

Список литературы:

1. Майоров Е.Е., Прокопенко В.Т. Интерферометрия диффузно отражающих объектов. – СПб.: Изд-во НИУ ИТМО, 2014. С. 193.
2. Франсон М. Оптика спеклов / Пер. с франц., под ред. проф. Ю.И. Островского. – М.: Мир, 1980. С. 171.
3. Майоров Е.Е. Метод устранения влияния декорреляции спекл-полей на точность измерений и динамический диапазон интерференционного сигнала // Научное обозрение. 2013. № 9. С. 329-332.
4. Майоров Е.Е., Прокопенко В.Т. Исследование влияния спекл-структуры на формирование интерференционного сигнала и погрешность измерений // Научное приборостроение. 2013. Т. 23. № 2. С. 38-46.
5. Майоров Е.Е., Машек А.Ч., Прокопенко В.Т., Чистякова Н.Я. Исследование метрологических характеристик измерительной оптико-механической головки // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. 2012. Т. 55. № 7. С. 59-65.
6. Hausler G., Lindner M.W. Coherence radar and spectral radar – new tools for dermatological diagnosis // F. Biomed. Opt. 1998. Vol. 3. № 1. PP. 21-31.
7. Большаков О.П., Котов И.Р., Майоров Е.Е., Хопов В.В. Исследование оптического щупа с частично когерентным источником излучения // Научное приборостроение. 2003. Т. 13. № 2. С. 47-51.

Евгений Евгеньевич Майоров,
канд. техн. наук, доцент,
Санкт-Петербургский университет
управления и экономики,
Виктор Трофимович Прокопенко,
д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой,
Санкт-Петербургский национальный
исследовательский университет информационных
технологий, механики и оптики,
Светлана Вячеславна Удахина,
канд. эконом. наук, доцент,
Санкт-Петербургский университет
управления и экономики,
г. С.-Петербург,
Галина Александровна Цыганкова,
канд. физ.-мат. наук, преподаватель,
Военно-морской политехнический институт,
г. Пушкин,
Татьяна Анатольевна Черняк,
канд. эконом. наук, зав. кафедрой,
Санкт-Петербургский университет
управления и экономики,
г. С.-Петербург,
e-mail: majorov_ee@mail.ru

А.В. Колпаков, И.Н. Юдин, О.А. Зорина, И.Н. Спиридонов

Раннее обнаружение очагов воспаления в мягких тканях пародонта с помощью инфракрасной диафаноскопии

Аннотация

Статья посвящена исследованию возможности обнаружения очагов воспаления в мягких тканях пародонта методом инфракрасной диафаноскопии. В результате проведенных исследований показана возможность визуализации *in vivo* очагов воспаления в мягких тканях пародонта методом инфракрасной диафаноскопии.

Введение

По статистике Всемирной организации здравоохранения частота поражения пародонта воспалительными заболеваниями составляет от 80 до 95 % [1]. Поэтому диагностика и лечение воспалительных заболеваний пародонта являются одними из основных задач стоматологии.

Диагностика воспалительных заболеваний пародонта основана на оценке состояния тканей пародонтального комплекса по результатам визуального осмотра, определения глубины пародонтальных карманов, рентгенографии [2]-[7]. Воспалительный процесс в пародонте характеризуется увеличением кровенаполнения, васкуляризацией [8]-[10], инфильтрацией лимфоцитов и жидкости в мягких тканях пародонта (далее – МТП). При этом клинические симптомы, соответствующие воспалительному процессу в МТП: гиперемия, кровоточивость и отечность, как правило, не проявляются в первые 2-3 недели от начала воспалительного процесса [5], [7], [11].

Инвазивный и субъективный характер существующих методов диагностики воспалительных заболеваний пародонта [1]-[6], отсутствие методов диагностики, позволяющих оценить состояние МТП при доклинических проявлениях воспалительного процесса, создают предпосылки для разработки методов неинвазивного автоматического обнаружения воспаленных участков в МТП и оценки состояния МТП.

И.Н. Спиридоновым [12], [13] и R.S. Jones [14] показана возможность визуализации в ближнем инфракрасном (далее – ИК) диапазоне длин волн мягких и твердых тканей ротовой

полости методом диафаноскопии (далее – ИКД). Однако отсутствие экспериментальных данных, подтверждающих статистическую достоверность различий между интактными и воспаленными МТП на ранней стадии воспалительного процесса, сдерживает применение метода ИКД в диагностической практике.

