

С.П. Рубникович
**ЛАЗЕРНО-ОПТИЧЕСКИЙ МЕТОД В РАННЕЙ ДИАГНОСТИКЕ
МИКРОЦИРКУЛЯТОРНЫХ НАРУШЕНИЙ В ТКАНЯХ ПЕРИОДОНТА**

Белорусский государственный медицинский университет

Применение лазерно-оптического метода диагностики и целесообразно использовать для определения интенсивности микроциркуляции периодонта в норме и при патологии.

Ключевые слова: лазерно-оптический метод.

S.P. Rubnikovich

**LAZERNO-OPTICAL METHOD IN EARLY DIAGNOSTICS INFRINGEMENTS OF
MICROCIRCULATION IN PERIODONTIUM FABRICS**

Application of a lazerno-optical method of diagnostics and is expedient for using for definition of intensity of microcirculation of a periodontium in normal and at a pathology.

Keywords: a lazerno-optical method.

Состояние микроциркуляции является важным предклиническим информатором многих патологических процессов и различных заболеваний челюстно-лицевой области, которое проявляется в сосудистых и в опосредованных зонах, а также сочетаются в различной степени проявлений [3, 4].

Изучение микроциркуляции в ранней диагностике патологических изменений на тканевом уровне дает возможность адекватно применить патогенетическую терапию и оценить ее эффективность, а также прогнозировать ухудшение состояния тканей периодонта в динамическом наблюдении периодонтологических пациентов. Следует отметить, что в патогенезе, клинических проявлениях и течение многих заболеваний, в том числе стоматологических, ведущим звеном являются нарушения на уровне микроциркуляции. Известно, что при прогрессировании заболевания, важными патогенетическими факторами является повышение посткапиллярного сопротивления, снижение числа функционирующих капилляров, нарушение трофики периодонта и как следствие, накопление в тканях vasoактивных веществ и биологически активных веществ, что усугубляет гемодинамические и реологические сдвиги [5, 6].

Болезни периодонта являются одной из наиболее важных проблем современной стоматологии. Это связано с высокой и практически повсеместной распространенностью этих заболеваний. По данным экспертов ВОЗ (1990) - у лиц в возрасте от 35 до 44 лет уровень

болезней периодонта составляет от 65 до 98%, а в возрасте 13 – 19 лет - от 55 до 95%. В Республике Беларусь болезни периодонта выявлены у 92,5 % в возрасте 35-44 года [3].

Болезни периодонта – это полиэтиологические заболевания со сложными патогенетическими механизмами, которые ведут к потере зубов. Проблема болезней периодонта является социальной и содержит много спорных и нерешённых вопросов. Результаты специальных исследований показали, что существует связь между характером локальной гемодинамики и активным воспалением. Чем больше выражены эти связи, тем интенсивнее деструктивный процесс в тканях периодонта. Сосудистые изменения включают изменения в сосудистой топографии, увеличение сосудистой проницаемости, повышение ломкости сосудов [2–7]. Следует заметить, что при развитии болезней периодонта воспалительного характера точкой приложения действия патогенных факторов является сосудистое русло, особенно его микроциркуляторная часть. Микрососуды являются наиболее чувствительным индикатором, реагирующим на патогенные факторы еще до появления клинических симптомов воспаления в тканях периодонта. Большое внимание при обследовании и составлении плана комплексного лечения пациентов с болезнями периодонта отводится функциональным методам исследования микроциркуляторного русла тканей периодонта [2, 5, 6, 8].

В настоящее время в стоматологической практике широко используют современные методы функциональной диагностики, которые основаны на измерении различных физических свойств исследуемых тканей. Лазерное исследование биотканей является чрезвычайно важным и быстро развивающимся междисциплинарным направлением на стыке лазерной физики, оптики рассеивающих сред, биофизики и инженерной физики, включая современные методы диагностики и контроля, основанные на глубокой компьютерной обработке результатов измерений в режиме реального времени [1, 8, 9]. Стремительное развитие этого направления в последние два десятилетия отмечено успехами в лазерной и цифровой технологиях ввода когерентных изображений в ПЭВМ с использованием ПЗС-камер в сочетании с опытом накопления экспериментальной информации и её статистического анализа. Эти исследования получили названия цифровая динамическая спекл-фотография. В результате рассеяния когерентного излучения в диффузном объекте и 3-х мерной интерференции рассеянного излучения формируется спекл-поле, которое состоит из мельчайших гранул излучения, – спеклов, имеющих характерные размеры порядка 1-2 мкм. Аналогичные спекл-поля создаются также и при рассеянии лазерного излучения биотканями. Так видимый свет, проникая на глубину 1-2 мм в кожу человека, рассеивается на эритроцитах крови, протекающей в мельчайших капиллярах ткани (рис.2). В результате процессов

многократного рассеяния формируется динамическое био-спекл-поле, изменяющееся в пространстве и во времени в результате движения эритроцитов [10].

