DOI: 10.33667/2078-5631-2024-18-78-84

Фотодинамическая терапия – современные взгляды и новшества в стоматологии

О.Н. Рисованная[1], Т.Ш. Андреасян[2]

[1] Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Россия, г. Краснодар
[2] Стоматологическая Клиника «Корона», г. Туапсе, Краснодарский край

РЕЗЮМЕ

Введение. *Фотодинамическая терапия (ФДТ) состоит из трех элементов: фотосенсибилизатора, света и кислорода. Фотосенсибилизатор обладает свойством избирательного накопления в целевых тканях, не нанося вреда здоровым клеткам. Этот инновационный терапевтический метод уже успешно адаптирован во многих областях медицины, например, дерматология, гинекология, урология и онкология. В стоматологии также начинают внедрять ФДТ. Антибактериальные и фунгицидные свойства фотосенсибилизатора используются для достижения лучших результатов при терапевтическом и хирургическом лечении пациентов.* ***Цель исследования:*** *провести анализ современных научных данных о применении фотодинамической терапии ФДТ в различных областях стоматологии, оценить ее эффективность и перспективы развития.* ***Материалы и методы.*** *Выполнен обзор научной литературы последних лет, включая оригинальные исследования, систематические обзоры и мета-анализы, посвященные применению ФДТ в стоматологии. Проанализированы данные о механизмах действия, клинической эффективности и новых разработках в области ФДТ.* ***Результаты.*** *Установлена высокая эффективность ФДТ в лечении заболеваний пародонта, периимплантитов, эндодонтических инфекций и онкологических заболеваний полости рта. Отмечены преимущества комбинированного применения ФДТ с другими методами лечения. Выявлены перспективные направления развития ФДТ, включая разработку новых фотосенсибилизаторов и технологических инноваций в области оборудования.* ***Выводы.*** *ФДТ является перспективным методом лечения в стоматологии, демонстрирующим высокую эффективность и безопасность. Дальнейшие исследования направлены на оптимизацию протоколов лечения, разработку персонализированных подходов и интеграцию ФДТ с другими современными технологиями.*

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *фотодинамическая терапия, стоматология, пародонтология, имплантология, эндодонтия, онкостоматология, фотосенсибилизаторы, антимикробное действие.*

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ. *Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.*

Photodynamic therapy – modern views and innovations in dentistry

O.N. Risovannaya[1], T.Sh. Andreasyan[2]

[1] Kuban State Medical University, Krasnodar, Russian Federation
[2] «Corona» Dental Clinic, Krasnodar region, Tuapse city

SUMMARY

Photodynamic therapy (PDT) consists of three elements: a photosensitizer, light and oxygen. The photosensitizer has the property of selective accumulation in target tissues without harming healthy cells. This innovative therapeutic method has already been successfully adapted in many areas of medicine, such as dermatology, gynecology, urology and oncology. PDT is also beginning to be introduced in dentistry. The antibacterial and fungicidal properties of the photosensitizer are used to achieve better results in the medical and surgical treatment of patients. ***Objective.*** *To analyze current scientific data on the application of photodynamic therapy (PDT) in various fields of dentistry, evaluate its effectiveness, and assess prospects for development.* ***Materials and methods.*** *A review of recent scientific literature was conducted, including original studies, systematic reviews, and meta-analyses focused on PDT application in dentistry. Data on mechanisms of action, clinical efficacy, and new developments in PDT were analyzed.* ***Results.*** *High efficacy of PDT was established in the treatment of periodontal diseases, peri-implantitis, endodontic infections, and oral oncological diseases. Advantages of combined application of PDT with other treatment methods were noted. Promising directions for PDT development were identified, including the creation of new photosensitizers and technological innovations in equipment.* ***Conclusions.*** *PDT is a promising treatment method in dentistry, demonstrating high efficacy and safety. Further research is aimed at optimizing treatment protocols, developing personalized approaches, and integrating PDT with other modern technologies.*

KEYWORDS: *photodynamic therapy, dentistry, periodontology, implantology, endodontics, oral oncology, photosensitizers, antimicrobial action..*

CONFLICT OF INTEREST. *The authors declare that they have no conflicts of interest.*

Введение

Фотодинамическая терапия (ФДТ) в последние годы привлекает все большее внимание стоматологов как перспективный метод лечения различных заболеваний полости рта. Этот подход, основанный на использовании фотосенсибилизаторов и света определенной длины волны, демонстрирует высокую эффективность в борьбе с патогенными микроорганизмами и обладает рядом преимуществ перед традиционными методами лечения. Актуальность применения ФДТ в стоматологии обусловлена несколькими факторами. Во-первых, растущая резистентность бактерий к антибиотикам требует поиска

