DOI: https://doi.org/10.17816/KMJ633480 EDN: EHLKWX

Использование лазерной допплеровской флоуметрии при ранней диагностике локализованного пародонтита травматической этиологии

А.В. Смирнова[1], М.В. Белов[2], Д.А. Кузьмина[3,4], Т.П. Корсакова[2], А.К. Иорданишвили[5]

[1] Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова, г. Санкт-Петербург, Россия;
[2] Санкт-Петербургский медико-социальный институт, г. Санкт-Петербург, Россия;
[3] Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет, г. Санкт-Петербург, Россия;
[4] Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Россия;
[5] Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова, г. Санкт-Петербург, Россия

АННОТАЦИЯ

Актуальность. Лазерная допплеровская флоуметрия — эффективный метод диагностики начальной стадии пародонтита.

Цель. Провести оценку гемомикроциркуляции с использованием лазерной допплеровской флоуметрии у пациентов с локализованным пародонтитом травматической этиологии лёгкой и средней степени тяжести.

Материал и методы. Проведена оценка пародонта у пациентов с локализованным пародонтитом лёгкой (102 человека) и средней (67 человек) степени тяжести. Выполнили стандартное клиническое обследование, с помощью лазерной допплеровской флоуметрии изучали уровень и интенсивность кровотока в пародонте, вазомоторную активность микрососудов (общий показатель микроциркуляции, значение среднеквадратического отклонения колебаний перфузии, коэффициент вариации, показатель шунтирования). Данные обработали статистическими методами (точный критерий Фишера, Т-тест Стьюдента, расчёт относительного риска).

Результаты. Зафиксировано уменьшение средней величины перфузии тканей пародонта при локализованном пародонтите в зоне патологического очага по сравнению с тестовой зоной (участок клинически здорового пародонта на противоположной симметричной стороне челюсти) как при лёгкой, так и при средней степени тяжести. Так, при лёгкой степени тяжести перфузия составила 10,4±2,01 пф. ед. в зоне патологии и 15,28±1,16 пф. ед. в тестовой зоне (p <0,001); при средней степени — 7,01±0,97 и 13,98±0,83 пф. ед. соответственно (p <0,001). Коэффициент вариации также был ниже в зоне патологии: при лёгкой степени — 12,16±2,2 против 13,56±5,0 (p <0,001); при средней степени — 10,32±1,63 против 15,54±3,8 (p <0,001). Определено уменьшение уровня среднеквадратического отклонения: при лёгкой степени — 1,38±0,32 в зоне патологии и 1,59±0,65 в тестовой зоне (p <0,001); при средней степени — 1,35±0,17 и 1,65±0,44 соответственно (p <0,001). Кроме того, отмечено увеличение количества функционирующих артериоло-венулярных шунтов: при лёгкой степени — 1,20±0,08 в зоне патологии и 0,84±0,05 в тестовой зоне (p <0,001); при средней степени — 1,09±0,09 и 0,91±0,12 соответственно (p <0,001).

Заключение. Нарушения гемомикроциркуляции при локализованном пародонтите травматической этиологии происходят уже на ранней стадии заболевания, на доклиническом уровне. Независимо от степени тяжести заболевания уровень перфузии тканей в зоне патологического очага снижается и уменьшается количество функционирующих капилляров, что приводит к застойным явлениям в пародонте.

Ключевые слова: локализованный пародонтит травматической этиологии; лазерная допплеровская флоуметрия; перфузия тканей пародонта.

Как цитировать:
Смирнова А.В., Белов М.В., Кузьмина Д.А., Корсакова Т.П., Иорданишвили А.К. Использование лазерной допплеровской флоуметрии при ранней диагностике локализованного пародонтита травматической этиологии // Казанский медицинский журнал. 2025. DOI: 10.17816/KMJ633480 EDN: EHLKWX

Рукопись получена: 17.06.2024 **Рукопись одобрена**: 20.11.2024 **Опубликована online**: 27.06.2025

ЭКО•ВЕКТОР

Все права защищены
© Эко-Вектор, 2025

DOI: https://doi.org/10.17816/KMJ633480 EDN: EHLKWX

Laser Doppler Flowmetry for the Early Diagnosis of Localized Traumatic Periodontitis

Aleksandra V. Smirnova[1], Maksim V. Belov[2], Diana A. Kuzmina[3,4], Tatyana P. Korsakova[2], Andrey K. Iordanischvili[5]

[1] North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, Saint-Petersburg, Russia;
[2] Saint-Petersburg Medico-Social Institute, Saint-Petersburg, Russia;
[3] Saint-Petersburg State Pediatric Medical University, Saint-Petersburg, Russia;
[4] Saint-Petersburg State University, Saint-Petersburg, Russia;
[5] Kirov Military Medical Academy, Saint-Petersburg, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: Laser Doppler flowmetry is an effective method for the diagnosis of initial periodontitis.

