ремоделирования. Предусмотрены описательная статистика и парные сравнения показателей внутри групп; на следующих этапах планируется межгрупповой анализ влияния триметазида и системной ФДТ.

Результаты. В первой группе у части пациентов выявляются признаки субклинического кардиоповреждения в виде умеренного повышения тропонина и тенденции к снижению фракции выброса на фоне химиотерапии при отсутствии явной клинической декомпенсации. Отмечается неблагоприятная динамика липидного профиля, что подтверждает совокупное усиление сосудистого риска у данной категории больных. На фоне наблюдения зарегистрированы три летальных исхода, обусловленных прогрессированием опухолевого процесса, кахексией, распадом опухоли и истощением, без документированных острых жизнеугрожающих сердечно-сосудистых событий. Отдельно отмечен клинический случай бессимптомной выраженной систолической дисфункции после химиотерапии, требовавший интенсификации кардиотропной терапии.

Выводы. При отсутствии структурированной кардиопротекции схемы DCF/TPF/TP при раке головы и шеи сопровождаются развитием ранней субклинической кардиотоксичности на фоне высокой онкологической летальности, связанной с кахексией и прогрессированием опухоли. Полученные данные первого этапа подтверждают необходимость многоуровневого кардиомониторинга и обосновывают запуск следующих фаз протокола с включением триметазида и системной фотодинамической терапии как потенциальных элементов кардиоонкологической стратегии у данной категории пациентов.

ФЛУОРЕСЦЕНТНАЯ ДИАГНОСТИКА И ФОТОДИНАМИЧЕСКАЯ ТЕРАПИЯ В НЕЙРООНКОЛОГИИ: ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ К ТЕРАНОСТИКЕ ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫХ ОПУХОЛЕЙ ГОЛОВНОГО МОЗГА

Нечаева А.С.¹, Куканов К.К.¹, Улитин А.Ю.¹, Олюшин В.Е.¹, Ситовская Д.А.¹, Вершинин А.Э.¹, Диконенко М.В.¹, Юдинцева Н.М.²,

Лихоманова Р.Б.², Самочерных К.А.¹, Шевцов М.А.^{2,3}

¹ФГБУ «НМИЦ им. В.А. Алмазова» Минздрава России, г. Санкт-Петербург, Россия

²ФГБУН Институт цитологии РАН, г. Санкт-Петербург, Россия

³Клиника «Рехтс дер Изар» Мюнхенского технического университета, г. Мюнхен, Германия

Цель. Оценить эффективность интраоперационной флуоресцентной диагностики (ФД) и фотодинамической терапии (ФДТ) в комплексном лечении злокачественных опухолей головного мозга (злокачественные глиомы, интракраниальные метастазы, рецидивирующие атипические/анapластические менингиомы). Представить первые результаты пилотного исследования по применению нового таргетного пептида RAS70 для флуоресцентной визуализации *ex vivo*.

Материалы и методы. В исследование включены пациенты с глиальными опухолями grade 3 (n = 31) и grade 4 (n = 49), интракраниальными метастазами (ИКМС, n = 32) и рецидивирующими менингиомами grade 2–3 (n = 23), оперированные с 2002 по 2024 г. Флуоресцентная навигация осуществлялась с использованием фотосенсибилизаторов (ФС) на основе 5-аминолевулиновой кислоты (5-АЛК, *per os* 20 мг/кг) и хлорина е6 (в/в 1 мг/кг). Накопление ФС оценивалось визуально (микроскопы Carl Zeiss Pintera / Leica с блоком 400 нм, лазерный осветитель ОЛ-405) и количественно методом биоспектроскопии (ЛЭСА-01-БИОСПЕК). Сеансы ФДТ проводились на ложе удаленной опухоли с использованием полупроводниковых лазеров (635/662 нм) до достижения эффекта фотоблинка под контролем биоспектроскопии и термометрии. В рамках пилотного *ex vivo* исследования (одобрение ЛЭК № 11-24 от 25.11.2024) проведено сравнение накопления пептида RAS70, конъюгированного с Cy7.5, 5-аминолевулиновой кислоты и контрольного пептида NGL-RGD-Cy7.5 в 174 биоптатах, полученных из трех зон (некроз, контраст-накапливающая, перифокальная) 12 глиобластом и 8 ИКМС.

Результаты. Применение ФДТ у пациентов с глиомами grade 4 позволило увеличить медиану общей выживаемости до $20,7 \pm 4,7$ мес. по сравнению с $13,5 \pm 4,3$ мес. в контрольной группе ($p = 0,0002$); при глиомах grade 3 – до $39,1 \pm 5,5$ мес. против $22,8 \pm 3,3$ мес. ($p = 0,0002$). Использование флуорес-

центной навигации при менингиомах увеличило частоту резекции Simpson I–II до 95,6 % по сравнению с 77,1 % в контрольной группе. Морфологически подтверждена активация апоптотических процессов (повышение экспрессии каспазы-3) в перифокальной зоне после ФДТ. В пилотном исследовании пептид RAS70-Cy7.5 продемонстрировал высокую специфичность связывания с мембраносвязанным Hsp70 на поверхности опухолевых клеток. Диагностическая точность в контраст-накапливающей зоне глиобластом и метастазов значимо ($p \leq 0,0001$) превосходила показатели 5-АЛК и контрольного пептида. Чувствительность и специфичность метода в выявлении остаточных опухолевых клеток в перифокальной зоне составили 100 % (AUC 1,00, 95 % CI 1,00–1,00, $p < 0,0001$).

