

Коровкин В.В.¹, Ипполитов Ю.А.², Коровкина А.Н.¹

Лазерная доплеровская флоуметрия в диагностике воспалительных заболеваний пародонта

Korovkin V.V., Ippolitov Yu.A., Korovkina A.N.

Method of laser doppler flowmetry in the diagnosis of inflammatory periodontal diseases

¹ ООО «Линия улыбки», г. Калининград² ГБОУ ВПО «Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко» Минздрава РФ

Цель исследования. Провести сравнительный анализ литературных источников по применению метода лазерной доплеровской флоуметрии в клинической медицине, а также диагностике заболеваний пародонта в норме и патологии, сравнив их с результатами, полученными при обследовании микроциркуляции тканей пародонта 143 пациентов. **Материал и методы исследования.** Основой для сравнения послужил материал, полученный при анализе 44 литературных источников, а также результаты проведенного нами проспективного когортного обследования полости рта 143 пациентов. Исследование проводилось с помощью аппарата ЛАКК-02 и программы 2.2.510.512 (НПП «ЛАЗМА», Россия). Оценивали величину средней перфузии крови (М) в перфузионных единицах (п. е.), средне-квадратичное отклонение колебания кровотока – δ (п. е.), коэффициент вариаций колебаний кровотока K_v нормированной по энергии колебательного процесса E_0 . **Результаты и их обсуждение.** При анализе источников литературы выявлен высокий уровень публикационной активности диагностической группы и группы с преобладанием Фурье-преобразования в качестве оценки амплитудно-частотного спектра колебаний кровотока. В ходе проводимого исследования у 143 пациентов при регистрации показателя тканевой перфузии М уровней активной микрососудистой регуляции (эндотелиальный, нейрогенный, миогенный) и пассивных колебаний микроциркуляторного русла показали разное патофизиологическое состояние микроциркуляции, которое требовало систематизации с учетом течения воспалительного процесса в тканях пародонта. **Заключение.** В ходе анализа публикационной активности установлено, что наиболее популярным подходом оценки ЛДФ-сигнала являются Фурье и Butterworth-преобразования, что сказывается на достоверности результатов для клинического применения. Применяемый патофизиологический подход в оценке микроциркуляторных расстройств позволяет установить взаимосвязь между регистрируемыми параметрами базального кровотока и параметрами активной и пассивной регуляции микроциркуляции, а также выявить числовые критерии типовых расстройств микроциркуляции при воспалительных заболеваниях пародонта. **Ключевые слова:** гингивит, пародонтит, лазерная доплеровская флоуметрия, вейвлет-преобразование, фазовый портрет, нелинейная динамика.

Purpose. To do a comparative analysis of literature data and authors' own findings on the microcirculation in periodontal tissue in healthy subjects and in patients using laser Doppler flowmetry (LDF) technique. **Material and methods.** 143 patients were taken into the study. 54 literature sources were analyzed. In the reviewed publications there were found basic concepts of LDF technique for diagnosing microcirculation in the periodontal tissue in healthy subjects and in patients. The authors also presented their own findings obtained after the prospective cohort examination of the oral cavity in 143 patients. Apparatus LAKK-02 and program 2.2.510.512 (LAZMA, Russia) were used in the study. The following parameters were assessed: average blood perfusion (M) in perfusion units (p.u.), mean-square oscillation deviation in blood flow – δ (p.u.), a variation coefficient of blood flow oscillations, K_v normalized by the energy of oscillatory process E_0 . **Results and discussion.** While analyzing literature data, we revealed a high level of publication activity in the diagnostic group and in the group with prevailing Fourier transformation as an estimation technique for the amplitude-frequency spectrum of blood flow oscillations. **Conclusion.** The applied pathophysiological approach for assessing microcirculatory disorders allows to establish the relationship between recorded parameters of the basal blood flow and parameters of active and passive microcirculation regulation. **Key words:** gingivitis, periodontitis, laser Doppler flowmetry, wavelet transform, phase portrait, nonlinear dynamics.

В клинической практике воспалительно-деструктивные заболевания пародонта занимают значительное место [2, 3, 13, 20–23]. Ведущими изменениями являются расстройство микроциркуляторного русла с его последующей редукцией и явлениями гипоксии. Следствием дисциркуляторных расстройств оказываются плазморагия, повышение сосудисто-тканевой проницаемости и развитие дистрофических изменений [7–23]. Доминирующим патоморфологическим процессом при этих заболеваниях пародонта является воспаление тканей, а реализация механизмов воспаления происходит при непосредственном участии системы микроциркуляции (артериальная гиперемия, венозный застой, ишемия, стаз) [1, 10, 12]. Как известно, каждая функция базируется на адекватной ей структуре, поэтому и строение микроциркуляторного русла строго соответствует осо-

бенностям и функциональной нагрузке органа. В связи с этим актуальным представляется выявление в патогенезе заболеваний пародонта тех механизмов микроциркуляторных расстройств, воздействие на которые снизит уровень нарушений и улучшит трофику тканей пародонта [16–20]. К одному из методов по оценке состояния кровотока и изменений в микрососудах относится лазерная доплеровская флоуметрия (ЛДФ) [4–9, 11].

