

Сравнительная характеристика функциональных методов исследования микроциркуляции тканей периодонта

Белорусский государственный медицинский университет

Проведена оценка достоверности и ценности разработанной новой лазерной технологии в определении состояния микроциркуляции тканей периодонта - лазерно-оптического метода в сравнении с реопериодонтографией.

Ключевые слова: болезни периодонта, лазерно-оптический метод.

В настоящее время эффективность лечебно-профилактических мероприятий зависит от использования рациональных методов функциональной диагностики [1]. Известно, что с помощью современных методов исследования в доклинический период возможно раннее обнаружение первичных, нередко скрытых, признаков патологии зубочелюстной системы. В связи с этим, прогрессивно развивается в последние годы взаимосвязь стоматологии с другими специальностями [4].

Стоматология располагает многочисленными клинико-лабораторными методами (лазерная и ультразвуковая доплерография, реопериодонтографии, биомикроскопия, фотоплетизмография, гистохимические и другие методы исследования) для диагностики и контроля эффективности лечения болезней периодонта. Однако многочисленный ряд методов исследования не позволяет адекватно оценить состояние микроциркуляции периодонта и возможность прогнозирования течения патологического процесса [2, 3].

Следует отметить, что в настоящее время актуальна разработка достаточно чувствительных, методов определения состояния системы кровообращения, доступных для практического здравоохранения [5].

Реопериодонтография являются адекватным объективным методом исследования, позволяющими контролировать функциональное состояние тканей периодонта при различных стоматологических заболеваниях. Проведен ряд исследований, доказывающих целесообразность применения данного

функционального метода. Однако он имеет ряд недостатков, которые затрудняют использование в широкой практике. Появление более инновационных и совершенных методов исследования в медицине является актуальной задачей стоматологии [4-6].

Перспективным является использование новых лазерно-оптических технологий. Выбор гелий-неонового лазера был предопределен несколькими факторами. Во-первых, он является безопасными для врача и больного: низкоинтенсивное лазерное излучение малой мощности не несет лучевой и любой другой повреждающей нагрузки, в связи с чем, при работе с лазерно-оптической системой не требуется дополнительных средств специальной защиты пациента и персонала. Во-вторых, лазерное излучение такой длины волны устойчиво проникает в исследуемую ткань на глубину 300-400 мкм, что необходимо для исследования микроциркуляции в тканях периодонта.

Так, лазеры излучая, рассеиваются на шероховатой поверхности с дифракционной картиной пятнистого характера. Обнаруженные пятнистые световые поля стали называть спекл-структурами (от английского speckle - пятнышко, крапинка). Появилась новая отрасль статистической оптики, а именно оптика спеклов. Предметом изучения оптики спеклов являются особенности нормирования спекл-полей, исследование их статистических характеристик, интерференция спеклов, закономерности смещения спекл - картин при движении рассеивающих объектов [7-10].

Спекл-поля несут информацию о свойствах объекта, на котором рассеялся свет лазера. Так, например, если объектом исследования является физиологический поток, то о параметрах его неоднородностей и скорости движения следует судить по характеристикам образующихся спеклов. Форменные элементы крови, рассеивающие свет лазера, находятся в непрерывном движении. В связи с этим, чем быстрее движутся рассеивающие частицы в кровеносном сосуде, тем чаще мерцают спеклы. Это явление положено в основу лазерно-оптического метода (ЛОМ) [5, 10].

Цель исследования - оценить достоверность, информативность и прогностическую ценность разработанной новой лазерной технологии в

определении состояния микроциркуляции тканей периодонта - лазерно-оптического метода (ЛОМ) в сравнении с реопериодонтографией.

Материалы и методы. В процессе работы нами разработана и апробирована экспериментальная установка на базе 3-й кафедры терапевтической стоматологии в сотрудничестве с ГНУ ИТМО НАНБ. В данной установке при исследованиях мягких тканей динамическое биоспекл-поле генерировалось непосредственно исследуемой биотканью при ее зондировании *in vivo* когерентным лазерным излучением путем процессов многократного рассеяния света на движущихся эритроцитах.