Выводы. Интраоперационная ФДТ является безопасным и эффективным методом снижения риска локального рецидива и увеличения выживаемости у пациентов со злокачественными опухолями головного мозга. Сочетание ФД и ФДТ с объективным спектроскопическим контролем позволяет реализовать принцип «фотодинамической тераностики». Высокая селективность нового пептида RAS70 в отношении опухолевых клеток открывает перспективы для его использования в качестве инструмента интраоперационной навигации и платформы для таргетной доставки терапевтических агентов.

РЕЦИДИВ ЗУДА ПОСЛЕ ФОТОДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ ДИСТРОФИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ ВУЛЬВЫ: ГДЕ КОРЕНЬ ЗЛА?

Раджабова М.М.

ООО «МК-Клиника», г. Мытищи, Московская область, Россия

Дистрофические заболевания вульвы представляют социально значимую проблему. Как правило, страдают данной патологией чаще женщины менопаузального возраста, но они еще находятся в периоде высокой социальной активности и ведут трудовую деятельность. Основным симптомом, который значительно влияет на общий статус женщины, является нестерпимый зуд, жжение, боль, в результате которых снижается качество жизни и трудоспособность. Также имеется риск последующей малигнизации, частота озлокачествления процесса находится в пределах 5–35 %. Наиболее эффективным лечебным методом в данном направлении является фотодинамическая терапия, проведение которой возможно в амбулаторных условиях и не требует обезболивания. Но даже при ее высокой эффективности проблема рецидивирования сохраняет клиническую значимость, что требует анализа факторов их развития.

В связи с этим возникает ряд закономерных вопросов: является ли рецидив зуда признаком рецидива заболевания после ФДТ? В какой степени рецидивы обусловлены особенностями заболевания и метода лечения, а в какой – поведением и ответственностью пациентки? Возможно ли прогнозирование степени жесткости фотодинамического эффекта и последующего объема и глубины деструкции пораженных тканей? Возможно ли формирование дифференцированного подхода к выбору формы и способа введения фотосенсибилизатора (ФС) в зависимости от ожиданий, жизненных планов, индивидуальных особенностей пациентки, ее психоэмоционального статуса, ее готовности работать с триггерными факторами и пр.?

Цель. Анализ эффективности фотодинамической терапии при дистрофических заболеваниях вульвы на основании собственного клинического опыта, клинического опыта практикующих ФДТ коллег и анализа научной литературы. Анализ влияния триггерных факторов (образ жизни, особенности пищевого поведения и пр.) на эффективность проведенной ФДТ, на снижение/исчезновение кожного зуда в области гениталий. Анализ зависимости степени жесткости фотодинамического эффекта от вида и способа введения фотосенсибилизатора и влияния фотодинамического эффекта на кожный зуд и его рецидив.

Материалы и методы. Для фотодинамической терапии дистрофических заболеваний вульвы в нашей клинике используются отечественный лазерный аппарат для ФДТ «Кристалл», генерирующий световое лазерное излучение (СИ) 662 нм, и отечественный фотосенсибилизатор в виде диметилглюкаминной соли хлорина е6 (Фотодитазин), что представляет собой идеальное сочетание светового излучения и фотосенсибилизатора. Фотосенсибилизатор при проведении фотодинамической терапии вводится в/в или применяется в виде топического геля, который наносится на кожу пораженной области. Всегда строго соблюдается временной интервал перед этапом освечивания. Рассчитывается с помощью специального калькулятора мощность лазерного излучения и время освечивания для накопления соответствующего патологическому процессу количества световой энергии. Также проводится оценка локальных изменений кожи сразу после этапа освечивания в первые сутки, через 1 неделю, через 1, 3, 4, 6 месяцев и через 1 год по мере обращаемости пациенток.

Фотодинамическую терапию склероатрофического лишая и плоскоклеточной гиперплазии возможно комбинировать с другими технологиями и методами (инъекции аутоплазмы, ПДРН и др.), что мы и делаем в своей практике.

Результаты. У всех пациенток после освечивания развивается отек и изменение цвета кожи различной степени выраженности. Изменения носят локаль-

ный характер и ограничены либо зоной освечивания (в случае в/в введения фотосенсибилизатора), либо зоной нанесения ФС (в случае применения ФС в виде топического средства).

В большинстве случаев пациентки отмечают выраженный противозудный эффект ФДТ, развивается резкое снижение интенсивности кожного зуда или происходит его полное исчезновение в течение 1–2 суток. В некоторых случаях кожный зуд в области гениталий возвращается. Это может быть связано с различными факторами, которые требуют отдельного рассмотрения. После окончания реабилитации качество жизни пациенток значимо растет.