Разработанный нами лазерно-оптический метод (ЛОМ) измерения интенсивности кровотока микроциркуляторного русла является развитием таких функциональных методов исследования, как лазерная и ультразвуковая доплерография, позволяющих регистрировать кровотоки в мягких тканях ротовой полости (патент на изобретение РБ №13188 от 30.04.2010 г.). Методика применения лазерно-оптического метода у пациентов утверждена Министерством Здравоохранения Республики Беларусь (№ 041-0410 от 06.05.2010) и разрешена для практического использования.

ЛОМ имеет ряд преимуществ, главные из которых - панорамность изображения тканей периодонта с высоким пространственным разрешением (до 50-100 мкм) и возможность получения на мониторе карт кровотока в реальном времени. В ЛОМ отсутствует эффект сдавливания мягких тканей ротовой полости, так как исследование проводят бесконтактным способом путем лазерного зондирования. При этом прямая компьютерная обработка получаемых числовых изображений позволяет получать качественные и количественные карты поверхностного кровотока одновременно на участке мягких тканей ротовой полости размером от 20 x 30 мм и более. Такой метод дает наиболее объективную оценку микроциркуляции, является безболезненным и безопасным как для пациента, так и для врача и не требует дополнительных средств защиты пациента и персонала.

Целью исследования явилось использование лазерно-оптического метода диагностики на основе спекл-фотографического анализа для изучения интенсивности микроциркуляции на ранних стадиях воспаления у периодонтологических пациентов.

Материал и методы. Для исследования микроциркуляторного русла десны с использованием ЛОМ обследованы 60 пациентов в возрасте 20-24 года, распределенные на две группы. Первую группу составили 30 пациентов, которые имели хорошую гигиену ротовой полости, и состояние тканей периодонта было в пределах нормы. Во вторую группу вошли 30 практически здоровых пациентов в период санации ротовой полости.

Пациентам второй группы применяли лазерно-оптический метод диагностики десны в области зубов 3.3 – 4.3. Микроциркуляторное состояние исследуемых тканей периодонта определяли в области зубов нижней челюсти. Интенсивность микроциркуляции крови в десне высчитывали с помощью специальной компьютерной программы в условных единицах. Качественную и количественную оценку гемодинамики микрососудов осуществляли с помощью цифровой динамической спекл-фотографии.

Апробация экспериментальной установки ЛОМ проводилась на 3-ей кафедре терапевтической стоматологии БГМУ в сотрудничестве с ИТМО им. А.В. Лыкова НАН

Беларуси. В данной установке при исследованиях мягких тканей динамическое биоспекл-поле генерировалось непосредственно исследуемой тканью (ткани периодонта) при ее зондировании *in vivo* когерентным лазерным излучением путем процессов многократного рассеяния света на движущихся эритроцитах (Рис.1). Поскольку эритроциты находятся в движении, образующиеся в результате рассеяния на движущихся частицах оптические спеклы также будут находиться в движении. Анализ динамики движения лазерных спекл-полей и позволяет построить мгновенную карту скоростей движения эритроцитов в исследуемых тканях. Такой метод лазерной диагностики биотканей начал активно применяться в Европе и Японии в конце прошлого столетия и в Белоруссии в начале нового тысячелетия [8].

Различают два основных механизма изменения спекл-полей. Это «смещение» спекл-поля, при котором некоторая совокупность спеклов смещается как целое, не изменяя их взаимного расположения, и «кипение» спеклов, когда отдельные спеклы хаотически появляются и исчезают в одних и тех же точках пространства, не испытывая заметных смещений. Два параметра (t_c — время корреляции и t_d — время задержки) были введены в работах Японских исследователей для описания динамических свойств спекл-полей, испытывающих одновременно две моды изменения — «смещение» и «кипение» [8].