При клинических исследованиях пациента усаживали в кресло, голову неподвижно фиксировали в офтальмологическом уставе с помощью стабилизирующих лангет. Доступ к ротовой полости был осуществлен с помощью стоматологического ретрактора. К исследуемому участку десны подводили фокус осветительной и приемной оптической систем так, чтобы не было контакта со слизистой оболочкой, а расстояние между фокусом и десной составляло около 1 см. Ориентировали фокус осветительной и приемной оптической систем таким образом, чтобы на приемной системе получить максимально четкое изображение выбранного участка с последующей регистрацией динамики капиллярного кровотока путем фиксирования изображения. Фиксирование изображения проводили как на отдельных цифровых снимках, так и в записи на цифровые носители на протяжении любого времени. После записи изображения переводили на ПЭВМ, в котором обрабатывалось по специальному программному обеспечению, с целью получения числовых характеристик гемодинамики. Монитор компьютера одновременно выполнял функции телемонитора для визуального наблюдения кровотока, а компьютер – функцию устройства накопления видеоданных с целью их последующего воспроизведения и хранения. Качественную и количественную оценку гемодинамики микрососудов осуществляли с помощью цифровой динамической спекл-фотографии (Рис. 3). В результате рассеяния когерентного излучения в диффузном объекте и 3-х мерной интерференции рассеянного излучения формируется спекл-поле, состоящее 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, рассеивается на эритроцитах крови, протекающей в мельчайших капиллярах ткани. В результате процессов многократного рассеяния формируется динамическое био-спекл-поле, изменяющееся в пространстве и во времени в результате движения эритроцитов (Рис. 4).

Реопериодонтографические исследования проводили при помощи четырехканального стационарного реографа РГ4-02 с двухканальным чернильно-пишущим электрокардиографом “Элкар” по тетрополярной методике. Запись вели при скорости движения бумаги 25 мм/с. Исследования проводили с помощью 4 круглых электродов из нержавеющей стали площадью 16 мм². В качестве функциональной пробы применяли пробу с нитроглицерином. Реографическое исследование проводили при нахождении пациента в горизонтальном положении с соблюдением правил электробезопасности и помехозащиты.

Запись реограмм (А.А. Прохончуков и соавт., 1980) осуществляли пациентам после обучения их правильной гигиене полости рта и формирования стойкого навыка по уходу за полостью рта, при этом показатели гигиенического индекса приводили к значениям 0,3-0,6, а после исследовали состояние микроциркуляции тканей периодонта.

Полученные реопериодонтограммы (РПГ) подвергали качественной и количественной оценке. Определяли следующие показатели реограмм: реографический индекс (РИ), время подъема восходящей части (а), показатель тонуса сосудов (ПТС), индекс периферического сопротивления (ИПС), амплитуду (f), индекс эластичности (ИЭ) [97].

При периодонтологическом осмотре оценивали состояние тканей периодонта, включая гигиенический индекс (ОHI-S, Green J.C., Vermillion J.R., 1960), степень воспаления (GI, Loe H., Silness J., 1963), распространенность воспаления в десне (РМА, Parma C., 1960), периодонтальный индекс (PI, Russel A.L., 1956, 1967), также другие потенциальные проблемы с помощью объективных методов исследования [2].

Для сравнительного анализа двух методов исследования микроциркуляторного русла десны в норме и при воспалительных болезнях пародонта обследованы 92 пациента, которые были разделены на четыре группы. Первую группу составили 31 пациент с генерализованным простым маргинальным гингивитом. Во вторую группу вошли 31 пациент с генерализованным простым пародонтитом, а третья состояла из 30 пациентов с генерализованным сложным пародонтитом. Контрольную группу составили 30 пациентов с интактным пародонтом. Лазерно-оптическим и реопародонтографическим методами у всех пациентов исследовали десну в области 3.1 - 4.1 зубов. Микроциркуляторное состояние исследуемого участка десны определяли в области папиллярной, маргинальной и альвеолярной десны.