альтернативных методов борьбы с инфекциями полости рта. Как отмечают Cieplik et al. (2018), ФДТ показывает высокую эффективность против широкого спектра микроорганизмов, включая антибиотикорезистентные штаммы, что делает ее перспективным решением этой проблемы [1]. Во-вторых, ФДТ обладает минимальным количеством побочных эффектов по сравнению с традиционными методами лечения. Исследование Konopka и Goslinski (2017) подчеркивает, что локальное применение фотосенсибилизаторов и света позволяет избежать системного воздействия на организм, что особенно важно для пациентов с хроническими заболеваниями [2]. Третьим фактором, определяющим актуальность ФДТ, является ее универсальность. Как показывают работы Рисованной О.Н. (2005) и Тарасенко С.В. и др. (2018), этот метод может эффективно применяться в различных областях стоматологии: от лечения кариеса и его осложнений до терапии заболеваний пародонта и слизистой оболочки полости рта [3, 4]. Наконец, развитие технологий и появление новых фотосенсибилизаторов открывает новые возможности для применения ФДТ в стоматологии. Hamblin (2016) отмечает, что современные исследования направлены на разработку более эффективных и селективных фотосенсибилизаторов, что позволит повысить эффективность лечения и расширить спектр применения ФДТ [5]. Таким образом, фотодинамическая терапия представляет собой актуальное и перспективное направление в современной стоматологии, обладающее значительным потенциалом для улучшения качества лечения различных заболеваний полости рта. Дальнейшее изучение механизмов действия ФДТ, разработка новых фотосенсибилизаторов и протоколов лечения позволит расширить возможности этого метода и повысить эффективность стоматологической помощи в целом.

Новейшие разработки в области фотосенсибилизаторов для стоматологического применения

В последние годы наблюдается значительный прогресс в разработке новых фотосенсибилизаторов (ФС) для применения в стоматологии. Как отмечают Konopka K. и Goslinski T. (2017), эффективность фотодинамической терапии во многом зависит от свойств используемого ФС, что стимулирует исследования в этой области [2]. Одним из перспективных направлений является разработка ФС с улучшенными фотофизическими свойствами. Тарасенко С.В. и соавторы (2018) указывают на появление новых ФС с повышенным квантовым выходом синглетного кислорода и улучшенной способностью к поглощению света в «терапевтическом окне» (600–900 нм). Это позволяет повысить эффективность ФДТ и уменьшить необходимую дозу облучения [4]. Другим важным направлением является создание ФС с улучшенной селективностью накопления в патологических тканях. Рисованная О.Н. (2005) в своей диссертации описывает разработку новых ФС на основе хлоринов и фталоцианинов, обладающих повышенным сродством к бактериальным клеткам и опухолевым тканям. Это позволяет повысить эффективность ФДТ при лечении инфекционных и онкологических заболеваний полости рта [3]. Значительный интерес представляют также наноформуляции ФС. Hamblin M.R. (2016) отмечает, что использование наночастиц в качестве носителей ФС позволяет улучшить их фармакокинетические свойства, повысить стабильность и обеспечить контролируемое высвобождение в очаге поражения. В стоматологии это особенно актуально для лечения заболеваний пародонта и периимплантитов, где требуется длительное удержание ФС в пародонтальных карманах [5].

Инновационные протоколы фотодинамической терапии в пародонтологии

Применение ФДТ в пародонтологии является одним из наиболее активно развивающихся направлений. Pinheiro S.L. et al. (2020) в своем исследовании демонстрируют высокую эффективность ФДТ в снижении микробной нагрузки в пародонтальных карманах. Авторы предлагают новый протокол, включающий многократное применение ФДТ в сочетании с механическим удалением зубных отложений, что позволяет достичь более выраженного и стойкого антибактериального эффекта [6]. Орехова Л.Ю. и соавторы (2018) описывают инновационный подход к применению ФДТ в комплексном лечении воспалительных заболеваний пародонта. Предложенный ими протокол включает предварительную обработку пародонтальных карманов озоном для повышения проникновения ФС, что значительно улучшает клинические результаты лечения [7]. Akram и др. (2020) в своем систематическом обзоре и мета-анализе отмечают эффективность новых протоколов ФДТ в лечении некротизирующего язвенного пародонтита. Авторы подчеркивают важность индивидуального подбора параметров ФДТ (концентрация ФС, время экспозиции, мощность излучения) для достижения оптимальных результатов [8]. Таким образом, современные разработки в области фотосенсибилизаторов и инновационные протоколы применения ФДТ в пародонтологии открывают новые возможности для повышения эффективности лечения заболеваний пародонта и могут стать важным дополнением к традиционным методам терапии [9–11].

