

Оригинальное исследование

DOI: <https://doi.org/10.17816/dent646209>

Изменения в тканях пародонта при хронической табачной интоксикации на экспериментальной модели рецессии десны (по данным лазерной доплеровской флоуметрии): экспериментальное исследование на крысах

Д.А. Трунин¹, Е.Д. Костригина², О.А. Рубаненко¹, Ю.М. Замятин², М.М. Сунцева², А.Д. Еремеева²¹ Самарский государственный медицинский университет, Самара, Россия;² Пензенский государственный университет, Пенза, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. В настоящее время нарушения микроциркуляторного русла органов и тканей выдвинулись в ряд важнейших проблем экспериментальной и клинической медицины, в том числе и пародонтологии. Представленные в статье данные указывают на необходимость раннего выявления признаков поражения микроциркуляции пародонта в условиях табачной интоксикации с помощью метода лазерной доплеровской флоуметрии. Этот метод диагностики, основанный на регистрации изменений в микроциркуляторном русле за счёт детектирования сигналов движущихся в сосудах эритроцитов, даёт чёткое представление об интенсивности кровоснабжения исследуемой области.

Цель. Оценить на крысах изменения пародонта при рецессии десны и в условиях хронической табачной интоксикации (ХТИ) с применением метода лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ).

Материалы и методы. С целью экспериментального обоснования использования ЛДФ для выявления признаков поражения пародонта измеряли микроциркуляцию в тканях пародонта методом ЛДФ на лазерном анализаторе ЛАКК-02 в исполнении 4 (НПП «Лазма», Россия) у 75 половозрелых самцов крыс линии Wistar, разделённых на 5 групп: контрольную; в условиях ХТИ; в условиях рецессии десны; в условиях устранения рецессии десны с сохранением ХТИ; в условиях устранения рецессии десны с сохранением ХТИ с протоколом временной отмены.

Результаты. С использованием метода ЛДФ зарегистрировано течение патологического процесса в тканях пародонта в условиях табачной интоксикации и рецессии десны, поскольку было зафиксировано уменьшение количества клеток соединительной ткани и толщины эпителиального слоя.

Заключение. Неинвазивный метод ЛДФ даёт качественное представление о состоянии пародонтального комплекса, позволяет заранее определить патологическое состояние изучаемых тканей и начать своевременное лечение.

Ключевые слова: лазерная доплеровская флоуметрия; ЛДФ; диагностика пародонтита; табачная интоксикация.

Как цитировать:

Трунин Д.А., Костригина Е.Д., Рубаненко О.А., Замятин Ю.М., Сунцева М.М., Еремеева А.Д. Изменения в тканях пародонта при хронической табачной интоксикации на экспериментальной модели рецессии десны (по данным лазерной доплеровской флоуметрии): экспериментальное исследование на крысах // Российский стоматологический журнал. 2025. Т. 29, № 2. С. 127–132. DOI: <https://doi.org/10.17816/dent646209>

Original Study Article

DOI: <https://doi.org/10.17816/dent646209>

Periodontal tissue changes under chronic tobacco intoxication in an experimental model of gingival recession: a laser Doppler flowmetry study in rats

Dimitry A. Trunin¹, Ekaterina D. Kostrigina², Olesya A. Rubanenko¹, Yuri M. Zamyatin², Maria M. Suntseva², Anastasia D. Ereemeeva²

¹ Samara State Medical University, Samara, Russia;

² Penza State University, Penza, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: At present, microcirculatory disturbances in organs and tissues have emerged as a critical issue in both experimental and clinical medicine, including periodontology. The findings presented in this article underscore the need for early detection of microcirculatory disorders in the periodontium under conditions of tobacco intoxication, using laser Doppler flowmetry. This diagnostic method, which records changes in microvascular blood flow by detecting signals from moving erythrocytes within vessels, provides a clear assessment of regional tissue perfusion.

AIM: To evaluate periodontal changes in rats with gingival recession under conditions of chronic tobacco intoxication (CTI), using laser Doppler flowmetry (LDF).