Настоящая статья посвящена исследованию возможности применения метода ИКД для обнаружения очагов воспаления в МТП на ранней стадии. В ходе проведенного исследования:

- выполнена клиническая оценка состояния МТП при развитии воспалительного процесса;
- зарегистрирована выборка изображений интактных и воспаленных МТП в видимом диапазоне длин волн, соответствующем спектральной чувствительности зрительного анализатора, и в ИК-диапазоне длин волн (800..1050 нм), и сформулированы выводы о возможности обнаружения очагов воспаления на изображениях МТП.

Материалы и методы исследования

В исследовании приняли участие 10 практически здоровых лиц, не предъявляющих никаких жалоб, и без видимых клинических проявлений воспалительных заболеваний пародонта. В ходе эксперимента было осуществлено моделирование развития воспалительного процесса в МТП. Участники исследования не выполняли гигиенических процедур в полости рта на протяжении семи суток с момента первой регистрации изображений.

В ходе проведения эксперимента клинически оценивались: пародонтологический статус, уровень гигиены, стадия воспаления пародонта. Для оценки уровня гигиены полости рта и стадии воспаления тканей пародонта в ходе проведения эксперимента применяли стандартные методики определения индекса гигиены Silness-Loe и индекса Muhlemann-Cowell [1]-[7].

Индекс гигиены Silness-Loe для участка МТП в окрестности каждого зуба определяют по степени E_i зубного налета на четырех поверхностях зуба: вестибулярной, оральной, дистальной, медиальной. При этом выявляют налет в придесневой области в соответствии со шкалой, приведенной в табл. 1.

Таблица 1

Индекс гигиены Silness-Loe [3], [4], [11]

Степень (E_i)	Описание
0	Отсутствие зубной бляшки
1	Зубная бляшка, обнаруживаемая зондом
2	Зубная бляшка, обнаруживаемая визуально
3	Толстый слой зубной бляшки

Расчет индекса Silness-Loe производят для участка МТП в окрестности одного зуба (PLI_T) или группы зубов (PLI) соответственно по формулам [3]

$$PLI_T = \frac{\sum_{i=1}^4 E_i}{4}; \quad PLI = \frac{\sum_{i=1}^N PLI_{T_i}}{N}, \quad (1)$$

где $\sum_{i=1}^4 E_i$ – суммарная для четырех поверхностей зуба степень налета; $\sum_{i=1}^N PLI_{T_i}$ – суммарный индекс для участков МТП в окрестности N зубов.

Индекс Muhlemann-Cowell [2], [3], [7], [11] определяют осмотром десневой борозды и межзубного сосочка. Оценку стадии воспаления МТП B_i в окрестности i -го зуба производят в соответствии со шкалой, приведенной в табл. 2.

Таблица 2

Индекс Muhlemann-Cowell [2], [3], [7], [11]

Стадия (B_i)	Описание
0	Отсутствие гиперемии и кровотечения
1	Гиперемия, отек, нет кровоточивости
2	Гиперемия, отек, кровоточивость при зондировании
3	Гиперемия, отек, кровоточивость при приеме пищи и чистке зубов

Расчет индекса Muhlemann-Cowell (GI) для группы N зубов производится по формуле [3]

$$GI = \frac{\sum_{i=1}^N B_i}{N}. \quad (2)$$

Для оценки пародонтологического статуса измеряли глубину зубодесневой бороздки и пародонтальных карманов при помощи градуированного зонда в области каждого зуба в 6 точках [11]. Средневыборочное значение глубины пародонтального кармана H определялось по формуле

$$H = \frac{\sum_{i=1}^N h_i}{N}, \quad (3)$$

где h_i – средневыборочное значение глубины пародонтального кармана в окрестности i -го зуба, определенное по результатам зондирования в 6 точках.

Регистрация изображений МТП в период проведения эксперимента осуществлялась 1 раз в сутки. Изображения МТП в видимом диапазоне длин волн формировались в отраженном излучении видимого диапазона и регистрировались на цифровую фотокамеру. Через интерфейс сопряжения зарегистрированные изображения МТП передавались в персональный компьютер (ПК) для сохранения в постоянной памяти и обработки зарегистрированных изображений.