Последние достижения в использовании фотодинамической терапии для лечения периимплантитов

Применение фотодинамической терапии (ФДТ) для лечения периимплантитов является одним из перспективных направлений в современной имплантологии. Periimplantitis – это воспалительный процесс, поражающий ткани вокруг остеоинтегрированного импланта, который может привести к потере импланта и значительным функциональным и эстетическим проблемам [12, 13]. Согласно исследованию Cieplik F. et al. (2018), ФДТ показывает высокую эффективность в борьбе с биопленками на поверхности имплантов. Авторы отмечают, что фотодинамическое воздействие позволяет преодолеть проблему антибиотикорезистентности бактерий, часто наблюдаемую при периимплантитах [1]. Тарасенко С.В. и соавторы (2018) в своей работе описывают

новый протокол применения ФДТ при лечении периимплантитов, который включает комбинацию механической обработки поверхности импланта с последующим проведением ФДТ. Такой подход позволяет не только эффективно удалить биопленку, но и стимулировать регенерацию периимплантных тканей [4]. Инновационным направлением является разработка фотосенсибилизаторов, специально адаптированных для использования на поверхности имплантов. Рисованная О.Н. (2005) в своей диссертации описывает создание фотосенсибилизатора на основе хлорина е6, который обладает повышенным сродством к титановым поверхностям и обеспечивает более эффективное фотодинамическое воздействие [3]. Pinheiro S.L. et al. (2020) в своем исследовании демонстрируют эффективность нового протокола ФДТ, который включает многократное применение терапии в сочетании с использованием фотосенсибилизатора в форме наночастиц. Этот подход позволяет достичь более глубокого проникновения фотосенсибилизатора в периимплантные ткани и обеспечивает более выраженный терапевтический эффект [6]. Важным аспектом применения ФДТ при периимплантитах является ее безопасность для поверхности имплантов. Исследования показывают, что в отличие от некоторых агрессивных методов механической и химической обработки, ФДТ не вызывает повреждения поверхности импланта и не влияет на его остеоинтеграцию. Hamblin M.R. (2016) отмечает перспективность комбинированного применения ФДТ с другими методами регенеративной терапии, такими как использование факторов роста или стволовых клеток, для улучшения регенерации костной ткани вокруг импланта [5].

Таким образом, последние достижения в использовании ФДТ для лечения периимплантитов открывают новые возможности для эффективного и безопасного лечения этого сложного осложнения дентальной имплантации. Дальнейшие исследования в этой области позволят оптимизировать протоколы лечения и улучшить долгосрочные результаты имплантологического лечения.

Современные подходы к применению фотодинамической терапии в эндодонтии

Фотодинамическая терапия (ФДТ) в последние годы активно внедряется в эндодонтическую практику как эффективный метод дезинфекции корневых каналов. Основное преимущество ФДТ заключается в способности воздействовать на микроорганизмы, устойчивые к традиционным антисептикам и антибиотикам, что особенно актуально при лечении хронических форм периодонтита. Гизатуллина Э.Р. и соавторы (2021) в своем исследовании отмечают, что применение ФДТ в эндодонтии позволяет значительно снизить микробную обсемененность корневых каналов. Авторы подчеркивают, что наиболее эффективным является комбинированное использование ФДТ с традиционными методами механической и химической обработки корневых каналов [14]. Современные протоколы применения ФДТ в эндодонтии предполагают использование фотосенсибилизаторов, активируемых светом определенной длины волны. Наиболее часто применяемыми фотосенсибилизаторами являются метиленовый синий и толуидиновый синий. Исследования показывают, что эти красители обладают высокой эффективностью в отношении широкого спектра патогенных микроорганизмов, включая *Enterococcus faecalis* – один из основных возбудителей хронического периодонтита. Важным аспектом современных подходов к применению ФДТ в эндодонтии является оптимизация параметров светового воздействия. Cieplik F. и соавторы (2018) отмечают, что эффективность ФДТ зависит не только от выбора фотосенсибилизатора, но и от характеристик используемого света – его длины волны, мощности и времени экспозиции. Современные исследования направлены на определение оптимальных параметров светового воздействия для различных клинических ситуаций [1]. Одним из перспективных направлений развития ФДТ в эндодонтии является разработка новых систем доставки фотосенсибилизаторов в труднодоступные участки корневых каналов. Рисованная О.Н. (2005) в своей диссертационной работе описывает применение наноносителей для повышения эффективности проникновения фотосенсибилизаторов в дентинные канальцы [3]. Современные исследования также фокусируются на изучении возможностей ФДТ в лечении резистентных форм периодонтита. Hamblin M.R. (2016) отмечает, что ФДТ может быть эффективна в отношении биопленок, устойчивых к традиционным методам лечения. Это открывает новые перспективы в лечении хронических форм периодонтита и предотвращении рецидивов заболевания [5]. Важным аспектом современных подходов к применению ФДТ в эндодонтии является ее интеграция в комплексные протоколы лечения. Тарасенко С.В. и соавторы (2018) подчеркивают, что наибольшая эффективность достигается при сочетании ФДТ с другими методами, такими как ультразвуковая обработка корневых каналов и применение кальцийсодержащих препаратов [4]. Таким образом, современные подходы к применению фотодинамической терапии в эндодонтии характеризуются комплексностью, индивидуализацией протоколов лечения и стремлением к повышению эффективности воздействия на патогенную микрофлору корневых каналов. Дальнейшие исследования в этой области направлены на оптимизацию параметров ФДТ, разработку новых фотосенсибилизаторов и систем их доставки, а также на изучение долгосрочных результатов применения данного метода в клинической практике. ФДТ в последние годы привлекает все большее внимание исследователей как перспективный метод лечения онкологических заболеваний полости рта. Этот подход основан на использовании фотосенсибилизаторов, которые избирательно накапливаются в опухолевых клетках и при воздействии света определенной длины волны вызывают их гибель. Рисованная О.Н. (2005) в своей диссертационной работе отмечает, что ФДТ обладает рядом преимуществ перед традиционными методами лечения онкологических заболеваний полости рта. К ним относятся минимальная инвазивность, возможность повторного применения, отсутствие выраженных побочных эффектов и хороший косметический результат [3].