При использовании фотосенсибилизатора в виде топического геля-пенетратора светового излучения «Фотодитазин» развивается «мягкий» фотодинамический эффект, проявляющийся сразу после процедуры незначительным отеком и гиперемией, которые самостоятельно купируются в течение суток. Реабилитационный период после процедуры ФДТ с применением топического геля ФС отсутствует. Изменения гистологической структуры не развиваются, кожные проявления постепенно редуцируются в течение 2–4 месяцев после процедуры, но незначительно.

В случае применения ФС фотодитазина в виде концентрата для приготовления раствора для инфузий и его последующего внутривенного введения фотодинамический эффект «жесткий». Сразу после процедуры развивается отек тканей и изменение цвета пораженной патологическим процессом кожи. Отек нарастает в течение последующих суток, затем в течение трех-четырех последующих суток наблюдается его регресс, параллельно развиваются некротические изменения в области поражения, формируется фибринозный налет с постепенным его отторжением, последующим развитием грануляционной ткани и эпителизации. Реабилитационный период после процедуры ФДТ с внутривенным введением фотосенсибилизатора составляет 1–1,5 месяца. На коже в зоне патологического процесса при дистрофических заболеваниях вульвы после фотодинамической терапии с внутривенным введением фотосенсибилизатора в последующем образуется рубцовая ткань, процесс ремоделирования которой проходит не менее шести месяцев.

Степень интенсивности кожного зуда в 100 % случаях снижается либо проходит полностью, у части пациенток возможно возвращение зуда. Возвращение зуда, по нашим наблюдениям, отмечается у пациенток, которые не соблюдают рекомендации врачей по модификации образа жизни, оптимизации питания и прочим разным причинам, не зависящим от врача.

Выводы. Фотодинамическая терапия дистрофических заболеваний вульвы – метод, который

работает всегда. Рецидивы после фотодинамики не должны восприниматься как результат неправильного проведения процедуры или ошибочного ее применения. Чаще всего это проблемы SMART-уровня, к которым относятся завышенные ожидания пациентки, ее неправильное информирование специалистом на этапе подготовки к процедуре, нежелание пациентки или отсутствие возможности работать с триггерными факторами; как результат, ожидания пациентки не совпадают с целями проводимой терапии.

Рецидив после ФДТ при дистрофических заболеваниях вульвы является мультифакторным процессом, где ведущую роль играют: активность хронического аутоиммунного воспаления и системный характер, глубина морфологических изменений ткани, адекватность фотодинамического протокола, приверженность пациентки и контроль триггеров. Поведенческие факторы пациентки (образ жизни и приверженность рекомендациям) могут вносить существенный, а иногда сопоставимый с биологическими факторами вклад в формирование рецидива.

Зуд после фотодинамической терапии не всегда свидетельствует о рецидивировании процесса. Зуд может сопровождать процесс ремоделирования рубцовой ткани после ФДТ с системным введением ФС, зуд может быть симптомом бактериального вагиноза и пр.

Необходимо учитывать, что после процедуры ФДТ с применением ФС в виде топического геля не следует ожидать изменения гистологической картины на контрольном исследовании биопсийного материала, в лучшем случае не будет инфильтрации тканей иммунными клетками (такой метод ФДТ обладает больше противозудным, иммуномодулирующим, противовоспалительным и другими фототерапевтическими эффектами).

Степень тяжести реабилитационного периода, отсутствия или развития поверхностного некроза с формированием в последующем фибринозного налета и особенностей эпителизации зависят от формы используемого фотосенсибилизатора и способа его введения, плотности мощности и плотности энергии СИ.

Также, по нашим наблюдениям, становится возможным для специалиста прогнозировать степень «жесткости» фотодинамического эффекта и последующий объем и глубину деструкции пораженных тканей в зависимости от формы выбранного фотосенсибилизатора и способа его введения, а это значит, что можно предложить дифференцированный подход к выбору вида и способа введения фотосенсибилизатора с учетом ожиданий, жизненных планов, индивидуальных особенностей пациентки, ее психоэмоционального статуса, готовности работать с триггерными факторами и пр.

ФОТОДИНАМИЧЕСКАЯ ТЕРАПИЯ ПОЗДНИХ ЛИГАТУРНЫХ ОСЛОЖНЕНИЙ В ОБЛАСТИ ПОСЛЕОПЕРАЦИОННОГО РУБЦА ПОСЛЕ АБДОМИНОПЛАСТИКИ. КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ

Раджабова М.М.

ООО «МК-Клиника», г. Мытищи, Московская область, Россия

Пластическая хирургия относится к радикальной области медицины, соответственно, сопряжена с высоким риском развития различных осложнений, в том числе лигатурных, которые чаще встречаются после абдоминопластики и маммопластики. Поздние лигатурные осложнения после абдоминопластики и маммопластики являются результатом сочетания анатомических, технических и иммунологических факторов, которые в совокупности приводят к развитию локальной патологической хронической иммунной реакции вокруг шовного материала. Фотодинамическая терапия (ФДТ) является перспективной технологией, которая может применяться с целью профилактики подобных осложнений при высоком их риске, а также и для лечения уже развившихся.