METHODS: To experimentally validate the use of LDF for detecting periodontal tissue damage, microcirculation in the periodontium was assessed using the LDF analyzer LAKK-02, version 4 (NPP Lazma, Russia). The study included 75 adult male Wistar rats, which were divided into five groups: control; CTI; gingival recession; gingival recession elimination under continued CTI; and gingival recession elimination under CTI with a temporary cessation protocol.

RESULTS: LDF revealed progression of pathological changes in periodontal tissues under conditions of tobacco intoxication and gingival recession, as evidenced by a decrease in connective tissue cell density and epithelial layer thickness.

CONCLUSION: Noninvasive LDF provides qualitative insights into the condition of the periodontal complex and enables early identification of tissue pathology, facilitating timely therapeutic intervention.

Keywords: laser doppler flowmetry; LDF; periodontitis diagnosis; tobacco intoxication.

To cite this article:

Trunin DA, Kostrigina ED, Rubanenko OA, Zamyatin YM, Suntseva MM, Ereemeeva AD. Periodontal tissue changes under chronic tobacco intoxication in an experimental model of gingival recession: a laser Doppler flowmetry study in rats. *Russian Journal of Dentistry*. 2025;29(2):127–132.

DOI: <https://doi.org/10.17816/dent646209>

Received: 16.01.2025

Accepted: 10.02.2025

Published online: 07.03.2025

ОБОСНОВАНИЕ

Воспалительные заболевания тканей пародонта являются актуальной проблемой современной стоматологии. Согласно данным Всемирной организации здравоохранения на 2024 год, три четверти населения Земли страдают заболеваниями пародонта, при этом отмечено, что с увеличением возраста пациентов повышается и процент патологических изменений в тканях пародонта. А поскольку компенсаторную и трофическую функцию выполняет микроциркуляторное русло, то и диагностика этой области может стать первым шагом к качественному лечению пародонтита. Именно метод лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ) позволяет быстро и неинвазивно выявить нарушения в тканях пародонта и начать своевременное лечение.

ЦЕЛЬ

С использованием метода ЛДФ изучить в эксперименте на крысах изменения в состоянии тканей пародонта при рецессии десны и в условиях хронической табачной интоксикации (ХТИ).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Дизайн исследования

Проведено экспериментальное исследование на самцах крыс линии Wistar.

Объекты (участники) исследования

Объектом исследования стали 75 половозрелых самцов крыс линии Wistar подвиды *Rattus norvegicus domestica*, массой тела 250–350 г. Методом генерации случайных чисел животные были распределены по следующим группам:

- I группа ($n=15$) — интактные животные (контрольная);
- II группа ($n=15$) — экспериментальные животные в условиях ХТИ;
- III группа ($n=15$) — экспериментальные животные после моделирования рецессии десны в условиях ХТИ;
- IV группа ($n=15$) — устранение рецессии десны у экспериментальных животных в условиях ХТИ с использованием локального воздействия по модифицированной «туннельной методике» восстановления дефицита кератинизированных мягких тканей как метода коррекции микроциркуляторных нарушений;
- V группа ($n=15$) — устранение рецессии десны у экспериментальных животных в условиях ХТИ с отменой курения и использованием модифицированной «туннельной методики».

Описание медицинского вмешательства

До начала исследования экспериментальные животные находились в покое в течение 25 мин, температура в помещении составляла 25 °С. Регистрацию показателей

осуществляли в течение 1 мин (по 30 с в каждом участке исследуемой ткани, $\lambda=632,8$ нм). Для достоверности измерение в одной и той же точке повторяли 3 раза, далее были рассчитаны среднеарифметические показатели.

Во всех группах, за исключением контрольной, исследуемые крысы в ходе эксперимента были разделены на три подгруппы в зависимости от срока участия в эксперименте: 14, 30, 60-е сутки.

Измерение состояния микроциркуляции в тканях проводили методом ЛДФ с помощью лазерного анализатора ЛАКК-02 в исполнении 4 (НПП «Лазма», Москва). Показатели микроциркуляции регистрировали в области маргинальной и прикреплённой десны.

Определяли следующие показатели:

- величину среднего потока крови в интервале времени (М), характеризующую увеличение или уменьшение перфузии;
- коэффициент вариаций (K_v), характеризующий вазомоторную активность микрососудов;
- параметр, определяющий колебания потока эритроцитов [1, 2].