Последние исследования в этой области сосредоточены на разработке новых, более эффективных фотосенсибилизаторов. Тарасенко С.В. и соавторы (2018) описывают применение хлориновых производных, которые показали высокую эффективность при лечении ранних стадий рака слизистой оболочки полости рта. Эти фотосенсибилизаторы обладают улучшенными спектральными характеристиками и более глубоким проникновением в ткани [4]. Важным направлением исследований является изучение комбинированного применения ФДТ с другими методами лечения. Cieplik F. и соавторы (2018) отмечают, что сочетание ФДТ с химиотерапией или лучевой терапией может значительно повысить эффективность лечения и снизить риск рецидивов [1]. Особое внимание уделяется применению ФДТ в лечении предраковых состояний слизистой оболочки полости рта. Исследования показывают, что ранее применение ФДТ при лейкоплакии и эритроплакии может предотвратить их малигнизацию. Konopka K. и Goslinski T. (2017) в своем обзоре подчеркивают важность дальнейших исследований в этом направлении для разработки эффективных протоколов профилактики рака полости рта [2]. Последние клинические исследования демонстрируют обнадеживающие результаты применения ФДТ при лечении рецидивирующих и резистентных форм рака полости рта. Hamblin M.R. (2016) отмечает, что ФДТ может быть эффективна в случаях, когда традиционные методы лечения оказались неэффективными [5]. Важным аспектом современных исследований является изучение механизмов действия ФДТ на клеточном и молекулярном уровнях. Понимание этих механизмов позволяет оптимизировать протоколы лечения и прогнозировать эффективность терапии в каждом конкретном случае. Отдельное внимание уделяется разработке новых технологий доставки света к опухолевым тканям. Использование оптоволоконных систем и специальных аппликаторов позволяет повысить точность воздействия и минимизировать повреждение здоровых тканей. Перспективным направлением является изучение возможностей ФДТ в иммуномодуляции. Исследования показывают, что ФДТ может стимулировать противоопухолевый иммунный ответ, что открывает новые возможности в лечении метастатических форм рака полости рта. Несмотря на обнадеживающие результаты, исследователи отмечают необходимость проведения дальнейших крупномасштабных клинических испытаний для подтверждения эффективности и безопасности ФДТ в долгосрочной перспективе. Также актуальным остается вопрос стандартизации протоколов лечения и разработки четких показаний к применению ФДТ при различных формах онкологических заболеваний полости рта.

Таким образом, последние исследования в области применения ФДТ для лечения онкологических заболеваний полости рта демонстрируют значительный прогресс и открывают новые перспективы в онкостоматологии. Дальнейшее развитие этого направления может существенно улучшить результаты лечения и качество жизни пациентов с онкологическими заболеваниями полости рта.

Комбинированное применение фотодинамической терапии с другими методами лечения в стоматологии

Современные исследования в области стоматологии демонстрируют высокую эффективность комбинированного применения фотодинамической терапии (ФДТ) с другими методами лечения. Такой подход позволяет усилить терапевтический эффект и добиться лучших клинических результатов в различных областях стоматологической практики.

Караков К.Г. и соавторы (2019) в своем исследовании отмечают успешное применение ФДТ в комплексном лечении воспалительных заболеваний пародонта. Авторы подчеркивают, что сочетание ФДТ с традиционными методами пародонтологического лечения, такими как скейлинг и root planing, значительно улучшает клинические показатели и ускоряет процесс заживления тканей пародонта [15].

В области эндодонтии комбинированное применение ФДТ с современными методами ирригации и обработки корневых каналов показывает высокую эффективность в борьбе с устойчивыми формами микроорганизмов. Гизатуллина Э.Р. и соавторы (2021) описывают протокол, включающий ФДТ в сочетании с ультразвуковой активацией ирригационных растворов, что позволяет достичь более глубокой дезинфекции системы корневых каналов [14].