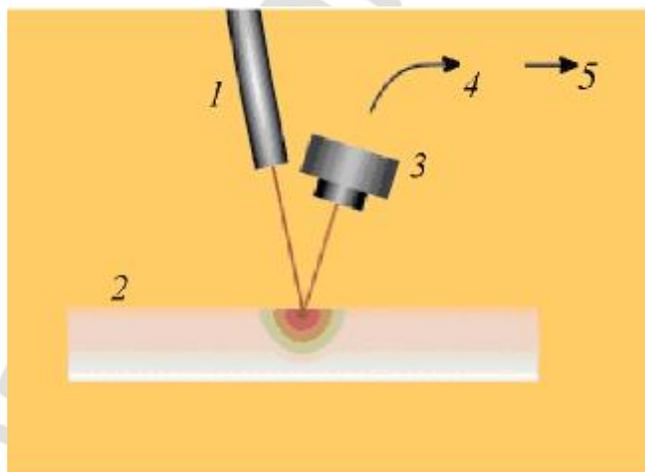


Рис. 1. Принципиальная схема ЛОМ и основные компоненты устройства для лазерной диагностики и лечения биотканей
1, зондирующий лазер; 2, исследуемая ткань; 3, цифровая камера для регистрации спекл-полей; 4, ПЭВМ; 5, монитор, на который выводится обработанная информация

Устройство для лазерно-оптической диагностики и лечения тканей периодонта и слизистой оболочки ротовой полости состоит из лазера, создающего оптическое излучение, световода, направляющем это излучение на объект исследования (ткани периодонта, слизистая оболочка ротовой полости) и регистрирующей оптической системы (цифровой ПЗС камеры).

Камера неподвижно укрепляется к столу на металлической рельсе сдвигающимся основанием посредством винтов. Запись получаемого изображения в цифровом виде осуществляется непосредственно в память ПЭВМ для последующей обработки по разработанной программе, с целью получения количественных характеристик микроциркуляции тканей периодонта в режиме реального времени.

Обработка получаемых изображений иллюстрируется на рис.2. Статистическое усреднение смещения эритроцитов проводится по небольшой зоне ПЗС-матрицы, содержащей достаточное количество регистрирующих рабочих ячеек. Минимальное количество пикселей для уверенной статистической обработки с точностью до 1 % должно содержать не менее 100 пикселей, что соответствует размеру окна 10x10 и более, хотя в отдельных наблюдениях размер окна может быть уменьшен до 7x7 или даже до 5x5. При возможности для повышения точности статистической обработки размер окна увеличивают до 32x32 или даже до 64x64. При получении усредненной по большой площади информации размер окна может быть 256x256 или 512x512 и более.

Цифровая спекл-фотография позволяет получать и регистрировать непосредственно в памяти ПЭВМ огромные массивы экспериментальной информации. Об её объеме можно составить впечатление с учетом того, что в каждом квадратном миллиметре спекл-поля содержится около миллиона элементарных гранул излучения – спеклов, изменяющихся во времени с частотами, характерными для исследуемой среды, а исследуемые ткани содержат свыше 5 млн. эритроцитов/мм³ при размере эритроцита, 5-7мкм. Этот размер хорошо коррелирует с размером отдельного пикселя ПЗС камеры. Для биотканей характерные частоты составляют от 1 Гц до нескольких килогерц, обеспечивая потоки информации в ПЭВМ в несколько Гигабит в секунду (10⁹ Бт/с) с каждого квадратного миллиметра исследуемой ткани. Статистический анализ таких больших объёмов информации обеспечивает высокую точность измерений. Отметим, что ещё до открытия био-спекл полей для измерения скорости кровяных телец в капиллярах применялся метод видеоденситометрии, в котором обработка микроскопических изображений биоткани, освещенной некогерентным источником излучения, проводилась “вручную”. Использование современных цифровых методов регистрации изображений позволяет автоматизировать и ускорить такую обработку, а наличие на снимках спекл-полей существенно увеличивает ее точность.

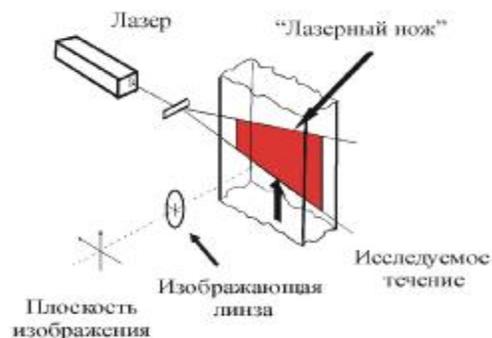


Рис. 2. Иллюстрация техники получения изображения спекл-полей и основные приемы корреляционного анализа получаемых изображений в ЛОМе.