Физические значения регистрируемых ЛДФ-параметров микроциркуляции характеризуются следующим образом [13–19]: параметр М – величина средней перфузии крови в границах времени регистрации или среднеарифметическое значение показателя микроциркуляции, измеряется в перфузионных единицах (п. е.); параметр δ – среднее колебание перфузии относительно среднего значения потока крови М, имеет размерность в перфу-

зионных единицах (п. е.); величина K_v (коэффициент вариаций) – это соотношение величин δ и M в процентном соотношении [19, 24–29].

Расчетные параметры M , δ , K_v дают общую оценку динамики состояния микроциркуляции крови. Более детальный анализ функционирования микроциркуляторного русла проводится при исследовании структуры ритмов амплитудно-частотного спектра в активном и пассивном диапазоне колебаний кровотока [40–42, 44].

Активные диапазоны контроля микроциркуляции – это эндотелиальный, миогенный и нейрогенный механизмы регуляции просвета сосудов, их тонуса. Эти факторы контроля регуляции модулируют поток крови со стороны сосудистой стенки благодаря мышечно-тоническим компонентам [30–35].

Пассивные диапазоны (формируются вне системы микроциркуляции) – это пульсовая волна со стороны артерий (сердечный ритм) и присасывающее действие «дыхательного насоса» со стороны вен (дыхательный ритм). Эти колебания проникают с кровотоком в зондируемую область, так как микроциркуляторное русло является составной частью общей системы кровообращения, топографически расположено между артериями и венами [36–39].

Цель исследования

Провести сравнительный анализ литературных источников по применению метода лазерной доплеровской флоуметрии в клинической медицине, а также диагностике заболеваний пародонта в норме и патологии, сравнив их с результатами, полученными при обследовании микроциркуляции тканей пародонта 143 пациентов.

Материал и методы исследования

Основой для сравнения с результатами других авторов, согласно цели исследования, послужил материал, полученный при анализе 44 литературных источников, опубликованных в период с 1995 года по настоящее время, а также результаты проведенного нами проспективного когортного обследования полости рта 143 пациентов, из которых 33 (51,6%) женщины и 31 (48,4%) мужчина в возрасте 18–36 лет, проживающих в однотипных экологических условиях г. Воронежа и г. Калининграда.

При выполнении исследования соблюдены этические принципы, получено добровольное письменное согласие пациентов на обследование.

Оценка состояния тканей пародонта проводилась на основании клинических и лабораторных методов диагностики, после чего все больные были поделены на пять групп в соответствии с выраженностью и степенью воспалительного процесса тканей пародонта: 1-я группа (20 человек) – больные с диагнозом: хронический генерализованный катаральный гингивит легкой степени в стадии обострения; 2-я группа (21 человек) – больные с диагнозом: хронический генерализованный катаральный гингивит легкой степени вне обострения; 3-я группа (21 человек) – больные с диагнозом: хронический генерализованный пародонтит легкой степени вне обострения; 4-я группа (21 человек) – больные с диагнозом: хронический генерализованный пародонтит

средней степени вне обострения; 5-я группа контроля (23 человека) – лица, не имеющие патологии тканей пародонта. Данный выбор распределения групп по диагнозам был также обусловлен их распространенностью в научных публикациях.

Исследование проводилось с помощью аппарата ЛАКК-02 (НПП «ЛАЗМА») и программы 2.2.510.512 (НПП «ЛАЗМА», Россия). Регистрацию ЛДФ проводили в областях согласно индексу Грина–Вермильона в зоне маргинального края десны в течение 300 секунд с помощью зонда диаметром 3 мм в красном (КР) канале лазерного излучения (длина волны – 0,63 мкм). Оценивали величину средней перфузии крови (M) в перфузионных единицах (п. е.), средне-квадратичное отклонение колебания кровотока – δ (п. е.), коэффициент вариаций колебаний кровотока K_v , нормированный по энергии колебательного процесса E_0 .

