

ских Е. Н. Микроядерный анализ в оценке цитогенетической нестабильности. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2011; 312 с.)

9. Kalaev VN, et al. The frequency of buccal epithelial cells with micronuclei in persons suffering from periodontitis. Vestnik VSU. Ser.: Chemistry. Biology. Pharmacy 2010; 1: 82–5. Russian (Калаев В. Н. и др. Частота буккальных эпителиоцитов с микроядрами у лиц, страдающих пародонтитом. Вестник ВГУ. Сер.: Химия. Биология. Фармация 2010; 1: 82–5).

10. Grover S, et al. A comparative study for selectivity of micronuclei in oral exfoliated epithelial cells. Journal of Cytology 2012; 29 (4): 230–5.

11. Yurchenko VV. Cytogenetic aberrations in the epithelium of the cheek of the person when exposure to

genotoxicants. Toxicological Bulletin 2005; 6: 14–21. Russian (Юрченко В. В. Цитогенетические нарушения в эпителии щеки человека при экспозиции генотоксикантами. Токсикологический вестник 2005; 6: 14–21).

12. Sanchez-Siles M, et al. A novel application of the buccal micronucleus cytome assay in oral lichen planus: a pilot study. Archives of oral biology 2011; 56 (10): 1148–53.

13. Jadhav K, et al. Micronuclei: An essential biomarker in oral exfoliated cells for grading of oral squamous cell carcinoma. Journal of Cytology 2011; 28 (1): 7–12.

14. Ramirez A, Saldanha PH. Micronucleus investigation of alcoholic patients with oral carcinomas. Genetics and Molecular Research 2002; 1 (3): 246–60.

УДК 616.314.18-002-08:616.16:612.1

Оригинальная статья

ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ В СОСУДАХ ПУЛЬПЫ ЗУБА ПРИ ЛЕЧЕНИИ КАРИЕСА ДЕНТИНА И ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ЕЕ СОСТОЯНИЕ

Г. Г. Чистякова — УО «Белорусский ГМУ» доцент кафедры общей стоматологии, кандидат медицинских наук.

EVALUATION OF MICROCIRCULATION PARAMETERS IN THE VESSELS OF TOOTH PULP IN THE TREATMENT OF DENTIN AND FACTORS AFFECTING ITS CONDITION

G. G. Chistyakova — Belarusian State Medical University, Associate Professor of Department of General Dentistry, PhD.

Дата поступления — 22.06.2019 г.

Дата принятия в печать — 30.08.2019 г.

Чистякова Г. Г. Оценка параметров микроциркуляции в сосудах пульпы зуба при лечении кариеса дентина и факторы, влияющие на ее состояние. Саратовский научно-медицинский журнал 2019; 15 (3): 616–622.

Цель: дать оценку параметров микроциркуляции в сосудах пульпы в ближайшие и отдаленные сроки наблюдения при лечении кариеса дентина в зависимости от глубины деструкции твердых тканей зуба, вида реставрационного материала и методики пломбирования. **Материал и методы.** Регистрация параметров микроциркуляции в сосудах пульпы зуба осуществлялась лазерным спекл-оптическим аппаратом «Спеклометр». Исследование состояния гемодинамики в пульпе зуба проведено у 233 пациентов, всего запломбировано 286 зубов. Для лечения зубов использовали разработанный стеклоиономерный цемент, композиционные материалы светового отверждения и разработанный реставрационный комплекс. **Результаты.** Причины, приводящие к изменению кровотока в пульпе зуба, обусловлены нарушением краевого прилегания материала к твердым тканям зуба, межокклюзионными и межзубными взаимоотношениями, влиянием как адгезивной системы, так и реставрационного материала. Восстановление кровотока в сосудах пульпы зуба при лечении кариеса дентина (полость средней глубины) достигает контрольных значений от 14 дней до 1 месяца, при глубокой кариозной полости от 1 месяца до 3 месяцев. Восстановление кровотока в сосудах пульпы зуба при лечении глубокого кариеса модифицированным «сэндвич-методом» достигает контрольных значений через 14 дней, «сэндвич-методом» от 1 до 3 месяцев ($p < 0,05$). **Заключение.** Параметры гемодинамики (уровень и интенсивность кровотока) являются важными прогностическими критериями оценки состояния микроциркуляции.

Ключевые слова: микроциркуляция, пульпа зуба, фотокомпозитные материалы.

Chistyakova GG. Evaluation of microcirculation parameters in the vessels of tooth pulp in the treatment of dentin and factors affecting its condition. Saratov Journal of Medical Scientific Research 2019; 15 (3): 616–622.

Objective: to assess the parameters of microcirculation in the pulp vessels in the immediate and remote periods of observation in the treatment of dentin caries, depending on the depth of destruction of hard tooth tissues, the type of restoration material and methods of filling. **Material and Methods.** Registration of microcirculation parameters in the vessels of the tooth pulp was carried out by laser speckle-optical devices «Speckometer». The study of the state of hemodynamics in the pulp of the tooth was conducted in 233 patients, a total of 286 teeth were sealed. For dental treatment used designed glass ionomer cement light-cured composite materials import manufacture and restoration complex. **Results.** The reasons leading to a change in blood flow in the pulp of the tooth are due to a violation of the marginal fit of the material to the hard tissues of the tooth, interocclusal and interdental relationships, the influence of both the adhesive system and the restoration material. The restoration of blood flow in the vessels of the tooth pulp in the treatment of dentin caries (cavity of average depth) reaches control values from 14 days to 1 month, with a deep carious cavity from 1 month to 3 months. Restoration of blood flow in the vessels of the tooth pulp in the treatment of deep caries with the modified «sandwich method» reaches control values after 14 days, with the «sandwich method» from 1 to 3 months ($p < 0.05$). **Conclusion.** The parameters of hemodynamics (blood flow level and intensity) are important predictive criteria assess the status of microcirculation.