В качестве модели, имитирующей состояние ХТИ, была использована известная модель С.У. Yen и соавт. (2008), а также примеры работ по теме ХТИ лабораторных животных К.А. Гребенюк, Т.В. Шилковой (2019): животное помещали в затравочную камеру, куда нагнетался табачный дым от двух сигарет, содержащих 1,3 мг никотина и 16 мг смолы каждая, на 7 мин через каждые полчаса в течение 6 ч в день, ежедневно, на протяжении 6 нед [3, 4].

Методы регистрации исходов

В основе ЛДФ — качественного неинвазивного метода диагностики микроциркуляторного русла — лежит применение лазерного излучения тканей на глубину нескольких миллиметров. Достоинством данного метода является бесконтактное измерение кровотока, а вследствие этого — и гемодинамики, показатели которой при подключении датчиков к капиллярам меняются. Другой важной особенностью ЛДФ является возможность получения до тысячи измерений в минуту, их регистрации и обработки в реальном времени, что позволяет создавать мониторинговые системы ЛДФ для анализа всего спектра ритмических процессов в капиллярах [5, 6]. А поскольку кровоснабжение пародонта мелкими сосудами обеспечивает его трофическую функцию, исследование данной области позволяет оценить возможность выздоровления пародонтального аппарата после проведения стоматологических манипуляций.

При создании ЛДФ перед учёными стояла задача изобрести новый и прогрессивный метод диагностики *in vivo*, позволяющий зарегистрировать изменения в тканях с помощью анализа изменений в микроциркуляторном русле.

Таблица 1. Сравнительная характеристика показателей при проведении лазерной доплеровской флоуметрии в группах I–III**Table 1.** Comparative characterization of parameters during laser Doppler flowmetry in groups I–III

Показатели	I группа	II группа	III группа
ADMA, мкмоль/л, М (SD)	0,35 (0,08)	0,46 (0,09)	0,43 (0,05)
Количество клеток соединительной ткани в поле зрения, Ме [Q1; Q3]	75,8 [74,2; 77,6]	67,1 [65,7; 67,3]	69,4 [66,9; 70,5]
Относительная площадь соединительной ткани, %, М (SD)	82,3 (2,4)	84,8 (1,6)	88,6 (2,8)
Площадь поперечного сечения кровеносных сосудов, %, Ме [Q1; Q3]	12,4 [12,1; 12,7]	6,9 [5,8; 8,1]	5,8 [5,7; 7,1]
Относительная площадь мышечной ткани, %, М (SD)	5,8 (1,4)	4,9 (0,8)	3,7 (1,2)
Толщина эпителиального слоя, %, Ме [Q1; Q3]	25,6 [24,8; 26,4]	17,9 [17,7; 18,2]	11,2 [10,7; 11,8]

Примечание: ADMA — асимметричный диметиларгинин.

Note: ADMA — asymmetric dimethylarginine.

Таблица 2. Сравнительная характеристика показателей при проведении лазерной доплеровской флоуметрии в группе IV в разные сроки**Table 2.** Comparative characterization of parameters during laser Doppler flowmetry in group IV at different terms

Показатель	Срок, сут		
	14	30	60
Лейкоциты в поле зрения	40,2 (1,1)	15,6 (2,0)	3,0 (3,0; 3,1)
Количество клеток соединительной ткани в поле зрения, М (SD), Ме [Q1; Q3]	63,1 (2,0)	60,1 [59,7; 62,7]	60,0 (1,2)
Относительная площадь соединительной ткани, %, М (SD)	61,1 (1,7)	70,7 (0,8)	71,1 (0,3)
Площадь поперечного сечения кровеносных сосудов, %, Ме [Q1; Q3]	2,0 [2,0; 2,2]	4,1 [4,0; 5,0]	6,0 [4,2; 6,3]
Относительная площадь мышечной ткани, %, М (SD), Ме [Q1; Q3]	3,4 (0,4)	4,0 [4,0; 4,2]	5,0 [4,9; 5,4]
Толщина эпителиального слоя, %, М (SD), Ме [Q1; Q3]	12,1 [11,9; 12,7]	14,4 (1,7)	15,1 [14,0; 15,4]