С помощью спектрального вейвлет-анализа записей ЛДФ производили оценку нормированной амплитуды колебаний кровотока в активном и пассивном тонусформирующем диапазонах: амплитуду эндотелиальную ($A_э$) – (0,0095–0,02 Гц); амплитуду нейрогенную (A_n) – (0,02–0,046 Гц); амплитуду миогенную (A_m) – (0,05–0,145 Гц); амплитуду сердечной активности (A_c) – (0,8–1,6 Гц); амплитуду дыхательной активности (A_d) – (0,2–0,4 Гц).

Активность соответствующего фактора определяли по формуле: A/δ , где A – усредненная максимальная амплитуда осцилляций в соответствующем частотном диапазоне вейвлет-спектра (п. е. – перфузионные единицы) и нелинейных динамических параметров микроциркуляции тканей пародонта, используя методы расчета фрактальной размерности (D_0 , R/S), относительной энтропии и энтропии-информации (H_0 , H_1), а также анализ фазового портрета и его количественных характеристик фрактальной размерности (D_2), нормированной по энергии колебательного процесса ($D_2 H$). Статистическую обработку проводили с помощью программы Biostat 4.03, для сравнения выборок использовали критерий Манна–Уитни.

Результаты исследования и их обсуждение

При анализе публикаций, посвященных применению ЛДФ в оценке состояния микроциркуляции тканей пародонта в норме и патологии, мы выделили три основных группы публикаций:

1. Клинические публикации – в данных публикациях авторы применяют ЛДФ для подтверждения эффективности медикаментозных, пара-фармацевтических препаратов и физиотерапевтических методов.

2. Междисциплинарные публикации – в этих публикациях авторы определяют уровень влияния общесоматической патологии на систему микроциркуляции пародонта в норме и патологии.

3. Диагностические публикации – в этих публикациях авторы используют метод ЛДФ для исследования состояния микроциркуляции патологии пародонта в норме и патологии (проспективный анализ), а также проводят сравнение параметров метода ЛДФ с другими неинвазивными методами диагностики функционального состояния тканей пародонта (рис. 1).

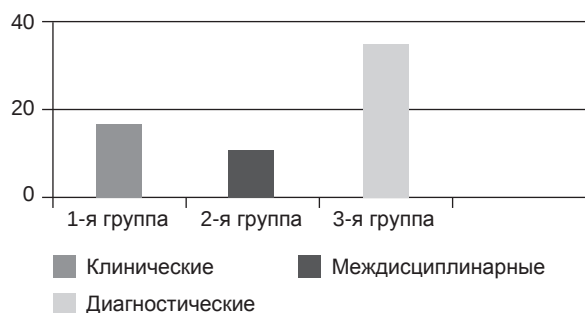


Рис. 1. Уровень публикационной активности научных информационных материалов по применению ЛДФ в оценке микроциркуляции тканей пародонта

Из представленного графика видно, что наибольшее количество публикаций наблюдается в диагностической группе. Это свидетельствует о том, что методика ЛДФ, несмотря на свое почти 30-летнее существование, сохраняет свою актуальность. Это объясняется тем, что с развитием компьютерных технологий изменяется и технология обработки ЛДФ-сигнала, в частности, появление математического аппарата, позволяющего анализировать ЛДФ-сигнал в спектральном вейвлет-преобразовании. Эта методология открывает широкие возможности в оценке регуляторных процессов, происходящих в микроциркуляторном русле как в норме, так и при патологии в режиме реального времени. Так же с появлением математического подхода, оценивающего поведение биологической системы с элементами «детерминированного хаоса», открываются перспективы оценки такого поведения в системе микроциркуляции пародонта. Данная диагностическая методика уже используется в других отраслях медицины.

По мнению некоторых авторов [21–24, 26–28, 32, 34, 35, 38, 41], при заболеваниях пародонта, согласно данным, полученным с помощью регистрации методом ЛДФ, в зависимости от степени их тяжести наблюдается ухудшение кровоснабжения тканей пародонта, что выражается в различной степени микроциркуляторных расстройств. Так, при катаральном гингивите динамика кровотока по параметру m имеет общую тенденцию к снижению на 21% ($13,79 \pm 0,76$) по сравнению с нормой ($17,44 \pm 1,36$), при пародонтите легкой степени – на 15% ($14,82 \pm 1,26$), при пародонтите средней степени – на 20% ($14,10 \pm 0,84$); при пародонтите тяжелой степени параметр M достоверно не отличается от значений при пародонтите средней степени.

Согласно многочисленным исследованиям [21, 22, 32], диагностическое значение изменения тканевой перфузии имеет связь с сосудистым тонусом. Так, повышение перфузии M возможно при ослаблении сосудистого тонуса в результате увеличения объема кровотока в артериолах и из-за повышения амплитуды сердечного ритма, который привносится из артерий большим количеством эритроцитов, поступающих в артериолы. Также при явлениях застоя крови в венах увеличивается число эритроцитов в веноулярном звене, что в случае снижения перфузионного давления приводит к увеличению амплитуды дыхательного ритма и как следствие – рост показателя M .