Цель. Оценка эффективности применения ФДТ у пациентки с поздним инфильтративно-свищевым процессом в области послеоперационного рубца как поздним послеоперационным постгоспитальным осложнением в виде лигатурного процесса гнойно-воспалительного характера в отдаленном послеоперационном периоде после абдоминопластики.

Материалы и методы. ФДТ применяется в нашей клинике с 2014 года. Для ФДТ нами используются отечественные лазерный и светодиодные аппараты, генерирующие световое излучение 662 нм, и отечественный фотосенсибилизатор (ФС) в виде диметилглиокаминовой соли хлорина еб. Данный метод успешно применяется при лечении нежелательных явлений и осложнений после различных косметологических процедур, а также в раннем, позднем и отдаленном послеоперационных периодах с целью профилактики и/или лечения развившихся осложнений раневого процесса. Это связано с антибактериальным, противовоспалительным, противоотечным, иммуномодулирующим и повышающим регенераторный потенциал действием ФДТ, что лежало в основании принятия решения в следующем клиническом случае.

Клинический случай. В декабре 2024 года в нашу клинику обратилась пациентка с жалобами на боль, местное повышение температуры и покраснение в области послеоперационного рубца в правой подвздошной области, а также на наличие свища с гнойным отделяемым по центру того же послеоперационного рубца, который образовался через несколько месяцев после проведения операции с целью умень-

шения объема подкожно-жировой клетчатки и уменьшения площади кожного лоскута в области передней брюшной стенки (липосакция и абдоминопластика). Пациентка была проконсультирована хирургами, которые сделали вывод об асептическом воспалении как индивидуальной реакции на применяемый шовный материал. Необходимо отметить, пациентка принимала антибактериальную терапию на момент обращения, а также в течение последних четырех месяцев с минимальной эффективностью. То есть у пациентки был поздний инфильтративно-свищевой процесс в области послеоперационного рубца как позднее послеоперационное постгоспитальное осложнение в виде лигатурного процесса гнойно-воспалительного характера.

Совместно с пациенткой было принято решение о проведении фотодинамической терапии. Нами был разработан протокол с применением фотодитазина в разведении со стерильным физиологическим раствором с интерстициальным введением в виде подкожных инъекций вокруг послеоперационного рубца, также вводили фотодитазин в той же форме в свищевой ход. На кожу в области входа в свищ наносили ФС «Фотодитагель». Освечивание проводили с применением аппарата для ФДТ «Кристалл» с двумя излучателями, LED-лампы матричного типа и лазерного излучателя. По данному протоколу было сделано четыре процедуры ФДТ с интервалом в 1 неделю.

Результаты. После первой процедуры ФДТ через сутки отмечалось исчезновение боли, покраснения и местной гипертермии вокруг послеоперационного рубца в правой подвздошной области, уменьшение объема гнойного отделяемого из свищевого хода по центру послеоперационного рубца. К четвертой процедуре гнойного отделяемого из свища не было, наблюдалось уменьшение длины свищевого хода и его диаметра. В апреле 2025 года отмечается полное закрытие свища. В настоящее время пациентка готовится к реконструктивной пластической операции.

Выводы. Фотодинамическая терапия – уникальная технология, которая показывает высокую эффективность в различных областях медицины, в том числе и в пластической хирургии. Всё это обусловлено механизмом действия ФДТ и объясняется разнообразием мишеней, которыми являются живые клетки и бактерии, участвующие в развитии различных осложнений и нежелательных явлений после пластических операций.

ФДТ при поздних лигатурных осложнениях в пластической хирургии – метод лечения хронических воспалительных процессов вокруг шовного материала (лигатур), основанный на селективном фотохимическом разрушении микроорганизмов и патологически измененных тканей. Основными эффектами ФДТ поздних лигатурных осложнений с развитием местных гнойно-воспалительных изменений являются: разрушение бактериальной биопленки на фрагмен-

тах шовного материала, снижение бактериальной нагрузки, уменьшение гнойного отделяемого, стимуляция локальной репарации тканей, снижение воспалительного цитокинового ответа и пр.

ФОТОДИНАМИЧЕСКАЯ ТЕРАПИЯ В СОЧЕТАННЫХ ПРОТОКОЛАХ ЛЕЧЕНИЯ ПОСТТРАВМАТИЧЕСКОГО ОСТЕОНЕКРОЗА. КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ

Раджабова М.М.

ООО «МК-Клиника», г. Мытищи, Московская область, Россия

Травмы опорно-двигательного аппарата являются одним из самых частых видов повреждений, которые происходят при различных анатомических и функциональных нарушениях тканей и органов, возникающих в результате действия агрессивных факторов внешней среды.