Таблица 3. Сравнительная характеристика показателей при проведении лазерной доплеровской флоуметрии в группе V в разные сроки**Table 3.** Comparative characterization of parameters during laser Doppler flowmetry in group V in different terms

Показатель	Срок, сут		
	14	30	60
Лейкоциты в поле зрения, М (SD)	39,9 (1,1)	11,3 (2,4)	3,1 (0,1)
Количество клеток соединительной ткани в поле зрения, М (SD)	65,1 (1,1)	66,8 (0,9)	68,3 (1,2)
Относительная площадь соединительной ткани, %, М (SD)	63,4 (2,6)	72,8 (1,2)	80,1 (0,7)
Площадь поперечного сечения кровеносных сосудов, %, М (SD)	3,5 (0,9)	5,5 (1,2)	8,2 (0,3)
Относительная площадь мышечной ткани, %, М (SD)	4,1 (0,6)	5,2 (1,4)	5,9 (0,4)
Толщина эпителиального слоя, %, М (SD)	13,3 (0,5)	14,5 (2,7)	18,1 (2,2)

С этой целью был проведён ряд исследований, которые дали начало эффективному методу диагностики, имеющему следующие физические основы:

- лазерный свет проникает в ткани на несколько миллиметров, достаточных для детектирования сигнала;
- эффект Допплера отражает способность движущихся в крови эритроцитов «рикошетировать» лазерное излучение, что позволяет определить интенсивность микроциркуляции в исследуемом участке тела;
- флоуметрия означает регистрацию изменений потока крови микроциркуляторного русла, связанных

с наличием в крови форменных элементов, гемоглобина, билирубина и других соединений [7, 8].

Таким образом, ЛДФ с помощью световодного зонда, состоящего из трёх моноволокон, отражает и регистрирует постоянные и переменные сигналы и далее с помощью интегрального индекса микроциркуляции выводит их на экран.

Основной исход исследования

После разделения лабораторных крыс на группы и проведения эксперимента установлено, что ХТИ негативно повлияла на сроки заживления десны в условиях

как без моделирования рецессии десны (II группа), так и при её наличии (III группа). Однако после устранения рецессии десны методом ЛДФ было замечено минимальное уменьшение клеток соединительной ткани в IV группе и постепенное восстановление этих показателей в V группе.

Статистический анализ

Статистическую обработку полученных результатов проводили с использованием пакетов прикладных программ Statistica 8.0 для Windows (StatSoft Russia). Для проверки совпадения распределения исследуемых количественных показателей с нормальным в группах использовали критерий Шапиро–Уилка. Описательные статистики включали методы параметрического (среднее арифметическое и стандартное отклонение) и непараметрического (медианы и квартили) анализа. Оценку различий между выборками проводили с использованием критерия Стьюдента (при соответствии нормального распределения признака) и U-критерия Манна–Уитни (при отсутствии согласия данных с нормальным распределением). Критический уровень значимости $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Сравнительная характеристика количества клеток соединительной ткани и толщины эпителиального слоя групп I–III показывает существенное уменьшение показателей у крыс из групп с ХТИ и рецессией десны: от 75,8 до 67,1 клеток соединительной ткани в поле зрения и от 25,6 до 11,2% соответственно (табл. 1). В IV группе, где было проведено устранение рецессии десны в условиях табачной интоксикации, наблюдается минимальное уменьшение количества клеток соединительной ткани: с 63,1 в поле зрения до 60,0 в поле зрения с одновременной нормализацией эпителиального слоя до 15,1%, который к 60-му дню не достигает уровня 25,6%, что совпадает с показателями в контрольной группе (табл. 2). В V группе произошли качественные сдвиги в сторону восстановления клеток соединительной ткани и улучшения состояния эпителиального слоя до 68,3 в поле зрения и 18,1% соответственно (табл. 3).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведённый эксперимент доказывает эффективность метода ЛДФ в диагностике негативного влияния табачного курения на состояние пародонта, в частности при наличии рецессий десны и иных заболеваний пародонта. Ликвидация табачного дыма ускоряет процессы реконвалесценции и заживления пародонтального комплекса, способствует восстановлению трофической, опорно-амортизирующей, барьерной функций данных тканей, что при использовании в клинической практике сможет

положительно влиять на качество жизни больных пародонтитом.