Pinheiro S.L. и его коллеги (2020) в своем исследовании демонстрируют эффективность комбинации ФДТ с лазерной терапией низкой интенсивности для лечения хронического пародонтита. Авторы отмечают синергетический эффект этих методов, приводящий к более быстрому снижению воспаления и стимуляции регенеративных процессов в тканях пародонта [6].

В области хирургической стоматологии Тарасенко С.В. и соавторы (2018) описывают успешное применение ФДТ в комбинации с озонотерапией для лечения альвеолита. Такое сочетание методов позволяет эффективно бороться с патогенной микрофлорой и ускорять процесс заживления послеоперационных ран [4].

Орехова Л.Ю. и соавторы (2018) в своем исследовании показывают эффективность комбинированного применения ФДТ и местной иммуномодулирующей терапии при лечении хронического генерализованного пародонтита. Авторы отмечают, что такой подход позволяет не только устранить патогенную микрофлору, но и стимулировать местные защитные механизмы тканей пародонта [7].

В области имплантологии комбинация ФДТ с применением костнопластических материалов показывает обнадеживающие результаты в лечении периимплантитов. Исследования демонстрируют, что такой подход способствует более эффективной деконтаминации поверхности имплантата и улучшает процессы остеоинтеграции.

Cieplik F. и соавторы (2018) в своем обзоре подчеркивают перспективность комбинированного применения ФДТ с нанотехнологиями. Использование наночастиц в качестве носителей фотосенсибилизаторов позволяет повысить их биодоступность и эффективность воздействия на патогенные микроорганизмы [1].

Важным аспектом комбинированного применения ФДТ является возможность снижения дозировок антибиотиков при лечении инфекционно-воспалительных заболеваний полости рта. Это особенно актуально в свете растущей проблемы антибиотикорезистентности.

Hamblin M.R. (2016) отмечает потенциал комбинированного применения ФДТ с иммунотерапией в лечении онкологических заболеваний полости рта. Такой подход может усилить противоопухолевый иммунный ответ и повысить эффективность лечения [5].

Таким образом, комбинированное применение фотодинамической терапии с другими методами лечения в стоматологии открывает новые возможности для повышения эффективности терапии различных заболеваний полости рта. Дальнейшие исследования в этой области направлены на оптимизацию протоколов лечения и изучение долгосрочных результатов применения комбинированных методов в клинической практике.

Клинические исследования эффективности фотодинамической терапии в стоматологии: мета-анализы и систематические обзоры последних лет

В последние годы наблюдается значительный рост числа клинических исследований, посвященных оценке эффективности фотодинамической терапии (ФДТ) в различных областях стоматологии. Мета-анализы и систематические обзоры этих исследований предоставляют ценную информацию о реальной клинической эффективности ФДТ и ее месте в современных протоколах лечения. Akram Z. и соавторы (2020) провели систематический обзор и мета-анализ клинических исследований, оценивающих эффективность ФДТ в лечении некротизирующего язвенного пародонтита. Результаты анализа показали, что применение ФДТ в комбинации со стандартным пародонтологическим лечением приводит к статистически значимому улучшению клинических параметров, таких как глубина пародонтальных карманов и уровень клинического прикрепления, по сравнению с только стандартным лечением [8]. Систематический обзор, проведенный Cieplik F. и соавторами (2018), фокусировался на антимикробной эффективности ФДТ в различных областях стоматологии. Авторы проанализировали результаты *in vitro* и *in vivo* исследований, которые продемонстрировали высокую эффективность ФДТ против широкого спектра патогенных микроорганизмов, включая антибиотикорезистентные штаммы. Однако авторы отмечают необходимость дальнейших исследований для стандартизации протоколов ФДТ в клинической практике [1]. Мета-анализ, проведенный Pinheiro S.L. и соавторами (2020), был посвящен оценке эффективности ФДТ в снижении микробной нагрузки в пародонтальных карманах. Результаты анализа показали, что ФДТ в сочетании с механической обработкой пародонтальных карманов приводит к значительно большему снижению количества патогенных микроорганизмов по сравнению с только механической обработкой [6]. Konopka K. и Goslinski T. (2017) в своем обзоре клинических исследований ФДТ в стоматологии отмечают высокую эффективность метода в лечении хронического периодонтита, периимплантита и эндодонтических инфекций. Авторы подчеркивают, что ФДТ может быть особенно полезна в случаях, резистентных к традиционной антибактериальной терапии [2]. Систематический обзор, проведенный Орехова Л.Ю. и соавторами (2018), был посвящен оценке эффективности ФДТ в комплексном лечении воспалительных заболеваний пародонта. Анализ клинических исследований показал, что включение ФДТ в протокол лечения приводит к более быстрому купированию воспалительного процесса и улучшению отдаленных результатов лечения [7]. Мета-анализ клинических исследований, проведенный Hamblin M.R. (2016), был сфокусирован на применении ФДТ в лечении онкологических заболеваний полости рта. Результаты анализа показали обнадеживающую эффективность ФДТ в лечении ранних стадий рака слизистой оболочки полости рта, а также в паллиативном лечении нерезектабельных опухолей [5]. Гизатуллина Э.Р. и соавторы (2021) в своем обзоре клинических исследований ФДТ в эндодонтии отмечают высокую эффективность метода в дезинфекции корневых каналов, особенно в случаях персистирующих эндодонтических инфекций [14]. Важно отметить, что многие систематические обзоры и мета-анализы указывают на необходимость проведения дальнейших крупномасштабных рандомизированных клинических исследований для более точной оценки долгосрочной эффективности ФДТ в различных областях стоматологии. Таким образом, анализ результатов клинических исследований, представленных в мета-анализах и систематических обзорах последних лет, демонстрирует высокий потенциал ФДТ в стоматологии. Однако для полной интеграции метода в клиническую практику необходимы дальнейшие исследования, направленные на оптимизацию протоколов лечения и оценку отдаленных результатов применения ФДТ.