AIM: To evaluate the microcirculation using laser Doppler flowmetry in patients with mild and moderate localized traumatic periodontitis.

METHODS: We evaluated the periodontium in patients with mild (102 participants) and moderate (67 participants) localized periodontitis. We performed a standard physical examination and used laser Doppler flowmetry to investigate the level and intensity of periodontal circulation and microvascular vasomotor activity (general microcirculation index, standard deviation of perfusion fluctuations, coefficient of variation, and shunting index). The data were processed using statistical methods (Fisher's exact test, Student's *t* test, risk ratio calculation).

RESULTS: We recorded a reduction in the average periodontal perfusion in both mild and moderate localized periodontitis in the lesion region compared with the test region (an area of clinically healthy periodontium on the contralateral jaw). For example, in mild periodontitis, perfusion was 10.4 ± 2.01 PFU in the lesion region and 15.28 ± 1.16 PFU in the test region ($p < 0.001$); in moderate periodontitis, perfusion was 7.01 ± 0.97 PFU and 13.98 ± 0.83 PFU, respectively ($p < 0.001$). The coefficient of variation was also lower in the lesion region: 12.16 ± 2.2 and 13.56 ± 5.0 ($p < 0.001$) in mild periodontitis and 10.32 ± 1.63 and 15.54 ± 3.8 ($p < 0.001$) in moderate periodontitis. We identified a lower standard deviation: in mild periodontitis, it was 1.38 ± 0.32 in the lesion region and 1.59 ± 0.65 in the test region ($p < 0.001$), and in moderate periodontitis, it was 1.35 ± 0.17 and 1.65 ± 0.44, respectively ($p < 0.001$). In addition, we observed an increased number of functional arteriole-venular shunts: in mild periodontitis, this number was 1.20 ± 0.08 in the lesion region and 0.84 ± 0.05 in the test region ($p < 0.001$), and in moderate periodontitis, it was 1.09 ± 0.09 and 0.91 ± 0.12, respectively ($p < 0.001$).

CONCLUSION: Abnormal microcirculation in localized traumatic periodontitis occurs even at the initial stage of the disease (i.e., at the preclinical level). Regardless of the severity, tissue perfusion in the lesion region is reduced and the number of functional capillaries is decreased, leading to congestion in the periodontium.

Keywords: localized traumatic periodontitis; laser Doppler flowmetry; periodontal perfusion.

To cite this article:
Smirnova AV, Belov MV, Kuzmina DA, Korsakova TP, Iordanishvili AK. Laser doppler flowmetry for the early diagnosis of localized traumatic periodontitis. *Kazan Medical Journal.* 2025. DOI: 10.17816/KMJ633480 EDN: EHLKWX

Submitted: 17.06.2024 **Accepted:** 20.11.2024 **Published online:** 27.06.2025

ECO•VECTOR

All rights reserved
© Eco-Vector, 2025

АКТУАЛЬНОСТЬ

Основным патогенетическим звеном при заболеваниях пародонта являются изменения в микроциркуляторном русле [1]. Воспаление в области пародонтальных карманов на начальном уровне заболевания едва различимо [1]. Лазерная допплеровская флоуметрия (ЛДФ) наряду с другими функциональными методами исследования позволяет рассмотреть механизм развития заболеваний челюстно-лицевой области. Этот метод используют при диагностике различных соматических и стоматологических заболеваний [2]. В настоящее время установлена взаимосвязь пародонтита с более чем 50 системными болезнями [3–7]. В прогрессировании пародонтита активно участвуют вирусы герпеса и специфические бактериальные патогены, которые запускают провоспалительные иммунные реакции и увеличивают риск и тяжесть системных заболеваний организма [3].

Показано, что методика ЛДФ неинвазивна, проста, характеризует статус микроциркуляции в тканях пародонта ещё на доклиническом уровне [8], позволяет прослеживать процессы заживления после оперативного вмешательства [9] и является дополнительным методом исследования. В сочетании с клиническими методами она может использоваться для оценки здоровья краевого пародонта [10].