При застойно-ишемических проявлениях наряду с повышением давления в венах снижается давление в артериолах, при этом отчетливо снижается M на фоне увеличения амплитуд сердечного и дыхательного ритмов. В связи с этими фактами величина параметра M при одном и том же диагнозе может иметь разное числовое значение, связанное напрямую с течением патологического процесса (острый, хронический, в стадии обострения) и формы микроциркуляторных расстройств (артериальная гиперемия, венозный застой, ишемия, стаз или смешанные формы).

В существующей литературе мы не нашли данных, оценивающих параметры микроциркуляции при заболеваниях пародонта с учетом течения воспалительного процесса, что требует проведения исследований по данной тематике для их значимого сравнения.

Важным фактором, определяющим диагностическую значимость регистрируемых показателей ЛДФ для диагностики в клинике, является их нативность – именно не рассчитываемые параметры, а регистрируемые. Так, по мнению Крупаткина А.И., Сидорова В.В., при диагностике типовых форм нарушения микроциркуляции основным значением является регистрируемая величина M и состояние регистрируемых колебательных процессов (вейвлет-спектр), связанных с артериальным притоком (A_c) и дыхательной модуляцией веноулярного оттока, целесообразна именно совокупная, а не изолированная оценка одного из параметров [32].

В научных публикациях, посвященных диагностике микроциркуляции тканей пародонта методом ЛДФ, высокую диагностическую значимость многие авторы придают параметру среднеквадратичного отклонения колебаний кровотока σ и коэффициенту вариации колебаний кровотока K_v . При анализе литературы определяется неоднозначное значение и интерпретация данных параметров. По мнению ряда авторов [21, 22, 32, 41], σ отражает среднюю модуляцию кровотока пародонта во всех частотных диапазонах; повышение σ обусловлено преимущественно более интенсивным функционированием регуляторных механизмов активного контроля микроциркуляции, но может происходить и в результате повышения амплитуд сердечных и дыхательных ритмов. Значение K_v отражает соотношение σ и M и в диагностическом плане показывает уровень их связи, но, по мнению некоторых авторов [21, 22, 32, 41], этот параметр отражает вазомоторную активность сосудов. В связи с этим применение данных параметров как диагностической основы требует всестороннего изучения с сопоставлением имеющихся результатов.

По нашему мнению, для наиболее полного понимания роли параметров перфузии и уровней регуляции микроциркуляции в формировании патологических состояний в тканях пародонта необходимо исходить из характера расстройства микроциркуляции при данном патологическом состоянии. Расстройства микроциркуляции не имеют одностороннего действия в сторону декомпенсации, а наоборот, вся система микроциркуляции пародонта настроена на компенсацию патологического процесса, препятствуя полному некрозу ткани, запуская саногенетические механизмы, о чем свидетельствует активация

нутритивного и нутритивного шунтирования. Данное представление согласуется с мнением многих авторов о том, что система микроциркуляции выступает как полноценная функциональная система со своей структурной регуляцией, выполняющая главную функцию – трофическое обеспечение тканей пародонта [32, 41].

В ходе проводимого исследования у 143 пациентов при регистрации показателя тканевой перфузии М уровня активной микрососудистой регуляции (эндотелиальный, нейрогенный, миогенный) и пассивных колебаний микроциркуляторного русла показали разное патофизиологическое состояние микроциркуляции, которое требовало систематизации с учетом течения воспалительного процесса в тканях пародонта (табл.).

Таблица

Показатели тканевой перфузии и нормированных амплитуд при типовых формах нарушения микроциркуляции тканей пародонта с помощью вейвлет-преобразования Морле

Параметр	Артериальная гиперемия	Венозный застой	Застойно-гиперемическая форма	Ишемия	Стаз
М	23–40 п. е.	23–30 п. е.	23–30 п. е.	9–14 п. е.	2–8 п. е.
(Аэ)	↑	↓	↑резонанс	↓	↓
(Ан)	↓	↓	↑резонанс	↓	↓
(Ам)	↓	↑	↓	↓	↓
Ас	Без изменений	↓	↑	↓	↓
Ад	Без изменений	↑	↑	↓	↑
Ас/Ад	>1	<1	<1	≥ 1	= 1