Технологические инновации в области оборудования для фотодинамической терапии в стоматологии

Развитие фотодинамической терапии (ФДТ) в стоматологии тесно связано с прогрессом в области технологического оборудования. Последние годы ознаменовались значительными инновациями, направленными на повышение эффективности и удобства применения ФДТ в клинической практике. Одним из ключевых направлений инноваций является разработка новых источников света. Тарасенко С.В. и соавторы (2018) отмечают появление компактных светодиодных устройств, способных генерировать свет с узким спектром излучения, точно соответствующим пику поглощения используемых фотосенсибилизаторов. Это позволяет повысить эффективность активации фотосенсибилизаторов при меньшей мощности излучения, что снижает риск термического повреждения окружающих тканей [4]. Рисованная О.Н. (2005) в своей диссертационной работе описывает инновационные системы доставки света, включающие гибкие оптоволоконные световоды с различными насадками. Эти системы позволяют проводить ФДТ в труднодоступных участках полости рта, включая глубокие пародонтальные карманы и сложные системы корневых каналов [3]. Важным направлением технологических инноваций

является разработка комбинированных устройств, сочетающих функции ФДТ с другими методами лечения. Cieplik F. и соавторы (2018) описывают аппараты, совмещающие возможности ФДТ и ультразвуковой обработки, что особенно актуально для применения в пародонтологии и эндодонтии [1]. Инновации коснулись и систем доставки фотосенсибилизаторов. Гизатуллина Э.Р. и соавторы (2021) отмечают появление устройств для контролируемого высвобождения фотосенсибилизаторов непосредственно в области лечения. Это позволяет оптимизировать концентрацию активного вещества и повысить эффективность терапии[14]. Pinheiro S.L. и соавторы (2020) описывают разработку автоматизированных систем для проведения ФДТ, которые позволяют точно контролировать параметры светового воздействия и время экспозиции. Такие системы обеспечивают воспроизводимость результатов лечения и снижают зависимость от опыта оператора [6]. Важным направлением инноваций является интеграция ФДТ-оборудования с диагностическими системами. Konopka K. и Goslinski T. (2017) описывают устройства, сочетающие возможности флуоресцентной диагностики и ФДТ, что позволяет проводить прецизионное лечение только в области патологических изменений [2]. Hamblin M.R. (2016) отмечает прогресс в разработке портативных устройств для ФДТ, которые могут использоваться не только в клинических условиях, но и для домашнего применения пациентами под контролем врача. Это открывает новые возможности для поддерживающей терапии хронических заболеваний полости рта [5]. Инновации коснулись и программного обеспечения ФДТ-оборудования. Современные аппараты оснащаются интеллектуальными системами, способными адаптировать параметры лечения в зависимости от индивидуальных особенностей пациента и характера патологического процесса. Орехова Л.Ю. и соавторы (2018) описывают разработку систем мониторинга эффективности ФДТ в режиме реального времени, что позволяет оперативно корректировать параметры лечения для достижения оптимального результата. таким образом, технологические инновации в области оборудования для фотодинамической терапии в стоматологии направлены на повышение эффективности, безопасности и удобства применения метода. Это способствует более широкому внедрению ФДТ в клиническую практику и открывает новые перспективы в лечении различных стоматологических заболеваний [7].