Определение степени микрокровотока в пародонте с использованием ЛДФ проводят при ортодонтическом лечении, в процессе которого кровоток может увеличиваться до 3 раз [1]. При использовании зубной щётки или полоскании рта в тканях пародонта кратковременно увеличивается микрокровоток на 60% от первоначального состояния и усиливается метаболизм в тканях [11, 12]. Такое увеличение сохраняется даже на протяжении последующих 14 дней после чистки зубов [13]. Весомый вклад в развитие заболевания вносит травматический фактор. Сильное сжатие челюстей (кленчинг) приводит к ишемии прикреплённой десны вследствие сжатия сосудистой стенки периодонтальной связки зуба [14]. Из-за реактивной гиперемии, возникающей после окончания сжатия челюстей, кровообращение в тканях может не только восстановиться, но и повредить ткани из-за реперфузии. Таким образом, окклюзионная коррекция очень важна для предотвращения окклюзионной травмы и негативных воздействий на ткани пародонта [14]. Изучено влияние местного нагревания тканей пародонта с помощью галогеновой лампы или тёплого солевого раствора, что выражается в увеличении скорости кровотока из-за пикового расхода и амплитуды импульса потока крови [15].

Возможность оценки влияния миогенного и нейрогенного компонента тонуса микрососудов слизистой оболочки рта (СОР) наиболее ярко осуществляется через вейвлет-анализ записей данных ЛДФ. Возбуждение α-адренорецепторов мембран гладкомышечных миоцитов сосудистых стенок приводит к вазоконстрикции сосудов [16]. Если снижается амплитуда флуктуаций на ЛДФ-грамме, то это означает, что тонус и ригидность сосудистой стенки повысились [16, 17].

Таким образом, применение неинвазивных методов диагностики локализованных воспалительных процессов в пародонте является важной задачей предупреждения прогрессирования заболевания.

Цель исследования — на основании лазерной допплеровской флоуметрии оценить показатели гемомикроциркуляции при локализованном пародонтите травматической этиологии (ЛПТЭ) лёгкой и средней степени тяжести.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В клиническом исследовании, проведённом в СЗГМУ им. И.И. Мечникова на кафедре стоматологии общей практики в 2016–2019 гг., участвовали 169 пациентов (средний возраст — 60,4±0,3 года, 21 мужчина и 148 женщин) с диагнозом ЛПТЭ (К06.2 по Международной классификации болезней 10-го пересмотра) лёгкой (102 человека) и средней (67 человек) степени тяжести. Научный дизайн клинического исследования — проспективное, рандомизированное контролируемое исследование параллельных групп.

Критерии включения:

- пациенты с локализованным пародонтитом травматической этиологии;
- возраст 45–70 лет.

Критерии исключения:

- патологии мягких тканей полости рта (уздечки, тяжи);
- патологические виды прикуса;
- генерализованный пародонтит.

При клиническом обследовании пациентов выясняли жалобы, сопутствующие соматические заболевания, оценивали стоматологический статус, определяли индекс гигиены полости рта, глубину пародонтальных карманов, причины и давность возникновения заболевания, характер течения и частоту обострений, а также эффект от проведённого ранее лечения. Особенное внимание уделяли качеству индивидуальной гигиены полости рта, оценке имеющихся ортопедических конструкций и пломб. Нарушение биологической ширины, наличие суперконтактов и дефекты межзубных контактных пунктов являлись травматическими факторами для возникновения локализованного пародонтита.

На диагностическом этапе исследования у пациентов изучали состояние микрокровотока в тканях пародонта с использованием метода лазерной допплеровской флоуметрии (аппарат ЛАКК-01, Россия), с последующей обработкой данных на персональном компьютере. Пациенты находились в стоматологическом кресле в положении сидя. За 1 ч до исследования не рекомендовали принимать пищу и советовали по возможности исключить психоэмоциональное напряжение.

DOI: https://doi.org/10.17816/KMJ633480

Таблица 1. Дефекты контактного пункта у пациентов с лёгкой и средней степенью тяжести локализованного пародонтита травматической этиологии

Table 1. Contact point defects in patients with mild and moderate localized traumatic periodontitis

Дефекты контактного пункта, мм	Лёгкая степень (n=102)		Средняя степень (n=67)		*p*	RR	95%ДИ	*p* (RR)
	абс.	% (95%ДИ)	абс.	% (95%ДИ)				
0,1–0,5	67	65,7 (56,1–74,7)	20	29,9 (19,4–41,5)	<0,001	Референтная категория		
0,6–1,0	33	32,4 (23,6–41,8)	41	61,2 (49,1–72,6)	<0,001	2,41	1,56–3,73	<0,001
1,1–1,5	2	2,0 (0,2–5,6)	6	9,0 (3,3–17,1)	0,059*	3,26	1,87–5,68	<0,001