Показатель М для артериальной гиперемии, венозного застоя и застойно-гиперемической форм равнялся 23–40 п. е.; при ишемии и стазе наблюдалось снижение уровня перфузии: 9–14 п. е. и 2–8 п. е. соответственно. Регистрировалось повышение уровня амплитуды эндотелия (Аэ) при артериальной гиперемии и застойно-гиперемической форме; противоположный эффект наблюдался при венозном застое, ишемии и стазе. Различий не наблюдалось при регистрации амплитуд нейрогенной (Ан) и миогенной (Ам), а именно: снижение ее уровня при артериальной гиперемии, венозном застое, ишемии и стазе. При застойно-гиперемической форме регистрировался повышенный уровень (Ан) и (Ам). Амплитуда сердечной активности (Ас) была снижена при венозном застое, ишемии и стазе; повышена при застойно-гиперемической форме; без изменений оставалась при артериальной гиперемии. Амплитуда дыхательной активности (Ад) была повышена при венозном застое, застойно-гиперемической форме и стазе; снижена при ишемии; без изменений регистрировалась при артериальной гиперемии. Индекс пассивных колебаний Ас/Ад более 1 регистрировался при артериальной гиперемии и ишемии; менее 1 – при венозном застое и застойно-гиперемической форме; был равен 1 при стазе.

Таким образом, диагностическими критериями, определяющими типовые патологические процессы в тканях пародонта, являются уровень перфузии (М) и нормированные амплитуды регуляции колебаний кровотока (Аэ, Ан, Ам, Ас, Ад, Ас/Ад).

Что касается вопроса об использовании Фурье-преобразования для анализа амплитудно-частотного спектра колебаний кровотока, то значительное количество публикаций, посвященных этой тематике, свидетельствуют о нежелательном использовании данного подхода для оценки ритмических составляющих колебаний системы микроциркуляции. Это связано с тем, что по мере формирования знаний о процессах, регистрируемых в системе микроциркуляции с помощью метода ЛДФ, исследователи пришли к выводу о необходимости регистрации и анализа ритмов колебания кровотока с учетом временной составляющей, а именно: частоты конкретного ритма и периодичностью его появления. Несмотря на очевидность недостатка Фурье и Butterworth-преобразования большинство публикаций посвящены этим методам регистрации ритмических составляющих тканей пародонта, но сравнение этих методик математической обработки ЛДФ сигнала невозможно, так как они имеют разную математическую природу и функциональную особенность. Распределение публикационной активности в соответствии с применяемым математическим аппаратом для обработки ЛДФ сигнала отражено в рис. 2.

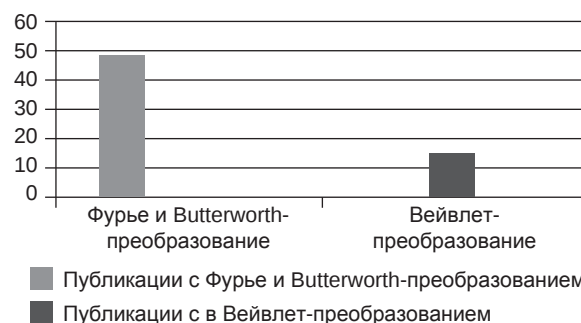


Рис. 2. Распределение публикационной активности в соответствии с применяемым математическим аппаратом для обработки ЛДФ-сигнала

При регистрации ЛДФ сигнала существенным аспектом, определяющим уровень его информативности, является время регистрации. Именно времени регистрации в вейвлет-спектре большинство авторов не придают большого значения в имеющихся публикациях. Среднее значение времени регистрации формирования ЛДФ-грамм по данным литературы составляет 2 мин. Очевидно, что такое время регистрации формирует неполноценное вейвлет-преобразование в некоторых частотных диапазонах, в частности – эндотелиальных осцилляциях. Для регистрации эндотелиальной активности, по нашему мнению, а также других авторов, необходимо не менее 5 минут. Это обусловлено низкочастотной природой и физиологической функцией самого эндотелия микрососудов. Так, по данным литературы [21, 33, 41], активность данного механизма проявляется с периодом 0,3–1,2 колебания в минуту в зависимости от природы (эндотелиальная или эндотелиальная NO-зависимая), что будет соответствовать не менее чем 5 периодам данной низкочастотной составляющей.

В публикациях с Фурье и Butterworth-преобразованием не представляется возможным учет временного интервала регистрации ЛДФ-сигнала. Имеются публикации [21, 37], посвященные разработке анализа вейвлет-преобразования при коротком времени регистрации, согласно

теории «адаптивных вейвлетов». В стоматологической литературе подобных публикаций, оценивающих количественные характеристики микроциркуляции тканей пародонта с помощью «адаптивных вейвлетов», не обнаружено.