Key words: microcirculation, tooth pulp, light-cured composite materials.

Введение. Пульпа зуба играет первостепенную роль в жизнедеятельности тканей зуба и периодон-

та. На определенном этапе она может противостоять действию повреждающих агентов, обеспечивая нормализацию структуры и функции тканей зуба при повреждении. Однако если сила воздействия неблагоприятных физических/химических факторов

Ответственный автор — Чистякова Галина Геннадьевна
Тел.: +3 (7529) 3372483
E-mail: galinach2018@mail.ru

превышает адаптационно-компенсаторные возможности в пульпе зуба и организма в целом, то могут произойти необратимые изменения. Многочисленными исследованиями доказано, что серьезные изменения в тканях пульпы могут происходить в процессе лечебных мероприятий. Так, при удалении морфологически и функционально несостоятельных твердых тканей с сохранением дентина до 1 мм изменения проявляются в виде полнокровия и стаза в сосудах и разрыхления одонтобластов [1–3].

Сегодня стоматологическая индустрия предоставила в пользование врачам-стоматологам широкий спектр композиционных материалов, которые обладают целым рядом специфических свойств и выгодно отличаются от других пломбировочных материалов, тем самым определяя широкие возможности их использования в современной терапевтической стоматологии. К сожалению, технология применения композиционных пломбировочных материалов в клинике включает воздействие на пульпу зуба целого комплекса раздражителей, таких как препарирование твердых тканей зуба, протравливание эмали и дентина ортофосфорной кислотой, промывание и высушивание кариозной полости, нанесение адгезивной системы, светополимеризация, пришлифовывание и полирование пломбы [4, 5].

Реакция микрососудов в пульпе зуба на препарирование твердых тканей зуба сопровождается развитием гиперемии в микроциркуляторном русле, характер и степень выраженности которой зависят от глубины деструкции твердых тканей зуба. Данная реакция усиливается после протравливания, воздействия адгезивной системы и световой полимеризации. Комплекс раздражителей, оказывающих воздействие на пульпу зуба при лечении кариеса дентина, вызывает нарушение механизмов регуляции тканевого кровотока в пульпе зуба, в связи с чем эффективность функционирования микроциркуляции снижается и сопровождается венозным застоем и вазоконстрикцией [6].

Препарирование дентина приводит к образованию «смазанного слоя», который покрывает поверхность дентина и запечатывает дентинные каналы. Органический компонент «смазанного слоя» увеличивается по мере приближения к пульпе в связи с увеличением диаметра дентинных трубочек и, следовательно, с большим вкладом их органического материала в «смазаный слой». Органический компонент оказывает значительное влияние на способность этого слоя исполнять роль длительно существующего барьера. В течение нескольких недель органическая часть «смазанного слоя» начинает разрушаться, оставляя после себя микропространства, через которые бактерии и их токсины получают доступ в дентинные трубочки, что является истинной причиной гиперергической реакции пульпы на раздражение. Таким образом, для поддержания жизнеспособности пульпы, здоровья и комфорта пациента необходимо обеспечить адекватный контроль микроциркуляции в сосудах пульпы зуба. Определение параметров микроциркуляции в пульпе позволяет прогнозировать как непосредственные, так и отдаленные результаты лечения болезней твердых тканей зубов, выявить изменения гемодинамики на доклиническом этапе развития патологии в пульпе зуба, что может служить основой для оценки своевременности и адекватности проводимого лечения [7, 8].

Цель: дать оценку параметров микроциркуляции в сосудах пульпы в ближайшие и отдаленные сроки

наблюдения при лечении кариеса дентина в зависимости от глубины деструкции твердых тканей зуба, вида реставрационного материала и методики пломбирования.

Материал и методы. В основе разработанного метода лежит регистрация и анализ спекл-поля, образованного в результате интерференции рассеянного на клетках биообъекта лазерного излучения. Число колебаний интенсивности единичного спекла зависит от линейной скорости движения рассеивателей (эритроцитов) в гемомикроциркуляторном русле пульпы, освещаемой измерительным лазерным лучом. При этом изменение скорости движения рассеивателей по-разному влияет на различные частотные регионы спектра. В ходе воспалительных процессов происходит повреждение эндотелия капилляров, приводящее к запуску процесса тромбообразования. Следствием этого процесса является снижение скорости движения эритроцитов по микрососудам, а также уменьшение числа движущихся рассеивателей. В этой ситуации снижается интенсивность кровотока, выражающаяся вначале в увеличении уровня кровенаполнения, а затем в параллельном его уменьшении.

Резкое снижение интенсивности кровотока (линейная скорость) демонстрирует, что процесс эксудации захватывает все звенья гемомикроциркуляторного русла и возрастает от артериолярного к венолярному отделу. При таких условиях наиболее информативной характеристикой является мощность спектра — это интегральный показатель, который зависит как от частоты спектра, так и от соответствующего абсолютного значения интенсивности. Вследствие этого мощность спектра определяется не только линейной скоростью движения рассеивателей, но и количеством рассеивателей в области измерения, т.е. зависит от объемной скорости кровотока. Изменение средней частоты спектра регистрировалось в частотном диапазоне 10–800 Гц, а изменение мощности фиксировалось в частотных диапазонах 10–600 Гц и 10–700 Гц [9].