Примечание. * Значимость точного критерия Фишера. χ^2=98,11; *p* <0,001; C=0,53

Исследуемые области — слизистая оболочка в зоне патологического воспалительного очага и симметричная (далее описанная как тестовая зона) область с клинически здоровым пародонтом на этой же челюсти. Изучаемые параметры: миогенный (МТ) и нейрогенный тонус (НТ) микрососудов, показатель шунтирования (ПШ), общий показатель микроциркуляции (ПМ), значение среднеквадратического отклонения колебаний перфузии (σ) и коэффициент вариации (%) (Kv). Зонд лазерного анализатора устанавливали перпендикулярно поверхности слизистой оболочки в области изучаемого зуба без давления на десну, время исследования — 1 мин. Для точного расположения зонда лазерного анализатора и снижения влияния помех на сигнал использовали силиконовые ключи из оттискного материала высокой вязкости, изготовленные на диагностическом этапе, в котором было сделано отверстие для размещения датчика в средней трети корня. Данные обработаны статистическими методами [точный критерий Фишера, Т-тест Стьюдента. Расчёт относительного риска (RR — relative risk)] выполнен с использованием пакета программ Statistica.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Длительность заболевания у пациентов ЛПТЭ составляла от 1 года до 8 лет (среднее значение — 3,8±0,1 года при лёгкой, 4,9±0,3 года при средней степени тяжести ЛПТЭ). В 81,3% случаев пациенты проходили лечение по поводу кариеса, имели пломбы (61,6%) или ортопедические конструкции (19,7%). Только 42,6% пациентов понимали принципы здорового образа жизни и необходимости соблюдения личной гигиены и гигиены полости рта. При отсутствии выраженных симптомов заболевания пациенты не обращались за медицинской помощью, что приводило к утяжелению степени тяжести заболевания.

При анкетировании пациентов с ЛПТЭ было выявлено, что все 100,0% из них регулярно чистят зубы. Один раз в день это делают 20,6% пациентов с лёгкой и 44,8% со средней степенью тяжести ЛПТЭ; 2 раза в день — 79,4% пациентов с лёгкой и 55,2% пациентов со средней степенью тяжести ЛПТЭ.

У пациентов с дефектами межзубных контактных пунктов (неплотный контакт, наличие промежутка) были выявлены статистически значимые связи между этим показателем и тяжестью течения ЛПТЭ (*p* <0,001). При лёгкой степени тяжести ЛПТЭ у более половины (59,7%) пациентов промежуток между зубами составлял 0,1–0,5 мм, промежуток бóльшего размера (0,6 до 1,0 мм) зафиксирован у пациентов с лёгкой степенью в 2 (32,4%) раза реже (*p* <0,001). При средней степени тяжести ЛПТЭ, наоборот, частота встречаемости межзубного промежутка 0,6–1,0 мм в 2 раза выше по сравнению с пациентами, у которых размер промежутка между зубами был от 0,1 до 0,5 мм (61,2 и 29,9% соответственно, *p* <0,001) (табл. 1).

Анализ жалоб у пациентов с ЛПТЭ показал, что 27,5% пациентов с лёгкой и 53,7% пациентов со средней степенью тяжести отмечали болевые ощущения после приёма пищи и во время чистки зубов. Результаты опроса представлены на рис. 1.

Изучение результатов исследования микрокровотока в тканях пародонта при ЛПТЭ позволило выявить следующие изменения (табл. 2).

У пациентов с лёгкой степенью тяжести ЛПТЭ в зоне патологического очага средняя величина показателя микроциркуляции тканей пародонта 1,4 раза (*p* <0,001) ниже в сравнении с тестовой зоной, в то время как у пациентов со средней степенью тяжести ЛПТЭ этот показатель был ниже относительно показателя микроциркуляции тестовой зоны на 50,1% (*p* <0,001).

При лёгкой степени ЛПТЭ основные амплитуды колебаний стенок микрососудов снижались незначительно. Происходившие изменения миогенного и нейрогенного тонуса микрососудов находили отражение в уменьшении диаметра просвета сосудов пародонта микроциркуляторного русла, прямо пропорционально увеличивая их жёсткость, что снижало общую подачу крови к месту воспаления и способствовало формированию застойно-ишемических явлений.