Результаты исследования. При изучении интенсивности кровотока в микроциркуляторном русле десны лазерно-оптическим методом определили интенсивность микроциркуляции крови в папиллярной, маргинальной и альвеолярной десне у лиц с интактным пародонтом, которая составила соответственно - $38,8 \pm 0,92$ УЕ; $36,83 \pm 1,02$ УЕ; $33,57 \pm 1,38$ УЕ, в среднем - 36,4 УЕ. У пациентов контрольной группы наблюдали хорошее состояние мягких тканей пародонта: ОНI-S был равен $0,56 \pm 0,08$; GI – $0,4 \pm 0,01$; IPMA – $6,1 \pm 0,47\%$.

Так, у пациентов первой группы интенсивность микроциркуляции крови в папиллярной десне у пациентов с генерализованным простым маргинальным гингивитом легкой степени тяжести составила $28,52 \pm 0,72$ УЕ ($p > 0,001$), что на 1,36 раза меньше по сравнению с контролем, а в маргинальной десне - $27,9 \pm 0,9$ УЕ и в альвеолярной десне осталось в пределах нормы и составила - $27,26 \pm 0,96$ УЕ. При этом в среднем интенсивность микроциркуляции крови во всех топографических зонах десны у пациентов с генерализованным простым маргинальным гингивитом легкой степени тяжести составила $27,89 \pm 0,86$ УЕ ($p < 0,001$ по сравнению с контролем). Воспалительный процесс в десне у пациентов соответствовал легкой тяжести (GI – $0,89 \pm 0,19$; IPMA - $14,97 \pm 1,62\%$).

У пациентов с генерализованным простым маргинальным гингивитом средней степени тяжести значения интенсивности микроциркуляции крови в десне варьировали в пределах $25,77 \pm 0,99$ УЕ - $27,26 \pm 0,96$ УЕ, в среднем - $25,01 \pm 1,11$ УЕ

($p < 0,001$ по сравнению с контролем). Показатели достоверно различались при обследовании во всех топографических зонах десны по сравнению с контрольной группой. Воспалительный процесс в десне соответствовал средней тяжести (GI - $1,02 \pm 0,08$; IPMA – $25,48 \pm 3,7\%$).

При изучении интенсивности кровотока лазерно-оптическим методом на основе спекл-фотографии у пациентов с генерализованным простым маргинальным гингивитом тяжелой степени тяжести отмечены изменения показатели во всех топографических зонах десны. Так, интенсивность микроциркуляции крови в папиллярной десне у пациентов с генерализованным простым маргинальным гингивитом тяжелой степени тяжести составила $22,68 \pm 1,02$ УЕ, в маргинальной десне - $22,06 \pm 1,39$ УЕ и альвеолярной - $20,87 \pm 1,45$ УЕ, среднее значение которых составило $21,87 \pm 1,29$ УЕ, что в 1,66 раза меньше в сравнении с контролем ($p < 0,001$ по сравнению с контролем и показатели у пациентов с генерализованным простым маргинальным гингивитом легкой тяжести) (Табл.1). Параметры объективных тестов, характеризующие воспаление в тканях периодонта, у пациентов с генерализованным простым маргинальным гингивитом тяжелой степени тяжести составляли GI – $2,33 \pm 0,13$, $p < 0,001$; PMA – $27,62 \pm 2,99\%$, $p < 0,001$.

Достоверное уменьшение ЛОМ выявлено и у пациентов с хронический простым ($16,29 \pm 1,23$ УЕ, $p < 0,001$) и сложным ($9,92 \pm 0,91$ УЕ, $p < 0,001$) периодонтитами (Табл.2) (Рис. 1).

У пациентов с хронический простым периодонтитом ОНI-S составлял $1,58 \pm 0,08$; GI – $2,34 \pm 0,13$; IPMA – $49,78 \pm 1,04\%$; PI – $2,17 \pm 0,21$. А у пациентов с хронический сложным периодонтитом показатели воспаления были на высоких пределах (GI – $1,95 \pm 0,14$; индекс PMA – $59,83 \pm 2,80\%$; PI – $4,58 \pm 0,12$).