Таким образом, наиболее информативными параметрами являются мощность спектра S (отн. ед.) и средняя частота (Гц). По анализу и скринингу спекл-картин данные параметры интерпретировались как уровень кровотока и его интенсивность.

На базе ГУ «Республиканская клиническая стоматологическая поликлиника» г. Минска совместно с кафедрой общей стоматологии учреждения образования «Белорусский государственный медицинский университет» проведены регистрация и оценка параметров микроциркуляции в сосудах пульпы зуба лазерным спекл-оптическим аппаратом «Спеклометр» (номер государственной регистрации: Мт-7.1504–0108) при лечении кариеса дентина.

Для достижения поставленной цели исследовано состояние гемодинамики в пульпе зуба у 233 пациентов (женщин 145, мужчин 88) в возрасте от 20 до 40 лет с нейтральным прикусом, интактным периодонтом и без соматической патологии. Всего запломбировано 286 зубов, из них: с диагнозом «средний кариес» 149, с глубокой кариозной полостью 63, а также в зависимости от метода лечения: модифицированный «сэндвич-метод» 30 зубов, «сэндвич-метод» 23 зуба, 21 зуб с традиционным подходом лечения глубокого кариеса. Диагноз ставили в соответствии с принятой Международной классификацией болезней МКБ-10 на основании данных анамнеза с учетом основных и дополнительных методов ис-

следования. Так как реакция микрососудов пульпы зуба зависит от глубины кариозной полости, исследование кровотока проведено при лечении кариозной полости средней глубины и глубокой кариозной полости, партия зубов проводилась на основании клинической классификации кариозных полостей и метода лечения [10].

Исследование состояния гемодинамики кровотока в пульпе зуба выполнено разработанным методом оценки параметров микроциркуляции в сосудах пульпы зуба. Клиническое обследование при диагностике кариеса дентина состояло из выявления жалоб, проведения осмотра и инструментального обследования кариозной полости. В жалобах отмечались реакции на механические, химические и температурные раздражители. После выяснения жалоб проводили осмотр и зондирование кариозной полости. Для дифференциальной диагностики кариозной полости средней глубины и глубокой кариозной полости, а также для дифференциальной диагностики с пульпитом и периодонтитом применяли электроодонтометрию (ЭОМ) и лучевые методы исследования.

Для лечения зубов с кариесом дентина использовали разработанный стеклоиономерный цемент (СИЦ) «Геофил» (государственная регистрация №ИМ-7.98020/1607) в сочетании с композиционными материалами светового отверждения импортного производства «Charisma-SingleBond», «Gradia-SingleBond» и разработанным реставрационным комплексом «Микрофил-Мигробонд» (государственная регистрация №ИМ-7.96569/1507, №ИМ-7.96568/1507). Использование сочетания двух групп материалов обусловлено глубиной кариозной полости. Оценка параметров микроциркуляции в сосудах пульпы зуба проводили на этапах лечения кариеса дентина и в контрольные сроки наблюдения: через 3, 14 суток, 1, 3, 6, 12, 24 и 36 месяцев. Качество реставраций оценивали по разработанным клиническим критериям (рацпредложение №31 от 11.10.2016 г.).

Результаты считали хорошими, когда показатели уровня кровотока (мощность спектра): 343 (337-365) отн. ед., интенсивности кровотока (средняя частота): 269 (262-272) Гц ($p < 0,05$) для глубокого кариеса и уровень кровотока (мощность спектра): 338 (331-350) отн. ед., интенсивность кровотока (средняя частота): 271 (268-275) Гц ($p < 0,05$) для среднего кариеса находились в установленных пределах нормы. Удовлетворительными считали результаты, когда показатели уровня кровотока и его интенсивности имели отклонения от нормы.

Динамика повторяющихся измерений количественных показателей мощности спектра (отн. ед) и средней частоты (Гц) на этапах лечения и в установленные периоды наблюдения изучалась с помощью модели смешанных эффектов. На основании модели оценивались средние значения и 95%-е доверительные интервалы для средних значений. По полученным данным строились соответствующие графики. Размер эффекта определялся как отношение средних между интересующими точками и представлен в исследовании оценкой среднего эффекта и ее 95%-м доверительным интервалом. Качественные характеристики состоятельности реставраций по клиническим критериям представлены частотами и процентами в каждой группе. При сравнении групп по качественным характеристикам использовался критерий хи-квадрат, в случае нарушения предположений, лежащих в основе критерия хи-квадрат, использовался точный критерий Фишера. Критический

уровень значимости при проверке статистических гипотез принимался равным 0,05. Все расчеты проводились в статистическом пакете R, версия 3.4.

Результаты. После препарирования твердых тканей зуба при кариесе дентина с интактным периодонтом уровень капиллярного кровотока увеличивается в 1,4–1,6 раза, при этом интенсивность кровотока снижается в 1,3–1,5 раза, что свидетельствует о гиперемии и затрудненном оттоке в веноулярном отделе. Это доказывает, что в ответ на одонтопрепарирование развивается вазоконстрикция ($p < 0,05$).

После наложения изолирующей прокладки из стеклоиономерного цемента (СИЦ) в микрососудах пульпы зуба регистрировалось снижение уровня кровотока в 1,1–1,3 раза и повышалась интенсивность кровотока в 1,1–1,2 раза в полостях средних размеров, что свидетельствует о вазодилатации сосудов пульпы. При глубоких полостях выявлено снижение уровня кровотока и его интенсивности ($p < 0,05$).