При сравнении вариативности кровотока в тканях пародонта в соответствии с изменением среднеквадратического отклонения (σ) определено значимое снижение его уровня в зоне патологического очага по сравнению с тестовой зоной, находящейся в пределах клинической нормы, при обеих степенях тяжести: на 14,5% при лёгкой степени тяжести ЛПТЭ и на 22,2% при средней степени тяжести ЛПТЭ. Выявлено существенное снижение

Таблица 2. Показатели микроциркуляции в тканях пародонта у пациентов при локализованном пародонтите травматической этиологии разной степени тяжести (M±δ)

Table 2. Periodontal microcirculation in patients with localized traumatic periodontitis of different severity (M ± δ)

Показатель, пф. ед.	Лёгкая степень тяжести, n=102			Средняя степень тяжести, n=67		
	Зона патологии	Тестовая зона	*p*	Зона патологии	Тестовая зона	*p*
ПМ	10,40±2,01	15,28±1,16	<0,001	7,01±0,97	13,98±0,83	<0,001
Kv	12,16±2,2	13,56±5,00	0,010	10,32±1,63	15,54±3,8	<0,001
СКО	1,38±0,32	1,59±0,65	0,038	1,35±0,17	1,65±0,44	<0,001
НТ	2,45±0,58	2,42±1,35	0,84	2,4±0,94	2,31±0,45	0,48
МТ	2,97±1,74	2,07±0,54	<0,001	2,56±0,9	2,17±0,72	0,0064
ПШ	1,20±0,08	0,84±0,15	<0,001	1,09±0,09	0,91±0,12	<0,001

Примечание. пф. ед. — перфузионные единицы. ПМ — показатель микроциркуляции; Kv — коэффициент вариации; СКО — среднеквадратическое отклонение; НТ — нейрогенный тонус; МТ — миогенный тонус; ПШ — показатель шунтирования.

Таблица 3. Риск развития локализованного пародонтита травматической этиологии разной степени тяжести в зависимости от кратности ухода за полостью рта

Table 3. Risk of localized traumatic periodontitis of different severity depending on the frequency of oral care

Гигиена полости рта	Степень тяжести				RR	95%ДИ	*p*
	средняя		лёгкая				
	Количество (n)	%	Количество (n)	%			
Менее 2 раз в день	30	44,8	21	20,6	1,85	1,32–2,67	0,0005
2 раза в день	37	55,2	81	79,4			
χ^2=11,23; *p* <0,001; C=0,35							

Примечание здесь и в табл. 2. RR — относительный риск; ДИ — доверительный интервал.

коэффициента вариации (Kv) при средней степени тяжести ЛПТЭ на 50,5%, а при лёгкой степени тяжести отмечается снижение данного показателя всего на 11,5% (*p* <0,001).

Оценка нейрогенного и миогенного тонуса микрососудов позволила выявить тенденции ответа сосудистой стенки при воспалении и клинически здоровом пародонте — повышение миогенного тонуса при обеих степенях тяжести ЛПТЭ: с 2,07±0,54 до 2,97±1,74 (*p* <0,001) при лёгкой и с 2,17±0,72 до 2,56±0,9 (*p*=0,0064) при средней степени ЛПТЭ.

Отмечено заметное повышение количества функционирующих артериоло-венулярных шунтов на 42,8% при лёгкой и на 19,8% при средней степени тяжести ЛПТЭ (*p* <0,001).

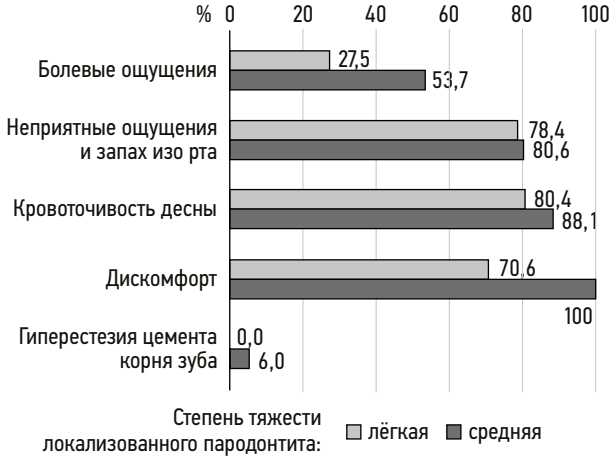

Рис. 1. Распределение жалоб у пациентов при лёгкой и средней степени тяжести локализованного пародонтита травматической этиологии.

Fig. 1. Distribution of complaints among patients with mild and moderate localized traumatic periodontitis.