Изображения МТП в ИК-диапазоне длин волн регистрировались в проходящем излучении с помощью макета ИК-диафаноскопа, в состав которого входят: осветитель, фоторегистратор, блок управления и питания, а также ПК со стандартным и специальным программным обеспечением (рис. 1).

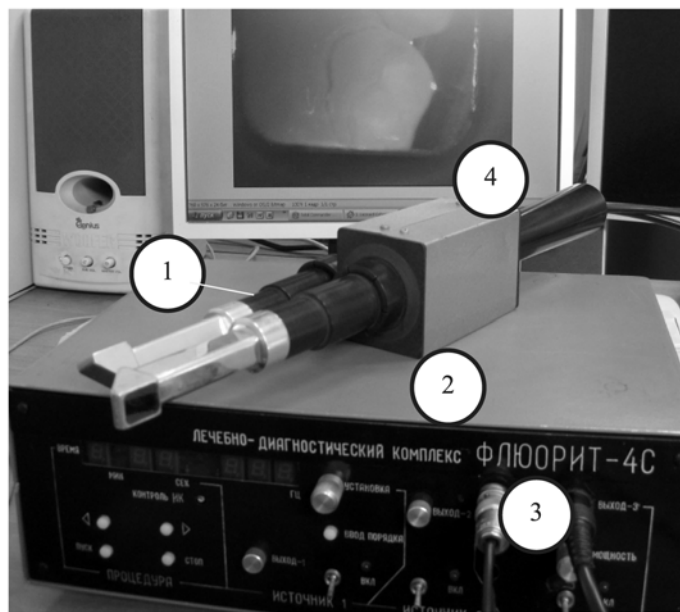


Рис. 1. Макет ИК-диафаноскопа: 1 – осветитель; 2 – фоторегистратор; 3 – блок управления и питания; 4 – ПК со стандартным и специальным программным обеспечением

Осветитель макета ИК-диафаноскопа предназначен для освещения исследуемых участков МТП монохроматическим ИК-излучением и состоит из полупроводникового лазера, генерирующего излучение длины волны 890 нм, а также формирующей оптической системы, объединенных в корпусе.

Фоторегистратор макета ИК-диафаноскопа включает в себя проекционную оптическую систему и видеокамеру, объединенные в корпусе. При работе с макетом ИК-диафаноскопа фоторегистратор располагается с противоположной от осветителя стороны освещаемого участка пародонта. Из-за различия оптических характеристик очагов воспаления и интактных областей МТП осуществляется модуляция прошедшего через МТП излучения. Модулированное МТП излучение проецируется оптической системой фоторегистратора на фоточувствительную матрицу видеокамеры, выполняющей функцию регистрации изображений МТП.

Блок управления и питания обеспечивает питание и управление характеристиками источника излучения и видеокамеры.

В конструкции осветителя и фоторегистратора предусмотрены защитные стекла, предназначенные для защиты от попадания выделений МТП, обеспечивающие формирование и считывание освещенности на поверхности МТП, а также возможность проведения стерилизации элементов конструкции осветителя и фоторегистратора, контактирующих с МТП.

ПК в составе макета ИК-диафаноскопа обеспечивает регистрацию изображений с видеокамеры через устройство сопряжения, управляемое программным обеспечением *EVSCap* для ОС «Windows 7». Программное обеспечение *EVSCap* обеспечивает возможность отображения изображений МТП врачу на экране дисплея, сохранения изображений в постоянной памяти ПК. Разработанное в среде «MatLab» специальное программное обеспечение обеспечивает возможность обработки зарегистрированных изображений.

Результаты исследования

В ходе аналогичного моделирования воспалительного процесса в тканях пародонта, выполненного М.С. Brech, К. Shlegel, P. Gehr, N.P. Lang на группе из 8 испытуемых, после 7 суток отсутствия гигиенических процедур были обнаружены начальные воспалительные изменения в МТП: увеличение PLI и GI

(табл. 3), увеличение количества жидкости в десневой борозде, гистологически установленное увеличение количества фибробластов, макрофагов, полиморфно-ядерных нейтрофилов, микрососудов в МТП [15].