Конфигурация РПГ у 30 человек контрольной группы до лечения была аналогична конфигурации РПГ, описанной другими авторами [6]. Восходящая часть ее крутая, вершина острая, нисходящая часть пологая, с четко выраженной инцизурой и дикротической волной в ее середине. Функциональная проба с нитроглицерином вызывала увеличение амплитуды РПГ через 2 – 5с, которая через 5 мин приобретала фоновую конфигурацию.

Таблица 1.

Показатели интенсивности микроциркуляции крови в зависимости от степени тяжести патологического процесса, УЕ.

| Топографическая зона периодонта | Интактная десна (n=30) | Простой маргинальный гингивит (тяжесть) (n=31) | | |
|---------------------------------|------------------------|--|-------------|-------------|
| | | Легкая | Средняя | Тяжелая |
| Папиллярная десна | 38,8±0,92 | 28,52±0,72* | 25,77±0,99* | 22,68±1,02* |
| Маргинальная десна | 36,83±1,02 | 27,9±0,9* | 25,16±1,13* | 22,06±1,39* |
| Альвеолярная десна | 33,57±1,38 | 27,26±0,96* | 24,1±1,2* | 20,87±1,45* |
| Среднее значение | 36,4± 1,11 | 27,89±0,86* | 25,01±1,11* | 21,87±1,29* |

*P<0,001 - показатель достоверности по сравнению с контролем

Для лиц контрольной группы с интактным периодонтом количественная оценка 6 формальных признаков выглядела следующим образом: топографический индекс (РИ) равен в среднем 0,06±0,002Ом; время подъема восходящей части РПГ (а) - 0,12 ± 0,007с; показатель тонуса сосудов (ПТС) - 14,7 ± 0,26%; индекс периферического сопротивления (ИПС) - 72,6 ± 0,65%; амплитуда быстрого наполнения (ι) - 0,07 ± 0,002с; индекс эластичности (ИЭ) - 90,87 ± 0,62% (Табл.2).

Таблица 2.

Показатели функциональных исследований у пациентов четырех групп

| Показатели | | Контрольная группа | I группа | II группа | III группа |
|---------------------|--------|--------------------|---|---------------------------------------|---------------------------------------|
| | | интактная десна | хронический маргинальный гингивит (ХМГ) | хронический простой периодонтит (ХПП) | хронический сложный периодонтит (ХСП) |
| ЛОМ, УЕ | | 36,4 ± 1,11 | 24,92 ± 1,09* | 16,29 ± 1,23* | 9,92 ± 0,91* |
| РЕОПЕРИОДОНТОГРАФИЯ | РИ, Ом | 0,06 ± 0,01 | 0,05 ± 0,003 | 0,04 ± 0,003 | 0,04 ± 0,002 |
| | а, с | 0,12 ± 0,007 | 0,13 ± 0,009 | 0,14 ± 0,003 | 0,18 ± 0,002 |
| | ПТС, % | 14,7 ± 0,26 | 17,34 ± 0,25* | 19,34 ± 0,24* | 21,76 ± 0,18* |
| | ИПС, % | 72,6 ± 0,65 | 87,0 ± 0,71* | 92,05 ± 1,15* | 109,16 ± 0,26* |
| | !, с | 0,07 ± 0,002 | 0,06 ± 0,002* | 0,06 ± 0,002* | 0,055 ± 0,002* |
| | ИЭ, % | 90,87 ± 0,62 | 79,89 ± 0,23* | 72,67 ± 0,2* | 61,18 ± 0,21* |