ОБСУЖДЕНИЕ

Таким образом, на основании анализа данных гигиены полости рта у пациентов с локализованным пародонтитом травматической этиологии лёгкой и средней степени тяжести установлено, что частота гигиены полости рта значимо влияет на степень тяжести ЛПТЭ (χ^2=11,23; *p* <0,001; C=0,35). При отсутствии регулярной гигиены полости рта риск развития локализованного пародонтита средней степени тяжести увеличивается в 1,85 раза (RR=1,85 [1,32–2,67]) (см. табл. 3, рис. 1).

При наличии между зубами промежутка величиной от 0,6 до 1,0 мм более чем в 2 раза увеличивается риск развития заболевания средней степени тяжести и в 3,26 раза при наличии промежутка между зубами 1,1–1,5 мм. Контактный пункт величиной от 0,1 до 0,5 мм обладает

защитным действием от возникновения более тяжёлой степени ЛПТЭ (RR=0,40 [0,26–0,61], p <0,001) (см. табл. 2).

Анализ жалоб пациентов выявил причины дискомфорта у них во время приёма пищи, а именно: застревание пищевых волокон между зубами, расклинивание зубов и их смещение, сдавливание межзубного сосочка и возникновение неудобства во время жевания.

Оценка основных показателей микроциркуляции в зоне патологического очага по сравнению с тестовой зоной позволила выявить снижение количества функционирующих капилляров при лёгкой степени заболевания в 1,4 раза, а при средней степени ЛПТЭ — в 2 раза. Возрастание показателя шунтирования свидетельствовало о сбросе части крови сквозь артериоло-венулярные шунты, что способствовало формированию застойных явлений в очаге воспаления. Причём повышение влияния активного механизма регуляции (миогенный тонус) в зоне воспаления приводило к сужению микрососудов и ригидности стенки, что выражалось в формировании ишемии и пролонгации воспалительного процесса.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При ЛПТЭ независимо от степени тяжести отмечено снижение показателя микроциркуляции в зоне патологического очага, что подтверждают данные исследования. При этом уменьшение количества функционирующих капилляров в патологическом очаге сопровождается уменьшением среднего квадратичного отклонения и коэффициента вариации. Отмечено увеличение количества работающих артериоло-венулярных шунтов.

Снижение микрокровотока в пародонте в патологической зоне связано с уменьшением жевания из-за дискомфорта в данном участке, что является предпосылкой для развития воспалительного процесса и увеличения риска прогрессирования локализованного пародонтита.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. С.А.В. — проведение исследования, работа с данными, написание черновика, пересмотр и редактирование рукописи; Б.М.В. — работа с данными, написание черновика, пересмотр и редактирование рукописи; К.Д.А. — проведение исследования, работа с данными, пересмотр и редактирование рукописи; К.Т.П. — работа с данными, пересмотр и редактирование рукописи; И.А.К. — работа с данными, пересмотр и редактирование рукописи. 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. Авторы выражают признательность преподавателям кафедры стоматологии общей практики Северо-Западного государственного медицинского университета (Россия), а также проф. А.В. Силину (Институт стоматологии, СЗГМУ им. И.И. Мечникова, Россия) за критические замечания и помощь в подготовке черновика рукописи.

Этическая экспертиза. Проведение исследования одобрено локальным этическим комитетом СЗГМУ им. И.И. Мечникова (протокол № 9 от 21.10.2016). Все участники исследования добровольно подписали форму информированного согласия до включения в исследование.

Согласие на публикацию. Авторы получили письменное информированное добровольное согласие пациента на публикацию персональных данных, в т. ч. фотографий (с закрытием лица), в научном журнале, включая его электронную версию (дата подписания 15.11.2016). Объём публикуемых данных с пациентом согласован.

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 применены собственные данные контрольной группы (в полном объёме), а также изображения (рис. 1) и таблицы (1–3), использованные при написании текста диссертации на соискание учёной степени кандидата медицинских наук А.В. Смирновой.

Доступ к данным. Доступ к данным, полученным в настоящем исследовании, закрыт по причине конфиденциальности (наличия в базе данных сведений, на основании которых могут быть идентифицированы участники исследования и отсутствия их согласия на распространение этих сведений).

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 три внешних рецензента, член редакционной коллегии и научный редактор издания.

ADDITIONAL INFORMATION

Author contributions: S.A.V.: investigation, data curation, writing—original draft, writing—review & editing; B.M.V.: data curation, writing—original draft, writing—review & editing; K.D.A.: investigation, data curation, writing—review & editing; K.T.P.: data curation, writing—review & editing; I.A.K.: data curation, writing—review & editing. All the authors approved the version of the manuscript to be published and agreed to be accountable for all aspects of the work, ensuring that issues related to the accuracy or integrity of any part of the work are appropriately investigated and resolved.