После протравливания твердых тканей зуба 37%-й ортофосфорной кислотой при кариозной полости средней глубины регистрировалось снижение перфузии кровотока в 1,4 раза на фоне усиления интенсивности кровотока в 1,1 раза, что выявляло состояние гиперемии в микрососудах. Однако имелась тенденция к снижению механизма активной модуляции кровотока из-за сохранения вазоконстрикции. При глубокой кариозной полости на фоне увеличения уровня кровотока его интенсивность снижалась, что определяло затрудненный венозный застой в микроциркуляторном русле ($p < 0,05$).

После протравливания твердых тканей зуба 20%-й ортофосфорной кислотой при кариозной полости средней глубины регистрировалось снижение перфузии кровотока на 26,9%, от дебютного значения перфузия увеличилась на 4,2%, но не установлено статистически значимое увеличение уровня кровотока ($p > 0,05$). Интенсивность кровотока повышалась на 11,4%, что свидетельствовало об усилении гиперемии в микрососудах.

При глубокой кариозной полости на фоне увеличения уровня кровотока на 3,7% его интенсивность снижалась 2,9%, что свидетельствовало об усилении венозного застоя в микроциркуляторном русле ($p < 0,05$).

После обработки тканей зуба адгезивом снижается показатель перфузии в 2,3–2,5 раза и показатель интенсивности кровотока 1,5–1,7 раза, что характеризует вазоконстрикцию микрососудов.

Этап реставрации (пломбирования) показал, что фотополимеризация вызывает вазодилатацию микрососудов пульпы. На фоне роста уровня кровотока в 1,2–1,5 раза растет его интенсивность в 1,2–1,4 раза, что свидетельствует о гиперемии в микроциркуляторном русле и усилении кровотока ($p < 0,05$).

После обработки пломбы (шлифовка, полировка) уровень кровотока увеличивается в 1,4–1,5 раза и снижается интенсивность кровотока в 1,1–1,2 раза, что характеризует вазоконстрикцию и нарушение оттока в микрососудах пульпы ($p < 0,05$).

Результаты микроциркуляции в сосудах пульпы зуба на этапах лечения: в непосредственные, ближайшие (3–6 месяцев) и отдаленные сроки наблюдения до 12 месяцев — в зависимости от вида реставрационной системы и нозологической формы патологии представлены на диаграммах (рис. 1–4).

Анализ полученных данных о состоянии кровотока в пульпе зуба в зависимости от используемой ре-

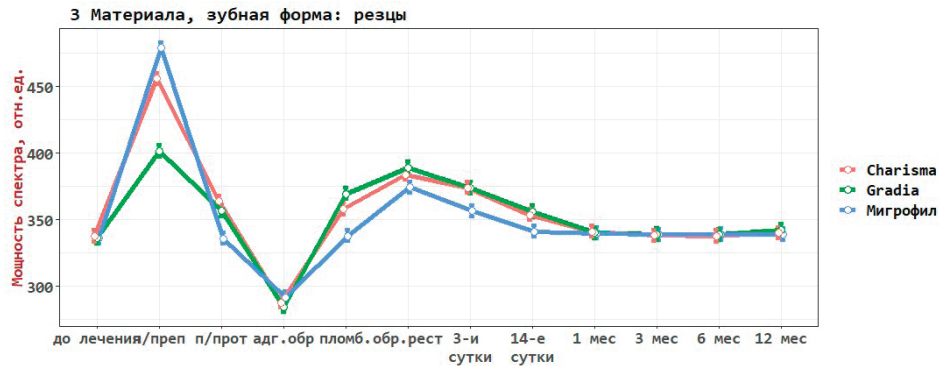


Рис. 1. Динамика показателя уровня кровотока в пульпе зуба при лечении кариеса дентина (средний кариес) и контрольных осмотрах в зависимости от материала

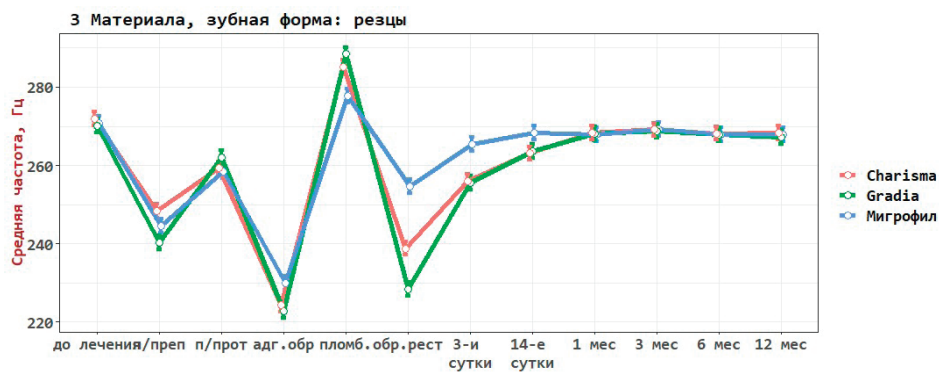


Рис. 2. Динамика показателя интенсивности кровотока в пульпе зуба при лечении кариеса дентина (средний кариес) и контрольных осмотрах в зависимости от материала