Выводы

В ходе анализа публикационной активности наиболее популярным подходом оценки ЛДФ-сигнала являются Фурье и Butterworth-преобразования, что сказывается на достоверности результатов для клинического применения. Применяемый патофизиологический подход в оценке микроциркуляторных расстройств позволяет установить взаимосвязь между регистрируемыми параметрами базального кровотока и параметрами активной и пассивной регуляции микроциркуляции, а также выявить числовые критерии типовых расстройств микроциркуляции при воспалительных заболеваниях пародонта.

Литература

1. Азизов Г.А., Козлов В.И. Модуляция кровотока в системе микроциркуляции и ее расстройство при хронической венозной недостаточности // Лазерная медицина. – 2003. – Т. 7. – № 3–4. – С. 55–60.
2. Белокопытова В.В. Критерии оценки степени микроциркуляторных нарушений при заболеваниях пародонта: Автореф. дис.... канд. мед. наук / Белокопытова В.В. – М., 2002. – 22 с.
3. Дзгоева М.Г. Функциональное состояние пародонта при нарушениях системной гемодинамики // Автореф. дис. ... док. мед. наук. – Владикавказ. – 2009. – 51 с.
4. Дуванский В.А., Овсянников В.С. Лазерная доплеровская флоуметрия в оценке микроциркуляции послеоперационных ран передней брюшной стенки // Лазерная медицина. – 2013. – Т. 17. – № 4. – С. 29–32.
5. Дуванский В.А., Вардиашвили М.Ю., Габиев Т.А. Лазерная доплеровская флоуметрия у флебологических пациентов // Лазерная медицина. – 2014. – Т. 18. – № 4. – С. 18.
6. Дуванский В.А., Князев М.В., Краев Г.П. Лазерная доплеровская флоуметрия в гастроинтестинальной эндоскопии // Лазерная медицина. – 2014. – Т. 18. – № 4. – С. 19.
7. Дуванский Р.А., Дуванский В.А. Лазерная доплеровская флоуметрия как метод оценки микроциркуляции шейки матки // Лазерная медицина. – 2014. – Т. 18. – № 4. – С. 46.
8. Дуванский В.А., Коржева И.Ю., Чернеховская Н.Е. Лазерная доплеровская флоуметрия как метод оценки микроциркуляции в слизистой оболочке бронхов // Лазерная медицина. – 2014. – Т. 18. – № 4. – С. 74.
9. Дуванский В.А., Дзагидзе Н.С. Особенности микроциркуляции у больных с синдромом диабетической стопы по данным лазерной доплеровской флоуметрии // Лазерная медицина. – 2007. – Т. 11. – № 4. – С. 23–26.
10. Ермольев С.Н., Пилыцкова О.В., Бартенева Т.В. Показатели регионарной гемодинамики и микроциркуляции пародонта у иностранных студентов с НИЦД, обучающихся в РУДН // Бюлл. НИЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН. – 2008. – Т. 9. – С. 157.
11. Запрягаева М.Е., Мач Э.С. Лазер-доплерфлюометрия в оценке функционального состояния эндотелия у больных ревматоидным артритом // Научно-практическая ревматология. – 2004. – № 2. – С. 129.
12. Ибрагим Р.Х., Гурова О.А., Козлов В.И. Состояние микроциркуляции в разных зонах слизистой оболочки десны у здоровых молодых людей // Морфология. – 2009. – Т. 136. – № 4. – С. 63.
13. Коровкина А.Н. Сравнительная оценка лечения начальных форм заболеваний пародонта при использовании низкоинтенсивного лазерного излучения и традиционных физических факторов // Автореф. дис.... канд. мед. наук. – Воронеж, 2014. – 25 с.
14. Козлов В.И. Метод лазерной доплеровской флоуметрии: пособие для врачей и [др.] медицина. – Минск, 2001. – С. 22.
15. Козлов В.И., Гурова О.А. Строение микроциркуляторного русла кожи и показатели лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ) в разных областях тела человека // Stredoevropsky vestnik pro vedu a vyzkum. – 2015. – Т. 84. – С. 98.
16. Козлов В.И., Морозов М.В., Ибрагим Р.Х., Станишевская Т.И. Биоритмические составляющие ЛДФ-сигнала и их значение в оценке состояния микроциркуляции // Ангиология и сосудистая хирургия. – 2004. – Т. 10. – № 3. – С. 63.
17. Козлов В.И., Азизов Г.А., Гурова О.А., Литвин Ф.Б. Лазерная доплеровская флоуметрия в оценке состояния и расстройств микроциркуляции крови // Методическое пособие для врачей. М., 2012. – С. 32.
18. Козлов В.И., Морсков В.Ф., Кишко В.И. и др. Лазеро-доплеровский метод исследования капиллярного кровотока // Известия Академии наук СССР. Серия физическая. 1995. – Т. 59. – № 6. – С. 179.
19. Козлов В.И., Дуванский В.А., Азизов Г.А. и др. Лазерная доплеровская флоуметрия (ЛДФ) и оптическая тканевая оксиметрия (ОТО) в оценке состояния и расстройств микроциркуляции крови. Методические рекомендации ФМБА России. – М., 2014. – 59 с.
20. Кульчицкая Д.Б., Миненков А.А., Князева Т.А., Козлов В.И. Применение лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ) в оценке эффективности надвенозной лазеротерапии у больных атеросклерозом сосудов нижних конечностей // Лазерная медицина. – 2001. – № 2. – С. 14.
21. Коровкин В.В., Коровкина А.Н. Оценка динамического колебательного контура регуляции капиллярной гемодинамики тканей пародонта при наличии воспаления // Актуальные проблемы и достижения в медицине: сборник трудов Международной научно-практ. конф. – Самара, 2015. – С. 157–162.
22. Коровкина А.Н., Коровкин В.В. Неинвазивный метод диагностики системы микроциркуляции, применяемый в пародонтологической практике // Актуальные вопросы стоматологии – 2014: Матер. 8 Всерос. научно-практ. конф. – Ростов-на-Дону, 2014. – С. 42–43.
23. Коровкин В.В., Коровкина А.Н. Современное представление о функциональных расстройствах микрогемодинамики тканей пародонта среди населения Калининградской области / Актуальные проблемы медицины в России и за рубежом: Сб. научных трудов по итогам международной науч.практ.конф. – Новосибирск, 2015. – С. 149–150.
24. Кречина Е.К. Мониторинг реактивности микрососудов пародонта с помощью лазерной доплеровской флоуметрии / Е.К. Кречина // Применение лазерной доплеровской флоуметрии в медицинской практике; матер. Третьего Всерос. симп. – М., 2000. – С. 133–134.
25. Кречина Е.К., Маслова В.В., Мардахаева В.Н., Лященко А.А. Микрогемодинамические изменения в тканях пародонта при гигиенической чистке зубов // Мат. XI Ежегодного науч. форума «Стоматология 2009». Инновации и перспективы в стоматологии и челюстно-лицевой хирургии. – М., 2009. – С. 82–84.
26. Кречина Е.К., Маслова В.В., Фролова С.А. и др. Оценка состояния гемомикроциркуляции в тканях пародонта по данным лазерной и ультразвуковой доплерографии // Стоматология. – 2007. – № 7. – С. 45–47.
27. Кречина Е.К., Козлов В.И., Маслова В.В. Микроциркуляция в тканях пародонта – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2007. – С. 26.
28. Литвинова Е.Н. Сравнительный анализ лазерной и ультразвуковой доплерографии в оценке тканевого кровотока при заболеваниях пародонта // Автореф. дис.... канд. мед. наук. – М., 2010. – 25 с.
29. Максимовская Л.Н., Джамалдинова Т.Д., Соколова М.А. Состояние системы микроциркуляции тканей десны у пациентов с воспалительными заболеваниями пародонта на фоне различных стадий ГЭРБ // Стоматология для всех. – 2011. – № 1. – С. 14–18.
30. Маланин И.В., Рисованный С.И., Алхазова Е.М. Лазерная доплеровская флоуметрия в стоматологии / Учебно-методическое пособие. – Краснодар, 2000. – 36 с.