При клинических исследованиях пациента усаживали в кресло, голову фиксировали неподвижно в офтальмологическом уставе с помощью стабилизирующих лангет. Доступ к ротовой полости был осуществлен с помощью стоматологического ретрактора так, чтобы не было контакта со слизистой оболочкой, а расстояние между точкой фокусировки приёмной оптической системы и десной составляло около 1 см. Фиксирование изображения проводили как на одиночных цифровых снимках, так и в записи на цифровые видеокамеры непрерывно на протяжении длительного времени. После цифровой записи изображение поступало в память ПЭВМ для последующей обработке по разработанному программному обеспечению с целью получения количественных параметров гемодинамики. Монитор компьютера одновременно выполнял функции телемонитора для визуального наблюдения кровотока, а компьютер – функцию устройства накопления видеоданных с целью их последующего воспроизведения и хранения.

При периодонтологическом осмотре оценивали состояние тканей периодонта, включая гигиенический индекс ОНI-S (Green J.C., Vermillion J.R., 1960), индекс степени воспаления GI (Loe H., Silness J., 1963), индекс распространенности воспаления десны РМА (Parma C., 1960). Оценку клинического состояния тканей периодонта проводили по определению цвета, плотности и контуру десневого края, кровоточивости при зондировании, образованию и измерению глубины периодонтальных карманов [4].

Результаты исследования. При изучении интенсивности кровотока в микроциркуляторном русле десны лазерно-оптическим методом определили интенсивность микроциркуляции крови у пациентов двух групп.

Первая группа. Клиническое исследование. У пациентов наблюдали хорошее состояние мягких тканей периодонта: ОНI-S был равен $0,56 \pm 0,08$; GI – $0,4 \pm 0,01$; IPMA – $6,1 \pm 0,47\%$. При осмотре отмечали десну бледно-розового цвета, плотной консистенции, при зондировании отсутствовала кровоточивость. **Функциональное исследование.** Показатели

интенсивности микроциркуляции крови в десне по данным ЛОМ составляли $36,4 \pm 1,11$ УЕ (Рис.5).

Клинические и функциональные исследования показали, что состояние тканей периодонта было хорошее клиническое состояние десны без патологических изменений.

Вторая группа. *Клиническое исследование.* У пациентов отмечено хорошее клиническое состояние десны без патологических изменений. Но у них отмечена удовлетворительная гигиена ротовой полости ОНI-S – $0,91 \pm 0,05$; GI – $0,74 \pm 0,14$; IPMA – $7,66 \pm 0,56\%$. Выявлены отложения зубного налета у десневого края. Кровоточивости при зондировании не отмечали. *Функциональные исследования.* Показатели интенсивности микроциркуляции крови в десне по данным ЛОМ составляли $26,93 \pm 0,96$ УЕ ($p > 0,001$) и соответствовали гингивиту легкой степени тяжести, что на 26% меньше по сравнению с показателем первой группы (Рис. 6, 7).

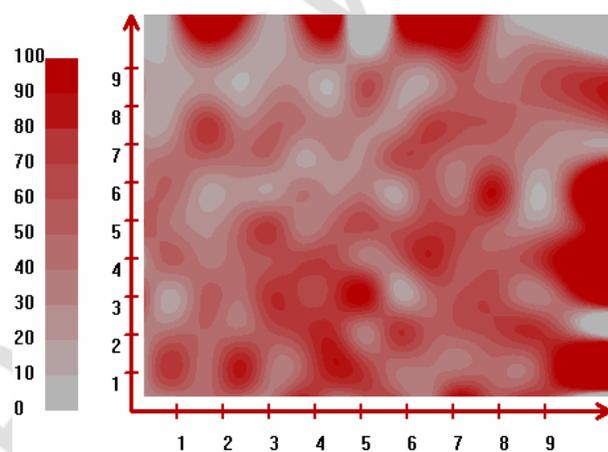
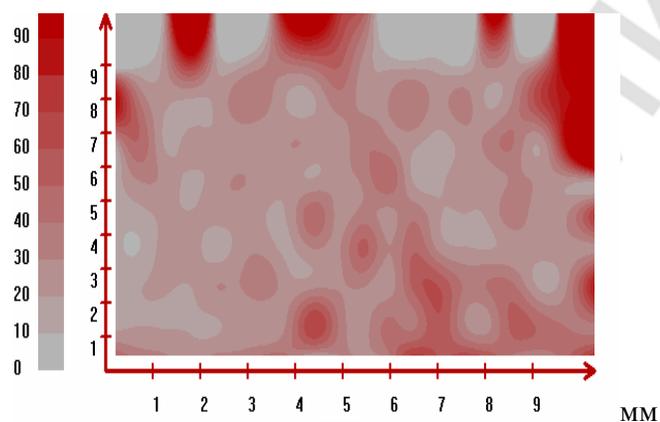


Рис. 6. Карта интенсивности микроциркуляции у пациентов второй группы.