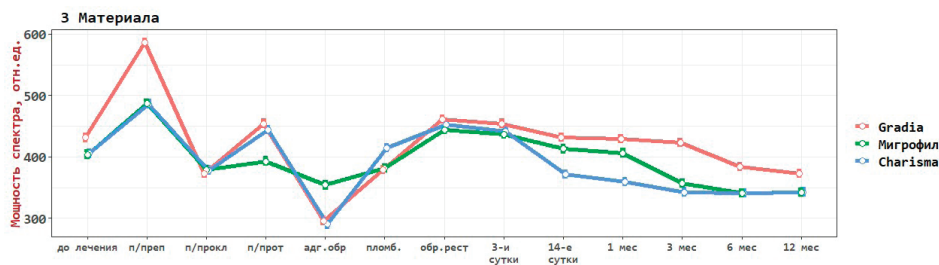


Рис. 3. Динамика показателя уровня кровотока в пульпе зуба при лечении кариеса дентина (глубокий кариес) и контрольных осмотрах в зависимости от вида реставрационного материала

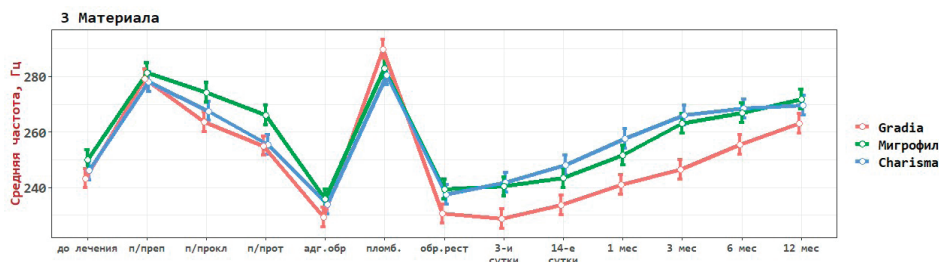


Рис. 4. Динамика показателя интенсивности кровотока в пульпе зуба при лечении кариеса дентина (глубокий кариес) и контрольных осмотрах в зависимости от реставрационного материала

ставрационной системы и метода лечения позволил установить, что в реставрациях средних полостей зуба, изготовленных с использованием композиционного материала Мигрофил, удовлетворительные результаты гемодинамики отмечены только через 12 месяцев в 5,6% наблюдений. В реставрациях, изготовленных с использованием композита Charisma, удовлетворительные результаты гемодинамики отмечены через 3–6 и 12 месяцев в 6,7 и 6,2% случаев соответственно. В реставрациях, изготовленных с использованием композиционного материала Gradia, удовлетворительные результаты гемодинамики отмечены через 3–6 и 12 месяцев в 13,8 и 14,3% наблюдений соответственно. Удовлетворительные результаты гемодинамики в пульпе зуба через 24 месяца зарегистрированы в реставрациях, изготовленных с использованием Gradia в 16,7% наблюдений, с Мигрофилом в 1,1% и Charisma в 10,3%.

Через 36 месяцев выявлена тенденция к увеличению удовлетворительных результатов показателей кровотока в пульпе зуба композиционных реставраций: с Мигрофилом, Charisma, Gradia в 4,4, 16,8, 17,3% наблюдений соответственно.

При попарном сравнении показателей динамики уровня кровотока статистически значимых различий в группах Gradia – Мигрофил ($p=0,3$), Charisma – Gradia ($p=0,2$) и Charisma – Мигрофил ($p=0,6$) не установлено.

При попарном сравнении показателей динамики интенсивности кровотока в пульпе зуба (24–36 месяцев) установлены статистически значимые различия в группах Gradia – Мигрофил и Charisma – Мигрофил ($p < 0,001$), в группе Charisma – Gradia статистических различий не выявлено ($p=0,07$).

В реставрациях глубоких полостей зуба, изготовленных с использованием материала Мигрофил, удовлетворительные результаты кровотока в пульпе зуба через 3–6, 12 и 24 месяцев не выявлены, и только через 36 месяцев они зарегистрированы в 19,0% наблюдений.

В реставрациях, изготовленных с использованием материала Charisma, удовлетворительные результаты кровотока после проведенного лечения через 3–6, 12, 24, 36 месяцев зарегистрированы в 9,5, 11,3, 13,2 и 13,6% наблюдений соответственно.

В реставрациях, изготовленных с использованием материала Gradia, удовлетворительные результаты кровотока через 3–6, 12, 24 и 36 месяцев определены в 14,3, 17,3, 18,7 и 21,1% соответственно.

При попарном сравнении показателей динамики уровня кровотока в пульпе зуба (24–36 месяцев) установлены статистически значимые различия в группах Gradia – Мигрофил и Charisma – Gradia ($p < 0,001$), Charisma – Мигрофил ($p < 0,03$).

При попарном сравнении показателей динамики интенсивности кровотока в пульпе зуба (24–36 месяцев) установлены статистически значимые различия в группах Gradia – Мигрофил, Charisma – Мигрофил и Charisma – Gradia ($p < 0,001$).

Сравнительный анализ состояния кровотока в пульпе реставрированных зубов в зависимости от метода восстановительного лечения свидетельствует о незначительных изменениях гемодинамики, которые характеризовались вариациями как уровня кровотока, так и его интенсивности ($p > 0,05$). Через 24 месяца выявлены статистически значимые различия повышения уровня кровотока в 1,02 раза в зубах, леченных «сэндвич-методом» ($p < 0,05$). Через 36 месяцев в зубах, реставрированных традиционными

методами, установлено повышение уровня кровотока в 1,02 раза, но при этом статистически значимых различий не выявлено ($p > 0,05$). Показатели интенсивности кровотока независимо от метода лечения варьировались в пределах статистической погрешности физиологической нормы для данной нозологической формы.