31. Маланьин И.В., Рисованный С.И., Рисованная О.Н. Показатели лазерной доплеровской флоуметрии при хроническом генерализованном пародонтите различной степени тяжести // Актуальные вопросы стоматологии: Сборник научн. трудов Ростовского гос. мед. университета. – Ростов-на-Дону, 2000. – С. 42–44.
32. Маланьин И.В. Показатели лазерной доплеровской флоуметрии при периодонтите, осложненном заболеваниями пародонта // Успехи современного естествознания. – М., 2004. – № 12. – С. 57.
33. Мардахаева В.Н. Оценка функционального состояния пародонта по показателям микроциркуляции при гигиенической чистке зубов // Автореф. дис. ... канд. мед. наук. – М., 2010. – 28 с.
34. Морозов М.В., Гурова О.А., Козлов В.И. ЛДФ в оценке кожной микроциркуляции в разных областях тела // Лазерная медицина. – 2011. – Т. 15. – № 2. – С. 117–118.
35. Миргазизов М.З., Хамитова Н.Х., Мамаева Е.В., Ахметзянов А.Н. Возможности использования метода лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ) в оценке состояния тканей пародонта / Стоматология. – 2001. – № 1. – С. 66–70.
36. Нарыкова С.А. Оптимизация методики оценки показателей лазерной доплеровской флоуметрии в пародонтологии // Автореф. дис. ... канд. мед. наук. – Красноярск, 2005. – 88 с.
37. Саркисов К.А., Полунина О.С., Брагин Е.А., Воронина Л.П. Миогенный тонус прекапиллярных резистивных микрососудов при пародонтите при бронхиальной астме // Труды АГМА. Актуальные вопросы современной медицины. Том 41 (XVL). – Астрахань, 2010. – С. 123–126.
38. Саркисов К.А., Полунина О.С., Брагин Е.А., Воронина Л.П. Нейрогенный тонус прекапиллярных резистивных микрососудов при пародонтите на фоне бронхиальной астмы // Труды АГМА. Актуальные вопросы современной медицины. Том 41 (XVL). – Астрахань, 2010. – С. 122–123.
39. Сабанцева Е.Г., Козлов В.И. Изменение состояния микроциркуляции в слизистой оболочке рта при хроническом герпетическом стоматите // Лазерная медицина. – 2003. – Т. 7. – № 3–4. – С. 61–65.
40. Саркисов К.А., Полунина О.С., Брагин Е.А. и др. Состояние базального кровотока у больных хроническим пародонтитом на фоне бронхиальной астмы // Астраханский медицинский журнал. – 2010. – Т. 5. – № 3. – С. 98–101.
41. Сидоров В.В., Козлов В.И. Лазерная доплеровская флоуметрия как метод диагностики эффективности реабилитации // Паллиативная медицина и реабилитация. – 1998. – № 4–5. – С. 17.
42. Шидова А.В., Кречина Е.К., Смагина С.А., Фролова С.А. Возможности современных методов доплерографии при оценке состояния микроциркуляции в тканях пародонта // Мат. XIV и XV Всерос. научно-практ. конф. и труды X съезда СтАР. – М., 2005. – С. 277–279.
43. Функциональная оценка периваскулярной иннервации конечностей с помощью лазерной доплеровской флоуметрии: пособие для врачей / Министерство здравоохранения РФ, центр. науч.-исслед. ин-т травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова; [А.И. Крупаткин и др.]. – Москва, 2004. – 26 с.
44. Халепо О.В., Молотков О.В., Зинчук В.В. и др. Микроциркуляция и функция эндотелия: теоретические основы, принципы диагностики нарушений, значение для клинической практики. Научно-методич. пособие / Под ред. О.В. Молоткова, О.В. Халепо. – Смоленск: Дуэт-Принт, 2015. – 112 с.