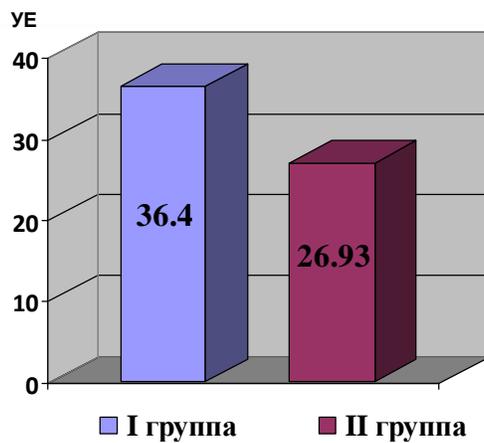


Рис. 7. Средние показатели интенсивности микроциркуляции крови в десне у пациентов двух групп, УЕ.

Заклучение.

1. Используя разработанный нами лазерно-оптический метод диагностики микроциркуляции, целесообразно использовать для определения интенсивности микроциркуляции периодонта в норме и при патологии.
2. Вместе с тем метод чувствителен к изменениям интенсивности микроциркуляции тканей периодонта при отсутствии клинических признаков воспаления, что важно для ранней доклинической диагностики воспалительных болезней периодонта. Это дает возможность диагностировать начало воспалительного процесса для назначения адекватной превентивной терапии.
3. Применение нового метода диагностики – лазерно-оптический метод открывает новое направление в клинической стоматологии. Новый метод диагностики микроциркуляции является очень привлекательными для широкого применения вследствие его высокой информативности, доступности, неинвазивного, безболезненного и бесконтактного характера в сочетании с компактностью и удобством в работе позволят использовать его как направление лазерной диагностике и лечения в стоматологии и других областях медицины.

Литература

1. *Базылев, Н. Б.* Лазерное зондирование биотканей методами динамической спекл-фотографии в квазиреальном времени / Н. Б. Базылев [и др.] // Докл. НАН Беларуси. 2003. Т. 47, № 4. С. 46–50.
2. *Грудянов, А. И.* Заболевания пародонта / А. И. Грудянов. М., 2009. 336 с.
3. *Дедова, Л. Н.* Эпидемиологическая характеристика тканей периодонта и кариеса поверхности корня зуба у 35–54-летних жителей Республики Беларусь / Л. Н. Дедова // Медицинский журнал. 2006. № 3. С. 43–46.
4. *Дедова, Л. Н.* Диагностика болезней периодонта: учеб.-метод. пособие / сост. Л. Н. Дедова; Белор. госуд. мед. университет. Минск, 2004. 70 с.
5. *Логинава, Н. К.* Функциональная диагностика в стоматологии / Н. К. Логинава, Е. К. Кречина, С. Н. Ермолаев. М., 2007. 120 с.
6. *Орехова, Л. Ю.* Заболевания пародонта / Л. Ю. Орехова. М., 2004. 432 с.
7. *Рубникович, С. П.* Применение цифровой динамической спекл-анемометрии в диагностики поверхностного кровотока тканей ротовой полости / С. П. Рубникович // Стоматологический журнал. 2007. № 3. С. 26–28.
8. *Рубникович, С. П.* Лазерно-оптические методы диагностики и терапии в стоматологии / С. П. Рубникович, Н. А. Фомин. Минск, 2010. 361 с.
9. *Тучин, В. В.* Лазеры и волоконные световоды в биомедицинских исследованиях / В. В.

Тучин. Саратов: Изд-во Саратовского унив., 1998. 383 с.

10. *Fomin, N.* Tissue Blood Flux Monitoring by Laser Speckle Photography / N. Fomin [et al.] // Laser Physics. 2001. Vol. 11, № 4. P. 525–529

Репозиторий БГМУ