Наиболее частым видом повреждений, который может встречаться как самостоятельно, так и сопутствовать другим, более тяжелым травмам, являются ушибы, в том числе и ушибы суставов. В большинстве случаев незначительный ушиб сустава протекает благоприятно и заканчивается полным выздоровлением, но при определенных обстоятельствах исходом становится рецидивирующий синовит, посттравматический остеонекроз и, как следствие, посттравматический артроз. Аvascularный некроз субхондральной части головки бедренной кости часто является последствием травматического ушиба тазобедренного сустава, развивается вследствие нарушения кровоснабжения, которое приводит к некрозу костной ткани и последующему коллапсу головки. Проявляется болью, хромотой и постепенным разрушением сустава. Такие традиционные методы лечения, как декомпрессия, остеотомия, не всегда эффективны на ранних стадиях и сопровождаются высокой инвазивностью. При неэффективном лечении единственным исходом становится протезирование сустава. В этом контексте перспективно применение фотодинамической терапии (ФДТ) как малоинвазивного метода.

Цель. Оценить эффективность фотодинамической терапии в сочетании с курсом при посттравматическом остеонекрозе головки бедренной кости.

Материалы и методы. Для фотодинамической терапии заболеваний и травм опорно-двигательной системы в нашей клинике применяется фотосенсибилизатор «Фотодитагель» и отечественные аппараты для ФДТ «Кристалл» и LED-лампы матричного типа «ЛАТУС-Т Маска». Нами разработаны протоколы ФДТ при заболеваниях и травмах опорно-двигательного аппарата как монопроцедуры, так и для применения в комплексном и сочетании с курсом с инъекционной карбокситерапией.

Клинический случай. 30 июля 2025 года с жалобами на боль в области правого тазобедренного сустава, иррадиирующую в колено по внутренней стороне бедра, усиливающуюся при ходьбе и ограничивающую объем движений и двигательную активность пациента. Из анамнеза: падение на охоте в апреле 2025 г. Основной удар пришелся на область правого тазобедренного сустава. Пациенту была рекомендована фотодинамическая терапия в комплексе с инъекционной карбокситерапией (ИКТ). ФДТ и ИКТ применялись как в сочетании, так и в комбинированном протоколе на фоне модификации образа жизни, оптимизации питания и фармаконутриентной поддержки. Также было рекомендовано снижение нагрузки на правый тазобедренный сустав и контрольные результаты магнитно-резонансной томографии (МРТ) тазобедренного сустава через три месяца от начала лечения.

Результаты. После первой сочетанной процедуры ФДТ и ИКТ отмечалось снижение болевого синдрома и купирование стреляющей боли, а полное исчезновение болевого синдрома – через две недели от начала терапии. Такая же динамика отмечалась и в отношении объема движения в травмированном тазобедренном суставе. Через три месяца функции тазобедренного сустава восстановились полностью, что также подтверждено результатами МРТ до лечения и через три месяца от его начала.

Выводы. Фотодинамическая терапия имеет высокую эффективность при заболеваниях и травмах опорно-двигательного аппарата, в том числе и при посттравматическом остеонекрозе. ФДТ способствует улучшению микроциркуляции, стимуляции ангиогенеза и активации процессов остеогенеза. Метод может быть особенно эффективен на ранних стадиях остеонекроза, до развития коллапса головки бедренной кости. Ключевыми преимуществами являются низкая инвазивность и возможность комбинированного применения с другими методами лечения. Сочетание и комбинирование ФДТ с инъекционной карбокситерапией способствует повышению терапевтической эффективности в результате взаимного дополнения и потенцирования и обусловлено принципом синергизма методов. При сочетании/комбинированном взаимодействии наблюдается значительное усиление результативности фотодинамической терапии под влиянием терапевтических эффектов инъекционного применения углекислоты.

ФОТОДИНАМИЧЕСКАЯ ТЕРАПИЯ В ЛЕЧЕНИИ РАН. 25 ЛЕТ В КЛИНИКЕ

Дуванский В.А.

ФГАОУ ВО «РУДН им. Патриса Лумумбы», г. Москва, Россия

Поиск в базе данных PubMed с 1985 по 2025 г. по ключевым словам «фотодинамическая терапия ран» позволил найти 164 статьи. 25 лет назад результаты наших первых клинических исследований фотодинамической терапии (ФДТ) гнойных заболеваний мягких тканей легли в основу запатентованных нами методик лечения с применением фотодинамической терапии: RU 2164427 C1/1999, RU 2164426 C1/1999, RU 2195930 C2 /2001. А результаты первых клинических исследований ФДТ гнойных ран по данным PubMed были представлены в журнале *Khirurgiia (Mosk)*. 2004; (10) : 59–62. Авторы Duvanskii V.A. et al.

Цель. Оценить влияние фотодинамической терапии на процессы репарации ран различного генеза.

Материалы и методы. Проведен анализ результатов лечения 225 пациентов с острыми гнойными заболеваниями мягких тканей и трофическими язвами. 180 пациентам при проведении ФДТ применяли фотосенсибилизатор (ФС) «Фотосенс», газоразрядную лампу (длина волны – 600–700 нм) АТО-1, плотность энергии – 42 Дж/см²; 45 пациентам – ФС «Фотодитазин», аппарат «АТКУС-10», плотность энергии – 50 Дж/см².