Поступила в редакцию 10.11.2015 г.

Контактное лицо: Коровкина Анна Николаевна
E-mail: shirokova@yandex.ru

УДК 617.3-621.37-681.7

Якупов Р.Р.¹, Минасов Б.Ш.¹, Сисанбаев А.В.², Хаиров Т.Э.¹, Сироджов К.Х.¹, Каримов К.К.¹, Емаев И.И.³

Анализ постимплантационных изменений компонентов эндопротезов тазобедренного сустава на основе 3D-лазерной микроскопии

Yakupov R.R., Minasov B.Sh., Sisanbayev A.V., Khairov T.E., Sirodzhov K.Kh., Kairmov K.K., Emayev I.I.

Post-implantation changes in the components of hip joint endoprotheses using 3D laser microscopy

¹ ГБОУ ВПО «Башкирский государственный медицинский университет», г. Уфа

² ФАНО «Институт проблем сверхпластичности металлов», г. Уфа

³ ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный авиационный технический университет», г. Уфа

Цель исследования. Проведение сравнительного анализа постимплантационных изменений компонентов эндопротезов тазобедренного сустава на основе 3D-лазерной микроскопии. **Материалы и методы.** Исследованы компоненты различных пар трения эндопротезов тазобедренного сустава, удаленных в сроки более 10 лет после имплантации, и интактных имплантатов на основе оценки сферичности и деформационного рельефа поверхности на различных структурных уровнях с применением 3D-лазерной сканирующей микроскопии. **Выводы.** Установлено, что сферичность компонентов из CoCrMo изменялась более значительно (до 0,104 мм) в отличие от керамических головок Bioloх forte (до 0,016 мм). Наиболее глубокие изменения рельефа поверхности отмечались в паре трения CoCrMo-CoCrMo (до 14,1 мкм на мезоуровне) с косвенными признаками коррозии и формированием «раковин» в области преимущественной зоны износа деталей эндопротеза.