$P < 0,001$ - показатель достоверности по сравнению с контролем

Однако у пациентов трех групп зарегистрированы сдвиги показателей РПГ, выразившиеся в уменьшении реографического индекса (I - $0,05 \pm 0,003$ Ом; II - $0,04 \pm 0,003$ Ом; III - $0,04 \pm 0,002$ Ом, $p > 0,05$), увеличения показателей а (I - $0,13 \pm 0,009$ с; II - $0,14 \pm 0,003$ с; III - $0,18 \pm 0,002$ с, $p > 0,05$), ПТС (I - $17,34 \pm 0,25\%$; II - $19,34 \pm 0,24\%$; III - $21,76 \pm 0,18\%$, $p < 0,001$), ИПС (I - $87,0 \pm 0,71\%$; II - $92,05 \pm 1,15\%$; III - $109,16 \pm 0,26\%$, $p < 0,001$) и уменьшении показателей ! ($0,06 \pm 0,002$ с, $p < 0,05$), ИЭ (I - $79,89 \pm 0,23\%$; II - $72,67 \pm 0,2\%$; III - $61,18 \pm 0,21\%$, $p < 0,001$). При этом нами выявлены такие характерные изменения РПГ: удлиненная анакротическая фаза, вершина реограмм закруглена, пологая нисходящая часть, дикротическая волна сглажена и расположена в основном в верхней трети кривой. Это указывало на уменьшение тонуса регионарных сосудов периодонта, увеличение периферического напряжения, нарушение микроциркуляции и развитие застойных явлений в тканях периодонта. Однако нами не были получены достоверные различия в показателях РПГ по топографическим зонам десны. Вместе с этим, применение метода РПГ было достаточно трудоемким, процедура записи часто имела погрешности, обработка и анализ РПГ требовали значительных временных затрат как от врача, так и пациента.

Таким образом, полученные данные свидетельствовали, что метод лазеро-оптического исследования микроциркуляции на основе цифровой спекл-

фотографии является более чувствительным и информативным к воспалительным изменениям в тканях периодонта по всем топографическим зонам по сравнению с реопериодонтографией.

Заключение. В результате выполненных исследований, включающих сравнительный анализ двух используемых методов исследования микроциркуляции тканей периодонта, получены данные, которые позволяют сделать следующие выводы:

1. Лазеро-оптический метод и реопериодонтография отражают нарушение микроциркуляции в тканях периодонта.

2. Метод лазеро-оптического исследования микроциркуляции на основе цифровой спекл-фотографии является более чувствительным и информативным к происходящим изменениям в тканях периодонта во всех топографических зонах по сравнению с реопериодонтографией, а также доступных для практического применения. Это дает возможность рекомендовать его в широкой практике врачам-стоматологам.

Литература

1. Дедова, Л. Н. Диагностика болезней периодонта: учеб.-метод. пособие / сост. Л. Н. Дедова; Белор. госуд. мед. унив. Минск, 2004. 70 с.

2. Козлов, В. А. Ультразвуковая доплерография сосудов макро- и микроциркуляторного русла тканей полости рта, лица и шеи / В. А. Козлов [и др.] // Минимакс. СПб., 1999. 22 с.

3. Кречина, Е. К. Нарушения микроциркуляции в тканях пародонта при его заболеваниях и клинико-функциональное обоснование методов их коррекции: автореф. на соиск. уч. степени д-р мед. наук / Е. К. Кречина. М., 1996. 43 с.

4. Логинова, Н. К. Функциональная диагностика в стоматологии / Н. К. Логинова, Е. К. Кречина, С. Н. Ермолаев. М., 2007. 120 с.

5. Рубникович, С. П. Методы исследования микроциркуляции у пациентов с болезнями периодонта / С. П. Рубникович // Медицинский журнал. Минск, 2008. № 3. С. 65-69.

6. Улащик, В. С. Новые методы и методики физической терапии / В. С. Улащик. Минск: Беларусь, 1986. 176 с.

7. Aizu, Y. Bio-Speckle Phenomena and Their Applications to Blood-Flow Measurements / Y. Aizu, T. Asakura // In Proceedings of SPIE Conference on Time Resolved Spectroscopy and Imaging of Tissues. Bellingham. SPIE Press. 1991. Vol. 1431. P. 239–250.

8. Asakura, T. Dynamic Laser Speckle and Their Application to Velocity Measurement of Diffuse Object / T. Asakura, N. Takai // Journal of Applied Physics. 1981. Vol. 25. P. 179–194.

9. Briers, J. D. Laser Speckle Techniques in Biology and Medicine / J. D. Briers // In SPIE Proceedings. Bellingham-Washington. SPIE Press. 1994. Vol. 2083. P. 238–249.

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