Реставрации, изготовленные модифицированным «сэндвич-методом», имели хорошие показатели гемодинамики во все сроки наблюдения в 100% случаев ($p < 0,05$). С применением «сэндвич-метода» удовлетворительные результаты кровотока в пульпе зуба зарегистрированы через 24 месяца в 8,6% случаев, после лечения глубокого кариеса с применением традиционных подходов удовлетворительные результаты гемодинамики выявлены через 36 месяцев в 19% случаев.

При попарном сравнении реставраций, изготовленных различными методами, статистически значимых различий в исследуемых группах методов по показателю уровня кровотока (мощность спектра) не выявлено: модифицированный «сэндвич-метод» и «сэндвич-метод» ($p=0,8$); модифицированный «сэндвич-метод» и «традиционный подход» ($p=0,4$); «сэндвич-метод» и «традиционный подход» лечения глубокого кариеса ($p=0,6$).

При попарном сравнении реставраций, изготовленных различными методами, статистически значимых различий в исследуемых группах методов по показателю интенсивности кровотока (средняя частота) не выявлено: модифицированный «сэндвич-метод» и «сэндвич-метод» ($p=0,4$); модифицированный «сэндвич-метод» и «традиционный подход» ($p=0,7$); «сэндвич-метод» и «традиционный подход» ($p=0,7$).

По результатам исследования дана более детальная оценка состояния гемомикроциркуляции в пульпе зуба в ближайшие и отдаленные сроки лечения болезней твердых тканей зубов и установлена статистическая значимость уровня и интенсивности кровотока от используемой реставрационной системы, нозологической формы патологии твердых тканей зуба и морфофункциональных нарушений реставраций.

При среднем кариесе в реставрациях, изготовленных с использованием системы «Мигрофил-Мигробонд», состояние кровотока в пульпе зуба в ближайшие сроки 3–6 месяцев соответствовало физиологической норме в 100% случаев. В реставрациях, изготовленных с использованием системы «Charisma-SingleBond» и «Gradia-SingleBond», состояние кровотока в пульпе зуба соответствовало физиологической норме в 93,3 и 86,2% случаев соответственно. Результаты в группах сравнения статистически значимы ($p=0,003$). При нарушении контактного пункта в зубах с реставрациями «Charisma-SingleBond» и «Gradia-SingleBond» изменения гемомикроциркуляции зарегистрированы в 6,7 и 10,3% случаев соответственно ($p=0,014$). В зубах с дефектами краевого прилегания реставрационной системы «Gradia-SingleBond» нарушение кровотока в пульпе зуба выявлено в 3,4% случаев ($p=0,124$). В отдаленные сроки 12–36 месяцев (1–3 года) в реставрациях, изготовленных с использованием системы «Мигрофил-Мигробонд», «Charisma-SingleBond» и «Gradia-SingleBond», состояние кровотока в пульпе зуба соответствовало физиологической норме в 88,9, 66,7 и 51,7% случаев соответственно. Результаты в группе сравнения статистически значимы ($p=0,003$). При нарушении контактного пункта в реставрациях, выполненных системами «Мигро-

фил-Мигробонд», «Charisma-SingleBond» и «Gradia-SingleBond», установлено изменение гемодинамики в пульпе зуба в 5,6, 16,7 и 17,2% случаев соответственно ($p=0,078$). Изменение кровотока в пульпе зафиксировано при нарушении краевого прилегания «зуб-пломба» с использованием материалов «Charisma-SingleBond» и «Gradia-SingleBond» в 3,3 и 10,3% случаев. В реставрациях с системой «Микрофил-Мигробонд» нарушения гемоциркуляции не установлены. В группах сравнения результаты статистически значимы ($p=0,011$). Изменение состояния кровотока в пульпе выявлено при нарушении окклюзионных контактов в реставрациях «Микрофил-Мигробонд» в 4,4% случаев, «Charisma-SingleBond» в 13,3% случаев и «Gradia-SingleBond» в 13,8% случаев ($p=0,135$). Нарушение гемодинамики установлено в реставрациях «Микрофил-Мигробонд» и «Gradia-SingleBond», требующих замены в 1,1 и 6,9% случаев ($p=0,106$).

В реставрациях глубоких полостей, изготовленных с использованием системы «Микрофил-Мигробонд», состояние кровотока в пульпе зуба в ближайшие сроки 3–6 месяцев соответствовало физиологической норме в 100% случаев. В реставрациях, изготовленных с использованием системы «Charisma-SingleBond» и «Gradia-SingleBond», состояние кровотока в пульпе зуба соответствовало физиологической норме в 90,5 и 85,7% случаев соответственно. В группах сравнения статистически значимых различий не установлено ($p=0,219$). При нарушении контактного пункта в зубах с реставрациями «Charisma-SingleBond» и «Gradia-SingleBond» изменения гемоциркуляции зарегистрированы в 9,5 и 14,3% случаев соответственно ($p=0,219$).