Таблица 3

Индекс гигиены, воспаления в ходе моделирования воспалительного процесса в тканях пародонта, выполненного М.С. Вресх, К. Shlegel, P. Gehr, N.P. Lang (n = 8) [15]

Индекс	День от начала эксперимента				
	1	4	7	14	21
PLI	0,1 ± 0,1	1,0 ± 0,2	1,4 ± 0,1	1,7 ± 0,2	1,8 ± 0,1
GI	0,1 ± 0,1	0,2 ± 0,1	0,3 ± 0,1	0,7 ± 0,4	1,2 ± 0,4

Результаты определения индексов *PLI* и *GI* и пародонтологического статуса, зарегистрированные в ходе настоящего эксперимента, приведены в табл. 4.

Таблица 4

Индекс гигиены, воспаления, пародонтологический статус участников эксперимента (n = 10)

Индекс	День от начала эксперимента				
	1	2	3	4	7
PLI	1,1 ± 0,3	1,6 ± 0,6	2,3 ± 0,5	2,5 ± 0,5	2,9 ± 0,4
GI	0,4 ± 0,1	0,4 ± 0,1	0,7 ± 0,1	0,9 ± 0,3	1,2 ± 0,3
H, мм	1,7 ± 0,5	1,5 ± 0,5	1,5 ± 0,5	1,6 ± 0,5	1,6 ± 0,5

В ходе эксперимента были зарегистрированы серии 42 видимых и 210 ИК-изображений участков МТП в областях межзубных сосочков и альвеолярной десны, в которых проявлялись первые признаки воспалительного процесса в МТП [1], [2], [9], [11], [15]. Примеры зарегистрированных изображений представлены на рис. 2.

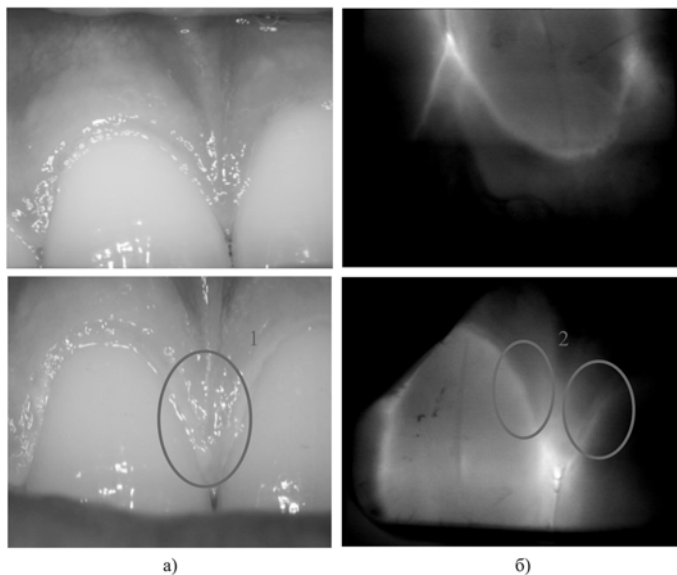


Рис. 2. Примеры изображений интактного межзубного сосочка (верхний ряд) и воспаленного межзубного сосочка (нижний ряд), зарегистрированные в отраженном излучении видимого диапазона (а); в проходящем монохроматическом излучении ИК-диапазона (б): 1 – мягкий зубной налет; 2 – области повышенного кровенаполнения

На четвертые сутки после прекращения гигиенических процедур в ротовой полости на изображениях, зарегистрированных в ИК-диапазоне, были обнаружены области повышенного кровенаполнения, соответствующие очагам воспаления МТП (рис. 2б, нижний ряд).

Обсуждение результатов

На базе учебно-научного медико-технологического центра (УНМТЦ) МГТУ им. Н.Э. Баумана и ЦНИИС и ЧЛХ Минздрава России проведено исследование возможности применения метода ИКД для обнаружения очагов воспаления в МТП на ранней стадии. В результате проведенного исследования:

- на седьмые сутки после прекращения гигиенических процедур в ротовой полости установлено статистически значимое увеличение пародонтологических индексов *PLI* и *GI* (табл. 4), свидетельствующее о ранней стадии воспалительного процесса в МТП;
- на четвертые сутки после прекращения гигиенических процедур в ротовой полости обнаружены очаги воспаления на изображениях МТП, зарегистрированных в ИК-диапазоне длин волн.