Acknowledgments: The authors acknowledge the lecturers of the Department of General Dentistry of the North-Western State Medical University (Russia) and Prof. Aleksey V. Silin (Institute of Dentistry, I.I. Mechnikov North-Western State Medical University, Russia) for critique and assistance in writing the original draft.

Ethics approval: The study was approved by the local Ethics Committee of I.I. Mechnikov North-Western State Medical University (Minutes No. 9 dated October 21, 2016). All participants provided written informed consent before enrollment.

Consent for publication: Written informed consent was obtained from the patient for the publication of personal data, including photographs (with face obscured), in a scientific journal and its online version (signed on November 15, 2016). The scope of the published data was approved by the patient.

Funding sources: No funding.

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

Statement of originality: All proprietary control group data, images (Fig. 1), and Tables 1–3 used in the Ph.D. thesis in medicine written by A.V. Smirnova were reproduced in this article.

Data availability statement: Data obtained in this study are not available for confidentiality considerations (the database includes data allowing to identify the participants who did not provide their consent to share such data).

Generative AI: No generative artificial intelligence technologies were used to prepare this article.
Provenance and peer review: This paper was submitted unsolicited and reviewed following the standard procedure. The peer review process involved three external reviewers, a member of the editorial board, and the in-house scientific editor.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

1. Laredo-Naranjo MA, Patiño-Marín N, Martínez-Castañón GA, et al. Identification of gingival microcirculation using laser doppler flowmetry in patients with orthodontic treatment — a longitudinal pilot study. *Medicina*. 2021;57(10):1081. doi: 10.3390/medicina57101081 EDN: OBTQRE
2. Barkhatov IV. Application of laser Doppler flowmetry to assess violations of the human blood microcirculation system. *Kazan Medical Journal*. 2014;(1):63–69. doi: 10.17816/KMJ1458 EDN: RVBLUT
3. Slots J. Focal infection of periodontal origin. *Periodontol 2000*. 2019;79(1):233–235. doi: 10.1111/prd.12258
4. Czesnikiewicz-Guzik M, Osmenda G, Siedlinski M, et al. Causal association between periodontitis and hypertension: evidence from Mendelian randomization and a randomized controlled trial of non-surgical periodontal therapy. *Eur Heart J*. 2019;40(42):3459–3470. doi: 10.1093/eurheartj/ehz646 EDN: LNITSI
5. Ma L, Cao Z. Periodontopathogen-related cell autophagy-a double-edged sword. *Inflammation*. 2025;48(1):1–14. doi: 10.1007/s10753-024-02049-8 EDN: YZBQFR
6. Ruan Q, Guan P, Qi W, et al. Porphyromonas gingivalis regulates atherosclerosis through an immune pathway. *Front Immunol*. 2023;14:1103592. doi: 10.3389/fimmu.2023.1103592
7. Silva H. Tobacco use and periodontal disease — the role of microvascular dysfunction. *Biology*. 2021;10(5):441. doi: 10.3390/biology10050441 EDN: LVYKZC
8. Kovalenko ME, Tsyplakov VG, Khegai IaD. The use of laser doppler flowmetry in the planning of dental crowding treatment. *Youth Innovation Bulletin*. 2019;8(2):170–172. EDN: SDQMXY
9. Kouadio AA, Jordana F, Koffi NJ, et al. The use of laser doppler flowmetry to evaluate oral soft tissue blood flow in humans: a review. *Arch Oral Biol*. 2018;86:58–71. doi: 10.1016/j.archoralbio.2017.11.009
10. Davidian O, Davreshyan G, Kodzhakova F, et al. Assessment of microcirculation of intact periodontal tissues in children using laser doppler flowmetry. *Endodontics Today*. 2020;18(1):70-73. doi: 10.36377/1683-2981-2020-18-1-70-73
11. Min K, Bosma ML, John G, et al. Quantitative analysis of the effects of brushing, flossing, and mouthrinsing on supragingival and subgingival plaque microbiota: 12-week clinical trial. *BMC Oral Health*. 2024;24(1):575. doi: 10.1186/s12903-024-04362-y EDN: CLUVGI
12. Nathoo S, Mateo LR, Chaknis P, et al. Efficacy of two different toothbrush heads on a sonic power toothbrush compared to a manual toothbrush on established gingivitis and plaque. *J Clin Dent*. 2014;25(4):65–70.
13. Miron MI, Barcutean M, Luca RE, et al. The effect of changing the toothbrush on the marginal gingiva microcirculation in the adolescent population — a laser doppler flowmetry assessment. *Diagnostics*. 2022; 12(8):1830. doi: 10.3390/diagnostics12081830
14. Komaki S, Ozaki H, Takahashi SS, et al. Gingival blood flow before, during, and after clenching, measured by laser doppler blood flowmeter: a pilot study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2022;161(1):46–52. doi: 10.1016/j.ajodo.2020.06.045 EDN: KASBSK
15. Molnár E, Lohinai Z, Demeter A, et al. Assessment of heat provocation tests on the human gingiva: the effect of periodontal disease and smoking. *Acta Physiol Hung*. 2015;102(2):176–188. doi: 10.1556/036.102.2015.2.8
16. Makedonova YuA, Porojskij SV, Firsova IV, et al. Laser Doppler flowmetry for diseases of the oral mucosa. *Volgograd Scientific and Medical Journal*. 2016;(1):51–54. EDN: WYHQFF
17. Krechina EK, Guseva IE, Pogabalo IV, et al. Modern achievements of the functional diagnostics in dentistry. *Stomatologiia*. 2022;101(4):30–33. doi: 10.17116/stomat202210104130 EDN: EIKLSW