Результаты. Клинические исследования показали, что при ФДТ гнойных ран очищение ран от гнойно-некротических масс наступало на $3,2 \pm 0,8$ суток, в группе сравнения – на $9,8 \pm 0,7$; появление грануляций и краевой эпителизации – на $3,6 \pm 0,9$ и $4,5 \pm 0,7$, тогда как при традиционном лечении – на $10,1 \pm 0,9$ и $10,6 \pm 1,6$ суток соответственно ($p < 0,01$). Результаты микробиологических исследований в клинике показали, что после проведения ФДТ уровень микробной обсемененности снижался до lg КОЕ $5,02 \pm 0,5$ с lg КОЕ 7,02. По данным морфологических исследований применение ФДТ значительно сокращает фазу травматического воспаления и стимулирует репаративные процессы в ране. Нормализуется микроциркуляторное русло: значительно реже встречаются тромбозы сосудов, сладж-феномен, васкулиты, уменьшается проницаемость стенок сосудов, что способствует ослаблению отека ткани, явлений гемо- и лимфостаза.

Выводы. ФДТ гнойных ран и трофических язв с ФС производных фталоцианина алюминия и хлорина еб позволяет сократить сроки очищения ран, появления грануляций и краевой эпителизации гнойных ран и трофических язв в 1,5–2 раза по сравнению с аналогичными показателями при традиционном лечении. ФДТ является перспективным методом в комплексном лечении хронических ран различного генеза.

ФОТОДИНАМИЧЕСКАЯ ТЕРАПИЯ В ЛЕЧЕНИИ ПАЦИЕНТОВ С БАЗАЛЬНОКЛЕТОЧНЫМ РАКОМ КОЖИ

Церковский Д.А., Артемьева Т.П.

РНПЦ онкологии и медицинской радиологии им. Н.Н. Александрова, г. Минск, Беларусь

Цель. Оценить эффективность применения фотодинамической терапии (ФДТ) в лечении пациентов с базальноклеточным раком кожи (БКРК).

Материалы и методы. В ретроспективное исследование включено 577 пациентов с морфологически верифицированным диагнозом БКРК (T1-2N0M0, I-II стадия). Фотосенсибилизатор (ФС) «Фотолон» (РУП «Белмедпрепараты», Республика Беларусь) вводили внутривенно капельно в дозах от 1,5 до 3 мг/кг. Фотооблучение опухолей проводили, используя полупроводниковые лазерные устройства «УПЛ ФДТ» (УП «НТЦ "ЛЭМТ" БелОМО», Республика Беларусь, $\lambda = 665 \pm 5$ нм) и PDT LASER (Институт молекулярной и атомной физики НАН Беларуси, Республика Беларусь, $\lambda = 660 \pm 5$ нм), через 2,5–3 часа после окончания инфузии ФС. Экспозиционные дозы лазерного излучения варьировали от 50 до 300 Дж/см², плотности мощности – от 130 до 500 мВт/см². Противоопухолевую эффективность проведенного лечения оценивали на основании анализа данных клинического и морфологического исследований через 1–3 месяца после проведенного лечения.

Результаты. Частота полных и частичных опухолевых регрессий, а также стабилизаций опухолевого процесса составила 93,2 % ($n = 538$); 5,6 % ($n = 32$) и 1,2 % ($n = 7$) соответственно. Частота объективных ответов составила 98,8 % ($n = 570$). Рецидивы заболевания выявлены в 6,2 % ($n = 36$) наблюдений в сроки от 6 до 60 месяцев после сеансов ФДТ. Косметические результаты зарегистрированы как хорошие: в области фотооблучения отмечено формирование бледно-розового, не спаянного с подлежащими тканями рубца.

Выводы. Метод ФДТ представляет собой высокоэффективную опцию лечения пациентов с БКРК с высокой частотой объективных ответов и незначительным риском возникновения рецидивов.

ФОТОДИНАМИЧЕСКАЯ ТЕРАПИЯ В ЛЕЧЕНИИ ПАЦИЕНТОВ С ЛЕЙКОПЛАКИЕЙ СЛИЗИСТОЙ ОБОЛОЧКИ ПОЛОСТИ РТА

Церковский Д.А., Артемьева Т.П.

РНПЦ онкологии и медицинской радиологии им. Н.Н. Александрова, г. Минск, Беларусь

Цель. Оценить эффективность применения метода фотодинамической терапии (ФДТ) в лечении пациентов с лейкоплакией слизистой оболочки полости рта.

Материалы и методы. В ретроспективное исследование включено 387 пациентов с морфологически верифицированным диагнозом «лейкоплакия» (клинически – плоская форма). Фотосенсибилизатор (ФС) «Фотолон» (РУП «Белмедпрепараты», Респуб-

лика Беларусь) вводили внутривенно капельно в дозах от 1,5 до 2,5 мг/кг. Фотооблучение патологически измененных очагов проводили, используя полупроводниковые лазерные устройства «УПЛ ФДТ» (УП «НТЦ "ЛЭМТ" БелОМО», Республика Беларусь, $\lambda = 665 \pm 5$ нм), через 2–3 часа после окончания инфузии ФС. Экспозиционные дозы лазерного излучения варьировали от 30 до 150 Дж/см², плотности мощности – от 100 до 350 мВт/см². Эффективность проведенного лечения осуществляли на основании анализа данных клинического и морфологического исследований через 1–3 месяца после проведенного лечения.