Полученные в ходе сравнительной оценки данные гемодинамики в пульпе зуба глубокой полости свидетельствуют о биосовместимости системы «Микрофил-Мигробонд», а также СИЦ «Геофил». В отдаленные сроки 12–36 месяцев (1–3 года) в реставрациях, изготовленных с использованием системы «Микрофил-Мигробонд», «Charisma-SingleBond» и «Gradia-SingleBond», состояние кровотока в пульпе зуба соответствовало физиологической норме в 81,0, 61,9 и 42,9% случаев соответственно. Результаты в группах сравнения статистически значимы ($p=0,04$). При нарушении контактного пункта в реставрациях, выполненных системами «Микрофил-Мигробонд», «Charisma-SingleBond» и «Gradia-SingleBond», установлено изменение гемодинамики в пульпе зуба в 9,5, 19,0 и 14,3% случаев соответственно ($p=0,678$). Изменение кровотока в пульпе зафиксировано при нарушении краевого прилегания «зуб-пломба» с использованием материалов «Микрофил-Мигробонд» и «Gradia-SingleBond» в 9,5 и 14,3% случаев. В группах сравнения статистически значимых различий не выявлено ($p=0,219$). Изменение состояния кровотока в пульпе выявлено при нарушении окклюзионных контактов в реставрациях «Микрофил-Мигробонд» в 9,5% случаев, «Charisma-SingleBond» в 9,5% случаев и «Gradia-SingleBond» в 19,0% случаев ($p=0,564$). Нарушение гемодинамики установлено в реставрациях «Charisma-SingleBond» и «Gradia-SingleBond», требующих замены в 9,5% случаев ($p=0,344$).

Состояние кровотока в пульпе зуба реставраций, изготовленных с применением различных методов, в ближайшие сроки 3–6 месяцев соответствовало физиологической норме в 100% случаев.

В отдаленные сроки 12–36 месяцев в реставрациях, изготовленных с применением «традиционных подходов», «сэндвич-метода» и модифицированного «сэндвич-метода», состояние кровотока в пульпе зуба находилось в пределах физиологической нормы в 81,0%, 91,3% и 100% случаев соответственно. Результаты в группах сравнения статистически значимы ($p=0,049$). При нарушении контактного пункта в реставрациях, выполненных с применением «традиционных подходов» и «сэндвич-метода», установлено изменение гемодинамики в пульпе зуба в 9,5 и 4,3% случаев соответственно ($p=0,236$). Изменение кровотока в пульпе зафиксировано при нарушении краевого прилегания «зуб-пломба» с применением «традиционных подходов» и «сэндвич-метода» в 9,5 и 4,3% случаев. В группах сравнения статистически значимых различий не выявлено ($p=0,236$).

Обсуждение. Формирование полости в зубе в рамках адгезивной техники связано со стремлением усилить микроретенцию за счет создания дополнительных пунктов удержания пломбы, а следовательно, с иссечением части здоровых твердых тканей зуба и пролонгированным препарированием. Это нашло отражение в изменении гемодинамики в пульпе зуба на этапе одонтопрепарирования полости средней глубины, что проявляется гиперемией и затрудненным венозным оттоком [1]. При глубоком кариесе зарегистрирована артериальная гиперемия. Очевидно также, что кондиционирование поверхности дентина и прокладка из стеклоиономерного цемента способствуют снижению гиперемии в микросудах пульпы зуба.

Адгезивные системы в зависимости от вида растворителя усиливают вазоконстрикцию микроциркуляторного русла, однако к спазму сосудов не приводят, что не угрожает пульпе ишемизацией [2]. Этап пломбирования характеризуется вазодилатацией сосудов с усилением кровотока в пульпе зуба. Наши исследования показали, что при применении светодиодной лампы рекомендуется фотополимеризация не более 60 секунд. Завершающий этап обработки, шлифовки и полировки реставрации вызывает вазоконстрикцию микрососудов пульпы на механическое воздействие.

При восстановительном лечении кариеса дентина с использованием светоотверждаемых композиционных материалов на состояние кровотока в пульпе зуба влияют многочисленные факторы, которые необходимо учитывать: одонтопрепарирование, кондиционирование поверхности твердых тканей, воздействие адгезивной системы, физико-химические свойства материалов, применение полимеризационных ламп, шлифовка и полировка реставрации.

Микрососудистое русло пульпы обладает значительными адаптационно-компенсаторными возможностями, изменения в пульпе зуба могут быть обратимыми после лечения кариеса дентина, когда происходит восстановление ее нормального состояния. Но по результатам наших исследований мы можем говорить о необходимости динамического наблюдения за состоянием кровотока, что позволяет выявлять фазы воспалительного процесса на ранних стадиях, которые не всегда сопровождаются клиническими проявлениями. Показатели гемодинамики (уровень и интенсивность кровотока) в пульпе зуба являются важными прогностическими критериями оценки состояния кровотока, что дает возможность определять степень гемодинамических на-

рушений в пульпе зуба и спланировать адекватное лечение [3, 6].

Мы предполагаем, что выявленные нами нарушения гемомикроциркуляции при кариесе дентина на этапах лечения выступают защитной реакцией пульпы зуба на раздражение: включаются компенсаторные механизмы модуляции кровотока, что сказывается на работе прекапиллярных сфинктеров, а также функциональных изменениях микрососудистого русла. После проведенного лечения кариеса дентина независимо от глубины полости и метода лечения происходит достоверное нарастание величины перфузии в пульпе, что влечет за собой нарушение оттока из микроциркуляторного русла и в дальнейшем может привести к развитию как острого, так и хронического воспалительного процесса.

С увеличением срока службы реставраций отмечено снижение их качественных характеристик и увеличение удовлетворительных результатов, что может сказываться на состоянии кровотока в сосудах пульпы зуба. Сравнительный анализ гемомикроциркуляции в пульпе зуба реставрированных зубов позволил установить статистическую значимость уровня и интенсивности кровотока в зависимости от метода восстановительного лечения, нозологической формы патологии твердых тканей зуба, морфофункциональных нарушений реставраций и используемой реставрационной системы. Полученные в ходе сравнительной оценки данные гемодинамики в пульпе зуба свидетельствуют о несомненной биосовместимости системы «Микрофил-Мигробонд», что также подтверждают проведенные исследования комплекса физико-механических свойств.