Выводы

В результате проведенных исследований установлена возможность обнаружения ранней стадии воспалительного процесса по индексам *PLI* и *GI*, а также показана возможность визуализации *in vivo* очагов воспаления МТП на ранней стадии методом ИКД.

Список литературы:

1. Рубникович С.П. Лазерно-оптический метод в ранней диагностике микроциркуляторных нарушений в тканях пародонта // Медицинский журнал. 2011. № 2. С. 85-88.
2. Орехова Л.Ю. и др. Заболевания пародонта. – М.: Поли Медиа Пресс, 2004. 432 с.
3. Мюллер Х-П. Пародонтология / Пер. с нем. – Львов: Гал-Дент, 2004. 256 с.
4. Стоматология. Учебник для медицинских вузов и последипломной подготовки специалистов / Под ред. В.А. Козлова. – СПб.: СпецЛит, 2003. 477 с.
5. Федя П., Вернино А., Грей Д. Пародонтологическая азбука / Пер. А. Островского, Е. Ханина. – М.: Издательский дом «Азбука», 2003. 293 с.
6. Ценов Л.М., Николаев А.И., Михеева Е.А. Диагностика, лечение и профилактика заболеваний пародонта / 3-е изд., испр. и доп. – М.: МЕДпресс-информ, 2008. 272 с.
7. Nield-Gehrig J.S., Willmann D.E. Foundations of periodontics for the dental hygienist / 3rd ed. – Philadelphia: Wolters Kluwer Health, Lippincott Williams&Wilkins, 2011. 688 p.
8. Кречина Е.К., Рахимова Э.Н. Оценка нарушений гемодинамики тканевого кровотока в тканях десны в норме и при заболеваниях пародонта по данным ультразвуковой доплерографии // Стоматология. 2005. № 5.
9. Кречина Е.К., Козлов В.И., Маслова В.В. Микроциркуляция в тканях десны пародонта. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2007. 80 с.
10. Krechina E.K., Mustafina F.K. Method of capillaroscopy in evaluation of microcirculation status of gingival tissues of intact parodontium // Stomatologiia (Mosk). 2010. Vol. 89. № 4. PP. 28-30.
11. Грудянов А.И., Зорина О.А. Методы диагностики воспалительных заболеваний пародонта. Руководство для врачей. – М. ООО «Издательство «Медицинское информационное агентство», 2009. 113 с.
12. Отчет о научно-исследовательской работе «Лазерный лечебно-диагностический стоматологический комплекс». Шифр «Флюорит» / МГТУ им. Н.Э. Баумана. Руководитель И.Н. Спиридонов. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1996. 120 с.
13. Жаров В.П., Спиридонов И.Н., Шошенский А.М. Способ получения изображения твердых и мягких биотканей / Патент 2115927 РФ, G01N33/483. МГТУ им. Н.Э. Баумана. № 93049562/14. Заяв. 28.10.1993 г. Оpubл. 20.07.1998 г. Бюл. № 20.

14. Jones R.S. et al. Near-infrared transillumination at 1310-nm for the imaging of early dental decay // Optics Express. 2003. Vol. 11. № 18. PP. 2259-2265.
15. Brex M.C. et al. Comparison between histological and clinical parameters during human experimental gingivitis // Journal of Periodontal Research. 1987. Vol. 22. PP. 50-57.

Александр Владимирович Колпаков,
ассистент,
кафедра «Биомедицинские технические системы» (БМТ-1),
начальник сектора,
Илья Николаевич Юдин,
техник,
Научно-исследовательский и испытательный центр
биометрической техники (НИИЦ БТ),
МГТУ им. Н.Э. Баумана,

Оксана Александровна Зорина,
д-р мед. наук, зав. отделением
терапевтической стоматологии,
Центральный научно-исследовательский институт
стоматологии и челюстно-лицевой хирургии
Министерства здравоохранения
Российской Федерации,
Игорь Николаевич Спиридонов,
д-р техн. наук, профессор,
зав. кафедрой БМТ-1, директор НИИЦ БТ,
МГТУ им. Н.Э. Баумана,
г. Москва,
e-mail: kolpakovalex@yandex.ru

Д.А. Попов, Н.М. Анучина

Микробиологическая эффективность деkontаминации больничной среды аэрозолем пероксида водорода

Аннотация

Метод деkontаминации поверхностей и воздуха аэрозолем пероксида водорода позволяет значимо снизить микробную обсемененность объектов больничной среды (с 83,3 до 36,7 %, $p = 0,0006$) и воздуха (с 360 до 140 КОЕ/м³) и может использоваться в дополнение к стандартным методам дезинфекции помещений, особенно при наличии труднодоступных и/или труднообрабатываемых объектов.