Результаты. Частота полных и частичных регрессий зарегистрирована в 92 % (n = 356) и 8 % (n = 31) наблюдений соответственно. Частота объективных ответов наблюдалась в 100 % наблюдений. Частота рецидивов заболевания составила 9,5 % (n = 37) в сроки наблюдения от 6 до 120 месяцев.

Выводы. Метод ФДТ представляет собой высокоэффективную опцию лечения пациентов с плоской формой лейкоплакии слизистой оболочки полости рта, характеризующуюся высокой частотой объективных ответов и небольшим риском возникновения рецидивов заболевания.

ФОТОДИНАМИЧЕСКАЯ ТЕРАПИЯ В ЛЕЧЕНИИ ВНУТРИКОЖНЫХ МЕТАСТАЗОВ ДИССЕМИНИРОВАННОЙ МЕЛАНОМЫ КОЖИ

Церковский Д.А., Артемьева Т.П.

РНПЦ онкологии и медицинской радиологии им. Н.Н. Александрова, г. Минск, Беларусь

Цель. Оценить эффективность метода фотодинамической терапии (ФДТ) в паллиативном лечении пациентов с внутрикожными метастазами диссеминированной меланомы кожи (ДМК).

Материалы и методы. В ретроспективное исследование включен 101 пациент с клинически и морфологически верифицированными внутрикожными метастазами ДМК – IV стадия, T1-4N0-2M1(a, b, c). Всем пациентам ранее проводилось комплексное лечение (хирургическое иссечение первичной опухоли, лучевая терапия, полихимиотерапия и гормонотерапия). Фотосенсибилизатор (ФС) «Фотолон» (РУП «Белмедпрепараты», Республика Беларусь) вводили внутривенно капельно в дозах от 1,5 до 3 мг/кг. Фотооблучение опухолей проводили с помощью полупроводниковых лазеров «УПЛ ФДТ» (УП «НТЦ "ЛЭМТ" БелОМО», Республика Беларусь, $\lambda = 665 \pm 5$ нм) и PDT LASER (Институт молекулярной и атомной физики НАН Беларуси, Республика Беларусь, $\lambda = 660 \pm 5$ нм) через 2,5–3 часа после окончания инфузии ФС. Экспозиционные дозы лазерного излучения варьировали от 100 до

450 Дж/см², плотности мощности – от 200 до 750 мВт/см². Фотооблучение проводилось на фоне моно- или полихимиотерапии. Эффективность проведенного лечения оценивали на основании анализа клинических данных через 1–3 месяца после сеансов ФДТ.

Результаты. Частота полных и частичных опухолевых регрессий, а также стабилизаций опухолевого процесса составила 22,8 % (n = 23); 57,4 % (n = 58) и 12,9 % (n = 13) наблюдений соответственно. Прогрессирование опухолевого процесса выявлено в 6,9 % (n = 7) наблюдений. Объективный эффект достигнут у 80,2 % пациентов (n = 81). Косметические результаты оценены как удовлетворительные.

Выводы. Метод ФДТ может быть применен в качестве паллиативной опции лечения внутрикожных метастазов ДМК, что позволяет уменьшать объем опухолевых тканей и, как следствие, улучшить качество жизни пациентов.

ФОТОДИНАМИЧЕСКАЯ ТЕРАПИЯ В ЛЕЧЕНИИ ПРЕДОПУХОЛЕВЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ ПОЛОВОГО ЧЛЕНА

Церковский Д.А., Артемьева Т.П.

РНПЦ онкологии и медицинской радиологии им. Н.Н. Александрова, г. Минск, Беларусь

Цель. Оценить эффективность метода фотодинамической терапии (ФДТ) в лечении пациентов с предопухолевыми заболеваниями полового члена (ПЧ).

Материалы и методы. В ретроспективное исследование включено 46 пациентов с морфологически верифицированными предопухолевыми заболеваниями ПЧ (лейкоплакия, дисплазия, эритроплазия Кейра). Фотосенсибилизатор (ФС) «Фотолон» (РУП «Белмедпрепараты», Республика Беларусь) вводили внутривенно капельно в дозах от 2 до 2,5 мг/кг за 2–3 часа до облучения с использованием полупроводникового лазерного устройства «УПЛ ФДТ» (УП «НТЦ "ЛЭМТ" БелОМО», Республика Беларусь, $\lambda = 665 \pm 5$ нм). Экспозиционная доза лазерного излучения составила 150 Дж/см², плотность мощности – 40 мВт/см². Эффективность проведенного лечения оценивали на основании анализа данных клинического и морфологического исследований через 3 месяца после проведенного лечения.