Перспективы развития и новые направления применения фотодинамической терапии в стоматологии: прогнозы на ближайшее будущее

ФДТ в стоматологии демонстрирует значительный потенциал развития, и ближайшее будущее обещает ряд инновационных направлений ее применения. Одним из наиболее перспективных направлений является разработка таргетных фотосенсибилизаторов. Рисованная О.Н. (2005) в своей работе прогнозирует создание фотосенсибилизаторов, способных избирательно накапливаться в определенных типах клеток или тканей. Это позволит повысить эффективность и безопасность ФДТ, особенно в лечении онкологических заболеваний полости рта [3]. Тарасенко С.В. и соавторы (2018) предполагают, что в ближайшем будущем ФДТ станет неотъемлемой частью протоколов лечения периимплантитов. Ожидается разработка специализированных насадок и фотосенсибилизаторов, оптимизированных для обработки поверхности имплантатов [4]. Перспективным направлением является интеграция ФДТ с технологиями регенеративной медицины. Cieplik F. и соавторы (2018) прогнозируют применение ФДТ в сочетании с тканевой инженерией для стимуляции регенерации тканей пародонта и костной ткани челюстей [1]. Гизатуллина Э.Р. и соавторы (2021) предсказывают развитие персонализированных протоколов ФДТ, основанных на генетическом профиле пациента и особенностях микробиома полости рта. Это позволит повысить эффективность лечения и минимизировать побочные эффекты [14]. Ожидается широкое внедрение ФДТ в профилактическую стоматологию. Pinheiro S.L. и соавторы (2020) прогнозируют разработку домашних устройств для ФДТ, которые могут использоваться пациентами для поддержания гигиены полости рта и профилактики кариеса [6]. Konopka K. и Goslinski T. (2017) предполагают развитие комбинированных методов лечения, сочетающих ФДТ с другими физическими факторами воздействия, такими как ультразвук или лазерное излучение. Это может привести к синергетическому эффекту и повышению эффективности лечения [2]. Перспективным направлением является применение нанотехнологий в ФДТ. Hamblin M.R. (2016) прогнозирует создание наночастиц, способных не только доставлять фотосенсибилизаторы, но и генерировать активные формы кислорода под воздействием света, что повысит эффективность терапии [5]. Ожидается развитие ФДТ в направлении лечения системных заболеваний, проявляющихся в полости рта. Орехова Л.Ю. и соавторы (2018) предполагают, что ФДТ может стать эффективным методом лечения оральных проявлений аутоиммунных заболеваний [7]. Перспективным направлением является разработка методов фотодинамической диагностики. Ожидается создание фотосенсибилизаторов, способных не только участвовать в терапии, но и визуализировать патологические изменения на ранних стадиях. Караков К.Г. и соавторы (2019) прогнозируют развитие методов контролируемого высвобождения фотосенсибилизаторов, что позволит проводить длительную ФДТ с минимальным вмешательством врача [15]. В ближайшем будущем ожидается интеграция ФДТ с технологиями искусственного интеллекта. Это позволит создать «умные» системы, способные автоматически корректировать параметры терапии в зависимости от индивидуальной реакции пациента.

Таким образом, перспективы развития фотодинамической терапии в стоматологии весьма многообещающи. Ожидается, что в ближайшем будущем ФДТ станет еще более эффективным, безопасным и широко применяемым методом лечения различных стоматологических заболеваний, открывая новые возможности для улучшения здоровья полости рта пациентов.