Использование метода ЛДФ обеспечивает раннюю диагностику заболеваний пародонта и позволяет своевременно обнаружить течение патологического процесса в данных тканях.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. Д.А. Трунин и Е.Д. Костригина — проведение экспериментальных работ, подготовка текста статьи; О.А. Рубаненко — разработка концепции исследования, постановка цели и задач; Ю.М. Замятин — написание текста и редактирование статьи; М.М. Сунцева — формулирование идеи; А.Д. Еремеева — сбор и анализ литературных источников. Все авторы одобрили рукопись (версию для публикации), а также согласились нести ответственность за все аспекты работы, гарантируя надлежащее рассмотрение и решение вопросов, связанных с точностью и добросовестностью любой её части.

Благодарности. Выражаем благодарность декану факультета «Стоматология» Пензенского государственного университета Ларисе Алексеевне Зюлькиной. Хотим также выразить благодарность ректору Самарского государственного медицинского университета Андрею Вячеславовичу Ерёмину.

Этическая экспертиза. Эксперимент с участием лабораторных животных был согласован с локальным этическим комитетом Пензенского государственного университета, что подтверждено протоколом № 5 от 01 марта 2019 года.

Источники финансирования. Отсутствуют.

Раскрытие интересов. Авторы заявляют об отсутствии отношений, деятельности и интересов за последние три года, связанных с третьими лицами (коммерческими и некоммерческими), интересы которых могут быть затронуты содержанием статьи.

Оригинальность. При создании настоящей работы авторы не использовали ранее опубликованные сведения (текст, иллюстрации, данные).

Доступ к данным. Все данные, полученные в настоящем исследовании, доступны в статье.

Генеративный искусственный интеллект. При создании настоящей статьи технологии генеративного искусственного интеллекта не использовали.

Рассмотрение и рецензирование. Настоящая работа подана в журнал в инициативном порядке и рассмотрена по обычной процедуре. В рецензировании участвовали два внешних рецензента, член редакционной коллегии и научный редактор издания.

ADDITIONAL INFORMATION

Author contributions. D.A. Trunin and E.D. Kostrigina — conducting experimental work, preparing an article; O.A. Rubanenko — development of the research concept, setting goals and objectives; Y.M. Zamyatin — writing the text and editing the article; M.M. Suntseva — formulation of the idea; A.D. Ereemeeva — collection and analysis of literary sources. All authors have approved the manuscript (version for publication) and have also agreed to be responsible for all aspects of the work, ensuring that issues related to the accuracy and integrity of any part of it are properly addressed and resolved.

Acknowledgments. We would like to express our gratitude to Larisa Alekseevna Zyulkina, Decan of the Faculty of Dentistry at Penza State University. We would also like to express our gratitude to Andrey V. Eremin, Rector of Samara State Medical University.

Ethics approval. The experiment involving laboratory animals was agreed with the local ethical committee of Penza State University, which is confirmed by protocol No. 5 dated March 01, 2019.

Funding sources. No funding.

Disclosure of interests. The authors have no relationships, activities or interests for the last three years related with for-profit or not-for-profit third parties whose interests may be affected by the content of the article.

Statement of originality. The authors did not use previously published information (text, illustrations, data) to create this paper.

Data availability statement. All data obtained in the present study are available in the article.

Generative AI. Generative AI technologies were not used for this article creation.