Введение

Оборотной стороной прогресса современных медицинских технологий является возрастание значимости проблемы нозокомиальных инфекций. По некоторым данным, даже в области «чистой» кардиохирургии частота различных инфекционных осложнений может достигать 21 % [1]. Основной причиной этого является высокая инвазивность применяемых пособий.

Ведущей, но не единственной причиной развития внутрибольничных инфекций является экзогенное инфицирование, которое может происходить вследствие проведения различных инвазивных процедур (катетеризации сосудов, мочевого пузыря, полостей, искусственной вентиляции легких, применения различных систем вспомогательного кровообращения, собственно хирургической операции и т. д.). Важную роль при «больших», травматичных операциях играет также эндогенное инфицирование вследствие транслокации эндогенной микрофлоры больного при повышении проницаемости слизистотканевых барьеров на фоне микроциркуляторных нарушений [2].

Агрессивность больничной среды в немалой степени связана с высоким уровнем устойчивости госпитальных штаммов к антимикробным препаратам, что в наибольшей мере прослеживается в отношении грамотрицательных бактерий, доля которых в общей структуре нозокомиальных патогенов достигает 70 % и более. При этом среди энтеробактерий в последнее десятилетие наблюдается широкое распространение штаммов, продуцирующих бета-лактамазы расширенного спектра. Эти ферменты, разрушающие большинство применяемых на практике бета-лактамов антибиотиков, вырабатывают более 90 % штаммов *K. pneumoniae* [3], [4]. Появление карбапенемаз, являющихся следующим «витком эволюции» резистентности, угрожает вывести карбапенемы из группы препаратов резерва [5]. Большую проблему представляет собой появление и распространение штаммов *A. baumannii*, устойчивых к карбапенемам и сульбактаму, а также полирезистентных штаммов *P. aeruginosa* [4].

В связи с изложенным выше большое значение в предупреждении развития инфекций имеет создание безопасной больничной среды, важнейшим компонентом чего является снижение уровня микробной контаминации рабочих поверхностей и воздуха в рабочих помещениях, лимитируемых по микробиологическим показателям. Данная задача решается проведением соответствующих дезинфекционных мероприятий, эффективность которых контролируется с помощью санитарно-бактериологического мониторинга.

В сердечно-сосудистой хирургии адекватная деkontаминация объектов внешней среды и оборудования особенно актуальна, так как осуществление лечебно-диагностического процесса в данной области сопряжено с высокой инвазивностью применяемых методов. Так, помимо стандартных процедур, которым могут подвергаться больные общехирургического профиля, операции на сердце зачастую требуют применения ряда дополнительных процедур, представляющих собой потенциальный риск инфицирования. В частности, к ним относятся методы искусственного и вспомогательного кровообращения, инвазивный мониторинг центральной гемодинамики, ведение пациентов в условиях протонированной стернотомии и пр., что значительно увеличивает риск развития экзогенного инфицирования [6].

Дезинфекционные мероприятия в лечебно-профилактических учреждениях обычно осуществляются путем комбинированного использования различных методов, среди которых наиболее широко применяется химическая дезинфекция с использованием средств на основе галогенов, альдегидов, спиртов, пероксидов или аминов. При этом обработка больничных помещений, как правило, осуществляется ручным способом, с применением рабочих растворов дезинфицирующих средств. Наряду с простотой и общедоступностью, такой подход не всегда позволяет обеспечить требуемый результат, что в немалой степени может быть обусловлено «человеческим фактором», в частности, несоблюдением режимов применения дезинфицирующих средств, а также пропусками или некачественной обработкой некоторых объектов, особенно тех, доступ к которым затруднен. Кроме того, применение ряда средств