ОБ АВТОРАХ

*** Смирнова Александра Владимировна**, канд. мед. наук, ассистент, каф. стоматологии общей практики;
адрес: Россия, 191015, Санкт-Петербург, ул. Кирочная, д. 41;
ORCID: 0000-0002-6322-1906;
eLibrary SPIN: 6670-9147;
e-mail: sandra.08.03@mail.ru

Белов Максим Владимирович, старший преподаватель, каф. хирургической стоматологии и челюстно-лицевой хирургии;
ORCID: 0009-0007-3713-0000;
eLibrary SPIN: 9533-5268;
e-mail: maxim198407@mail.ru

Кузьмина Диана Алексеевна, д-р мед. наук, доцент, старший научный сотрудник, лаб. медико-социальных проблем в педиатрии, профессор, каф. стоматологии;
ORCID: 0000-0002-7731-5460;
eLibrary SPIN: 6791-3347;
e-mail: dianaspb2005@rambler.ru

Корсакова Татьяна Павловна, старший преподаватель, каф. хирургической стоматологии и челюстно-лицевой хирургии, каф. терапевтической стоматологии;
ORCID: 0009-0003-7896-976X;
eLibrary SPIN: 7554-6869;
e-mail: tatyanak534@mail.ru

Иорданишвили Андрей Константинович, д-р мед. наук, профессор, каф. челюстно-лицевой хирургии и хирургической стоматологии, главный учёный секретарь, МАНЭБ;
ORCID: 0000-0002-8026-0800;
eLibrary SPIN: 6752-6698;
e-mail: Professoraki@mail.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

AUTHORS' INFO

*** Aleksandra V. Smirnova**, MD, Cand. Sci. (Medicine), Assistant Lecturer, Depart. of General Practice Dentistry;
address: 41 Kirochnaya st, Saint-Petersburg, Russia, 191015;
ORCID: 0000-0002-6322-1906;
eLibrary SPIN: 6670-9147;
e-mail: sandra.08.03@mail.ru

Maksim V. Belov, Senior Lecturer, Depart. of Surgical Dentistry and Maxillofacial Surgery;
ORCID: 0009-0007-3713-0000;
eLibrary SPIN: 9533-5268;
e-mail: maxim198407@mail.ru

Diana A. Kuzmina, MD, Dr. Sci. (Medicine), Assistant Professor, senior research associate, Lab. of medical and social problems in pediatrics, Professor, Depart. of Dentistry;
ORCID: 0000-0002-7731-5460;
eLibrary SPIN: 6791-3347;
e-mail: dianaspb2005@rambler.ru

Tatyana P. Korsakova, Senior Lecturer, Depart. of Surgical Dentistry and Maxillofacial Surgery, Depart. of Therapeutic Dentistry;
ORCID: 0009-0003-7896-976X;
eLibrary SPIN: 7554-6869;
e-mail: tatyanak534@mail.ru

Andrey K. Iordanischvili, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor, Depart. of Maxillofacial Surgery and Surgical Dentistry, Chief Scientific Secretary, MANEB;
ORCID: 0000-0002-8026-0800;
eLibrary SPIN: 6752-6698;
e-mail: Professoraki@mail.ru