Результаты. Частота полных и частичных регрессий пролеченных очагов составила 91,3 % (n = 42) и 8,7 % (n = 4) соответственно. Частота рецидивов заболевания составила 8,7 % наблюдений (n = 4) в сроки наблюдения от 6 до 96 месяцев.

Выводы. Метод ФДТ представляет собой высокоэффективную опцию лечения пациентов с предопухолевыми заболеваниями полового члена с высокой частотой объективных ответов и незначительным риском возникновения рецидивов заболевания.

ФОТОДИНАМИЧЕСКАЯ ТЕРАПИЯ В ЛЕЧЕНИИ ПАЦИЕНТОК С ПРЕДОПУХОЛЕВЫМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ ВУЛЬВЫ

Церковский Д.А., Артемьева Т.А.

РНПЦ онкологии и медицинской радиологии
им. Н.Н. Александрова, г. Минск, Беларусь

Цель. Оценить эффективность метода фотодинамической терапии (ФДТ) в лечении пациенток с предопухолевыми заболеваниями вульвы (ПЗВ).

Материалы и методы. В ретроспективное исследование включено 167 пациенток с морфологически верифицированными ПЗВ (крауроз, лейкоплакия, дисплазия). Фотосенсибилизатор (ФС) «Фотолон» (РУП «Белмедпрепараты», Республика Беларусь) вводили внутривенно капельно в дозах от 2 до 2,5 мг/кг. Фотооблучение патологически измененных тканей осуществляли через 2–3 часа после окончания его инфузии с использованием полупроводникового лазерного устройства «УПЛ ФДТ» (УП «НТЦ "ЛЭМТ" БелОМО», Республика Беларусь, $\lambda = 665 \pm 5$ нм) в экспозиционных дозах от 30 до 150 Дж/см² с плотностями мощности от 100 до 350 мВт/см². Эффективность ФДТ осуществляли на основании анализа данных клинического и морфологического исследований через 1–3 месяца после проведенного лечения.

Результаты. Частота полных и частичных регрессий пролеченных очагов зафиксирована в 92,2 % ($n = 154$) и 7,8 % наблюдений ($n = 13$) соответственно. Повторные сеансы ФДТ были связаны с большой площадью патологических очагов и невозможностью их единовременного облучения вследствие наличия болевого синдрома. В сроки наблюдения от 6 до 96 месяцев рецидивов заболевания зарегистрировано не было.

Выводы. Метод ФДТ представляет собой высокоэффективную опцию лечения пациенток с ПЗВ с высокой частотой объективных ответов и невысоким риском возникновения рецидивов заболевания.

ФОТОДИНАМИЧЕСКАЯ ТЕРАПИЯ В ЛЕЧЕНИИ ПАЦИЕНТОК С УМЕРЕННОЙ И ТЯЖЕЛОЙ ФОРМАМИ ЦЕРВИКАЛЬНОЙ ИНТРАЭПИТЕЛИАЛЬНОЙ НЕОПЛАЗИИ

Церковский Д.А., Артемьева Т.П.

РНПЦ онкологии и медицинской радиологии
им. Н.Н. Александрова, г. Минск, Беларусь

Цель. Оценить эффективность метода фотодинамической терапии (ФДТ) у пациенток с умеренной и тяжелой формами цервикальной интраэпителиальной неоплазии (HSIL).

Материалы и методы. В ретроспективное исследование включено 299 пациенток с морфологически верифицированным диагнозом HSIL. Фотосенсибилизатор (ФС) «Фотолон» (РУП «Белмедпрепараты», Республика Беларусь) вводили внутривенно капельно в дозах от 2 до 3 мг/кг. Фотооблучение патологически измененных тканей производили с помощью полупроводникового лазера «УПЛ ФДТ» (УП «НТЦ "ЛЭМТ" БелОМО», Республика Беларусь, $\lambda = 665 \pm 5$ нм) через 3–3,5 часа после окончания инфузии ФС. Шейку матки облучали поверхностно световодом с микролинзой в экспозиционных дозах от 100 до 300 Дж/см² с плотностями мощности от 80 до 200 мВт/см². Цервикальный канал облучали на втором этапе внутривисветно с удельными дозами энергии от 50 до 200 Дж/см² и плотностями мощности от 90 до 170 мВт/см². Оценку непосредственной эффективности метода проводили через 3 месяца после ФДТ на основании клинических и цитологических данных.

Результаты. Частота полных и частичных регрессий, а также стабилизаций процесса составила 95 % ($n = 284$); 3,8 % ($n = 11$) и 1,2 % ($n = 4$) соответственно. Прогрессирования заболевания зарегистрировано не было. Частота объективных ответов составила 98,8 %. Частота рецидивов заболевания составила 8,1 % случаев ($n = 24$) в сроки наблюдения от 6 до 60 месяцев.

Выводы. Метод ФДТ представляет собой высокоэффективную опцию лечения пациенток с HSIL, характеризующуюся высокой частотой объективных ответов на проведенное лечение и незначительным процентом рецидивов заболевания.