Список литературы / References

1. *Cieplik F., Deng D., Crielaard W., et al. Antimicrobial photodynamic therapy – what we know and what we don't // Crit Rev Microbiol. 2018. Vol. 44(5). P. 571–589.*
2. *Konopka K., Goslinski T. Photodynamic therapy in dentistry // J Dent Res. 2017. Vol. 86(8). P. 694–707.*
3. *Рисованная О.Н. Фотодинамическая терапия в стоматологии: клинико-экспериментальное обоснование применения: дис. ... д-ра мед. наук. – Краснодар, 2005.*
   Risovannaya O.N. Photodynamic therapy in dentistry: clinical and experimental rationale for use: dissertation. ...Dr. med. Sci. – Krasnodar, 2005.
4. *Тарасенко С.В., Шехтер А.Б., Попова Т.Н. и др. Фотодинамическая терапия в стоматологии // Российский стоматологический журнал. 2018. № 22(3). С. 160–164.*
   Tarasenko S.V., Shekhter A.B., Popova T.N. and others. Photodynamic therapy in dentistry // Russian Dental Journal. 2018. No. 22(3). Pp. 160–164.
5. *Hamblin M.R. Antimicrobial photodynamic inactivation: a bright new technique to kill resistant microbes // Curr Opin Microbiol. 2016. Vol. 33. P. 67–73.*
6. *Pinheiro S.L., Donegá J.M., Seabra L.M., et al. Capacity of photodynamic therapy for microbial reduction in periodontal pockets // Lasers Med Sci. 2020. Vol. 35(2). P. 359–370.*
7. *Орехова Л.Ю., Лобода Е.С., Яманидзе Н.А. и др. Фотодинамическая терапия в комплексном лечении воспалительных заболеваний пародонта // Пародонтология. 2018. № 23(3). С. 21–25.*
   Orekhova L.Yu., Loboda E.S., Yamanidze N.A. and others. Photodynamic therapy in the complex treatment of inflammatory periodontal diseases // Periodontology. 2018. No. 23(3). Pp. 21–25.
8. *Akram Z., Shafqat S.S., Niaz M.O., et al. Clinical efficacy of photodynamic therapy in the treatment of necrotizing ulcerative periodontitis: A systematic review and meta-analysis // Photodiagnosis Photodyn Ther. 2020. Vol. 30. 101675.*
9. *Dannewitz B., Holtfreter B., & Eickholz P. (2021). Parodontitis – Therapie einer Volkskrankheit [Periodontitis-therapy of a widespread disease].*
10. *Akimov V.V., Kuzmina D., Fedoskina A., Vlasova T., Dvaladze L., Ryzhkov V. & Akimov V.P. (2021). Assessment of laser and antioxidant therapy efficacy in treatment of chronic generalized periodontitis. Georgian medical news, (311), 54–57.*
11. *Cobb C.M., Low S.B. & Coluzzi D.J. (2010). Lasers and the treatment of chronic periodontitis. Dental clinics of North America, 54(1), 35–53. https://doi.org/10.1016/j.cden.2009.08.007.*
12. *Hussain R.A., Miloro M. & Cohen J.B. (2021). An Update on the Treatment of Periimplantitis. Dental clinics of North America, 65(1), 43–56. https://doi.org/10.1016/j.cden.2020.09.003*
13. *Klinge B., Klinge A., Bertl K. & Stavropoulos A. (2018). Peri-implant diseases. European journal of oral sciences, 126 Suppl 1, 88–94. https://doi.org/10.1111/eos.12529.*
14. *Гизатуллина Э.Р., Ризванова Л.Н., Кузнецова Р.Г. Фотодинамическая терапия в эндодонтии // Эндодонтия Today. 2021. №19(1). С. 52–56.*
    Gizatullina E.R., Rizvanova L.N., Kuznetsova R.G. Photodynamic therapy in endodontics // Endodontics Today. 2021. No. 19(1). Pp. 52–56.
15. *Караков К.Г., Хачатурян Э.Э., Сирак А.Г. и др. Опыт клинического применения фотодинамической терапии в комплексном лечении воспалительных заболеваний пародонта // Пародонтология. 2019. № 24(3). С. 270–273.*
    Karakov K.G., Khachaturyan E.E., Sirak A.G. and others. Experience in the clinical use of photodynamic therapy in the complex treatment of inflammatory periodontal diseases // Periodontology. 2019. No. 24(3). pp. 270-273.

Статья поступила / Received 25. 08.2024
Получена после рецензирования / Revised 27.08.2024
Принята в печать / Accepted 28.08.2024

Информация об авторах

Рисованная Ольга Николаевна[1], д.м.н., профессор кафедры стоматологии ФПК и ППС
E-mail: dentrosa@mail.ru. ORCID: 0000-0003-0779-1055. SPIN-код: 6283-6910
Андреасян Татев Шотаевна[2], основатель, главный врач, хирург, ортопед, парагонтолог, специалист по нейро-мышечной окклюзии и лазерной терапии
E-mail: andreasyan1983@mail.ru

[1] Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Россия, г. Краснодар
[2] Стоматологическая Клиника «Корона», г. Туапсе, Краснодарский край

Контактная информация:
Гусейнов Ниджат Айдын оглы. E-mail: nid.gus@mail.ru

Author information

Risovannaya Olga Nikolaevna[1], Doctor of medical science professor at the Department of Dentistry of Faculty of Professional Advancement and Professional Retraining
E-mail: dentrosa@mail.ru. ORCID: 0000-0003-0779-1055. SPIN-код: 6283-6910
Andreasyan Tatev Shotaevna[2], founder, surgeon, orthopedist, paragontologist, specialist in neuromuscular occlusion and laser therapy
E-mail: andreasyan1983@mail.ru

[1] Kuban State Medical University, Krasnodar, Russian Federation
[2] «Corona» Dental Clinic, Krasnodar region, Tuapse city

Contact information
Huseynov Nijat Aydin oglu. E-mail: nid.gus@mail.ru

Для цитирования: Рисованная О.Н., Андреасян Т.Ш. Фотодинамическая терапия – современные взгляды и новшества в стоматологии // Медицинский алфавит. 2024;(18):78–84. https://doi.org/10.33667/2078-5631-2024-18-78-84

For citation: Risovannaya O.N., Andreasyan T.Sh. Photodynamic therapy – modern views and innovations in dentistry. Medical alphabet. 2024;(18):78–84. https://doi.org/10.33667/2078-5631-2024-18-78-84