Provenance and peer-review. This paper was submitted to the journal on an initiative basis and reviewed according to the usual procedure. Two external reviewers, a member of the editorial board and the scientific editor of the publication participated in the review.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

1. Zharkikh EV, Makovik IN, Potapova EV, et al. Optical noninvasive diagnostics of the functional state of microcirculatory bed in patients with disorders of peripheral haemodynamics. *Regionarnoe krovoobrashchenie i mikrocirkuljacija*. 2018;17(3):23–32. doi: 10.24884/1682-6655-2018-17-3-23-32 EDN: YAUOQH
2. Low DA, Jones H, Cable NT, et al. Historical reviews of the assessment of human cardiovascular function: interrogation and understanding of the control of skin blood flow. *J Appl Physiol*. 2020;120(1):1–16. doi: 10.1007/s00421-019-04246-y EDN: JAWLMD
3. Khnykina YK, Sevastyanova DI. Tobacco use in different age groups. *Bulletin of Medical Conferences*. 2019;7(6):1074. (In Russ.)
4. Sorelli M, Francia P, Bocchi L, et al. Assessment of cutaneous microcirculation by laser Doppler flowmetry in type 1 diabetes. *Microvasc Res*. 2019;124:91–96. doi: 10.1016/j.mvr.2019.04.002 EDN: SGBALA

5. Lapitan DG, Rogatkin DA. Functional studies on blood microcirculation system with laser Doppler flowmetry in clinical medicine: problems and prospects. *Almanac of Clinical Medicine*. 2016;44(2):249–259. doi: 10.18786/2072-0505-2016-44-2-249-259
6. Ocampo-Garza SS, Villarreal-Alarcón MA, Villarreal-Treviño AV, Ocampo-Candiani J. Capillaroscopy: a valuable diagnostic tool. *Actas Dermo-Sifiliográficas (English Edition)*. 2019;110(5):347–352. doi: 10.1016/j.adengl.2019.04.009
7. Baboshina NV. Parameters of microcirculation in both sexes at different ages. *Human Physiology*. 2018;44(4):466–473. doi: 10.1134/S0131164618040161 EDN: XZZHOH
8. Mahajan A, Goyal L, Asi KS, et al. Clinical effectiveness of periosteal pedicle graft for the management of gingival recession defects — a systematic review and meta-analysis. *Evidence-Based Dentistry*. 2023;24:93–94. doi: 10.1038/s41432-023-00898-0

ОБ АВТОРАХ

* **Замятин Юрий Михайлович;**

адрес: Россия, 440026, Пенза, ул. Красная, д. 40;

ORCID: 0009-0008-0683-2656;

eLibrary SPIN: 2575-4492;

e-mail: yuran-best@yandex.ru

Трунин Дмитрий Александрович, д-р мед. наук, профессор;

ORCID: 0000-0002-7221-7976;

eLibrary SPIN: 5951-4659;

e-mail: trunin-027933@yandex.ru

Костригина Екатерина Дмитриевна;

ORCID: 0000-0002-8232-5153;

eLibrary SPIN: 2173-4313;

e-mail: KostriginaED1987@yandex.ru

Рубаненко Олеся Анатольевна, д-р мед. наук, доцент;

ORCID: 0000-0001-9351-6177;

eLibrary SPIN: 1546-2237;

e-mail: dmib@samsmu.ru

Сунцева Мария Михайловна;

ORCID: 0009-0002-0025-5276;

e-mail: mashakurbatova2346@gmail.com

Еремеева Анастасия Дмитриевна;

ORCID: 0009-0003-1983-5868;

e-mail: anasteysha.eremeeva@bk.ru

AUTHORS' INFO

* **Yuri M. Zamyatin;**

address: 40 Krasnaja st, Penza, Russia, 440026;

ORCID: 0009-0008-0683-2656;

eLibrary SPIN: 2575-4492;

e-mail: yuran-best@yandex.ru

Dimitry A. Trunin, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor;

ORCID: 0000-0002-7221-7976;

eLibrary SPIN: 5951-4659;

e-mail: trunin-027933@yandex.ru

Ekaterina D. Kostrigina;

ORCID: 0000-0002-8232-5153;

eLibrary SPIN: 2173-4313;

e-mail: KostriginaED1987@yandex.ru

Olesya A. Rubanenko, MD, Dr. Sci. (Medicine), Associate Professor;

ORCID: 0000-0001-9351-6177;

eLibrary SPIN: 1546-2237;

e-mail: dmib@samsmu.ru

Maria M. Suntseva;

ORCID: 0009-0002-0025-5276;

e-mail: mashakurbatova2346@gmail.com

Anastasia D. Eremeeva;

ORCID: 0009-0003-1983-5868;

e-mail: anasteysha.eremeeva@bk.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author