Заключение. 1. Разработанный метод лазерной спект-оптической диагностики кровотока в пульпе зуба показал, что проведенные лечебные мероприятия по восстановлению анатомической формы зуба и его функции не только не позволили вернуться показателям микроциркуляторного русла пульпы к исходному значению, но, напротив, существенно изменили состояние кровотока в пульпе зуба ($p < 0,05$).

2. Восстановление кровотока в сосудах пульпы зуба при лечении кариеса дентина (полость средней глубины) достигает контрольных значений от 14 дней до 1 месяца, при глубокой кариозной полости от 1 месяца до 3 месяцев в зависимости от вида реставрационной системы. Восстановление кровотока в сосудах пульпы зуба при лечении глубокого кариеса модифицированным «сэндвич-методом» достигает контрольных значений через 14 дней, «сэндвич-методом» от 1 до 3 месяцев ($p < 0,05$).

3. Анализ параметров микроциркуляции в сосудах пульпы зуба позволил выявить изменения гемодинамики в ответ на воздействие комплекса раздражителей одонтопрепарирования, кондиционирования, фотополимеризации, используемой реставрационной системы, шлифовки и полирования реставрации при лечении кариеса дентина.

4. Причины, приводящие к изменению кровотока в пульпе зуба, многофакторные, и обусловлены они не только нарушением краевого прилегания материала к твердым тканям зуба, межжюкклизонными

и межзубными взаимоотношениями, но и влиянием как адгезивной системы, так и реставрационного материала.

Конфликт интересов не заявляется.

Авторский вклад: концепция и дизайн исследования, получение и обработка данных, анализ и интерпретация результатов, написание статьи, утверждение рукописи для публикации — Г.Г. Чистякова.

References (Литература)

- Ivanova EH, Kuznetsov IA. Gemodinamika pulpy zubov pri srednem kariесе. In: *Образование, наука и практика в стоматологии: материалы Всерос. науч.-практ. конф. Moscow, 2004*; p. 133–4. Russian (Иванова Е.Н., Кузнецов И.А. Гемодинамика пульпы зубов при среднем кариесе. В сб.: Образование, наука и практика в стоматологии: материалы Всерос. науч.-практ. конф. М., 2004; с. 133–4).
- Makeeva IM, et al. Issledovanie reakcii sosudov pulpy na primeneniye razlichnykh adgezivnykh sistem. *Stomatologiya* 2002; 81 (6): 20–3. Russian (Макеева И.М. и др. Исследование реакции сосудов пульпы на применение различных адгезивных систем. *Стоматология* 2002; 81 (6): 20–3).
- Loginova NK. Vozmozhnosti funktsionalnoy diagnostiki v kariesologii. *Novoe v stomatologii* 2005; (4): 40–1. Russian (Логина Н.К. Возможности функциональной диагностики в кариесологии. *Новое в стоматологии* 2005; (4): 40–1).
- Ermolyev N, et al. Lazernaya dopplerovskaya floumetriya v oцenke mehanizmov regulyatsii mikroциркуляtsii pulpy zuba. In: *Регионарное кровообращение и микроциркуляция: материалы науч.-практ. конф. Moscow, 2008*; p. 78. Russian (Ермолев Н. и др. Лазерная доплеровская флоуметрия в оценке механизмов регуляции микроциркуляции пульпы зуба. В сб.: Регионарное кровообращение и микроциркуляция: материалы науч.-практ. конф. М., 2008; с. 78).
- Nikolaev AI. Sistemnyj podhod k diagnostike i kompleksnomu lecheniyu karioznykh i prishechnykh nekarioznykh porazhenij tverdykh tkanej zubov (kliniko-laboratornoe issledovanie): DSc abstract. Smolensk, 2012; 37 p. Russian (Николаев А.И. Системный подход к диагностике и комплексному лечению кариозных и пришеечных некариозных поражений твердых тканей зубов (клинико-лабораторное исследование): автореф. дис. д-ра мед. наук. Смоленск, 2012; 37 с.).
- Rassadina AV. Reaktivnost mikrososudov pulpy zuba pri lechenii kariesa dentina sovremennymi kompozitsionnymi materialami: PhD abstract. Moscow, 2008; 25 p. Russian (Рассадина А.В. Реактивность микрососудов пульпы зуба при лечении кариеса дентина современными композиционными материалами: автореф. дис. ... канд. мед. наук. М., 2008; 25 с.).
- Karayilmaz H, Kirzioglu Z. The efficacy of laser doppler flow-metry and pulse oximetry as a pulp vitality test method in primary molars. In: *European Archives of Paediatric Dentistry: Abstracts of EAPD Congress, 2008*; p. 24.
- Miron MI, et al. Optimization of the laser doppler signal acquisition timing for pulp vitality evaluation. *TMJ* 2010; 60 (1): 44–9.
- Dik SK. Lazerno-opticheskie metody i tehicheskie sredstva kontrolya funktsionalnogo sostoyaniya bioobektov. Minsk: BGUIR, 2014; 235 p. Russian (Дик С.К. Лазерно-оптические методы и технические средства контроля функционального состояния биообъектов. Минск: БГУИР, 2014; 235 с.).
- Chistyakova GG, Petruk AA. Modificirovannyj «sendvich-metod» lecheniya kariesa dentina i klinovidnykh defektov. *Med. zhurn.* 2017; (4): 126–31. Russian (Чистякова Г.Г., Петрук А.А. Модифицированный «сэндвич-метод» лечения кариеса дентина и клиновидных дефектов. *Мед. журн.* 2017; (4): 126–31).