

Состояние микроциркуляции и выявление микроциркуляторных предикторов хронического болевого синдрома у пациентов молодого возраста без жалоб, с функциональными нарушениями жевательного аппарата на фоне дисплазии соединительной ткани

Статовская Е.Е.

Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова
Санкт-Петербург, Российская Федерация

Резюме

Актуальность. Пациентам с синдромом дисфункции височно-нижнечелюстного сустава изготавливают окклюзионные шины, влияющие на проприоцептивную чувствительность, сенсорные характеристики боли, параметры микроциркуляции пульпы зубов и пародонта. Необходимо оценить состояние микроциркуляции пульпы и пародонта интактных зубов у пациентов с синдромом дисфункции височно-нижнечелюстного сустава на фоне дисплазии соединительной ткани.

Материалы и методы. Обследованы 36 пациентов $26,3 \pm 1,3$ лет ($M \pm m$) с синдромом дисфункции височно-нижнечелюстного сустава, с дисплазией соединительной ткани ($n = 20$, основная группа) и без таковой ($n = 16$, контрольная группа); с естественными зубными рядами, без жалоб на состояние ВНЧС, жевательных мышц и пародонта. С помощью лазерной доплеровской флоуметрии анализировали параметры микроциркуляции – пародонта и пульпы интактных зубов. Полученные результаты обработали статистически.

Результаты. Вейвлет-анализ выявил различные графики регуляторных ритмов системы микроциркуляции: высокоамплитудный иррегулярный тип – у пациентов из основной группы, низкоамплитудный монотонный тип – в контрольной группе. В основной группе перфузия поддерживается высокими значениями флкса и вазомоторной активности, преобладают эрготропные симпатические влияния (регулируемые катехоламинами), пониженный миогенный тонус, имеются повышенные значения микрососудистого тонуса, отражающего возможные изменения реологических свойств крови, микроциркуляторные признаки болевого синдрома и относительно повышенный ишемический индекс в микроциркуляторном русле пульпы интактных зубов.

Заключение. Состояние микроциркуляции пародонта и пульпы зубов отражает сенсорные и регуляторные механизмы, которые можно расценивать в качестве ранних признаков воспаления и хронической боли при диагностике синдрома дисфункции височно-нижнечелюстного сустава у пациентов без жалоб.

Ключевые слова: синдром дисфункции височно-нижнечелюстных суставов, лазерный анализатор капиллярного кровотока, состояние микроциркуляции в пульпе и пародонте

Для цитирования: Статовская Е. Е. Состояние микроциркуляции и выявление микроциркуляторных предикторов хронического болевого синдрома у пациентов молодого возраста без жалоб, с функциональными нарушениями жевательного аппарата на фоне дисплазии соединительной ткани. Пародонтология.2020;25(4):308-316. <https://doi.org/10.33925/1683-3759-2020-25-4-308-316>.

The state of microcirculation and identification of microcirculatory predictors of chronic pain in younger patients with functional disorders of the masticatory system affected by connective tissue dysplasia

E.E. Statovskaya

North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov,
Saint Petersburg, Russian Federation

Abstract

Relevance. Occlusal splints, made for the patients with temporomandibular disorders (TMD), influence proprioceptive sensitivity, sensory characteristics of pain, parameters of microcirculation of the pulp and periodontium of the healthy teeth. Condition of the pulp and periodontium of the healthy teeth should be assessed in patients with TMD associated with connective tissue dysplasia (CTD).

Materials and methods. The study examined 36 TMD patients aged 26.3 ± 1.3 лет ($M \pm m$) with CTD ($n = 20$, main group) and without CTD ($n = 16$, control group); with natural teeth, without complaints of TMD, masticatory muscles and periodontal

condition. Laser doppler flowmetry (LDF) helped to analyze blood flow parameters in the periodontium and pulp of the healthy teeth. Received results were statistically analyzed.

Results. Wavelet analysis revealed different microcirculatory flowmotion: high-amplitude irregular type was in patients of the main group, low-amplitude regular type was in controls. In the main group, perfusion is supported by high values of flux and vasomotion, ergotropic sympathetic effects (controlled by catecholamines) prevail, myogenic tone is reduced, elevated microvascular tone reflects possible changes in rheologic blood properties, microcirculatory signs of pain syndrome and relatively elevated ischemic index in pulp microcirculation of healthy teeth.

Conclusion. Sensory and regulatory mechanisms, reflected by the condition of periodontium and pulp blood flow, can be regarded as early signs of inflammation and chronic pain in the diagnosis of TMD in patients without complaints.

Key words: temporomandibular disorders, laser analysis of capillary blood flow, microcirculation condition in pulp and periodontium

For citation: Statovskaya, E.E. The state of microcirculation and identification of microcirculatory predictors of chronic pain in younger patients with functional disorders of the masticatory system affected by connective tissue dysplasia. *Parodontologiya*.2020;25(4):308-316. (in Russ.) <https://doi.org/10.33925/1683-3759-2020-25-4-308-316>.

АКТУАЛЬНОСТЬ

Лечение пациентов с синдромом дисфункции височно-нижнечелюстного сустава (СД ВНЧС) предполагает в том числе изготовление съемных окклюзионных аппаратов (сплент-терапия), которые существенно влияют на гигиеническое и функциональное состояние рта. Опираясь на естественные зубы, съемные аппараты изменяют также проприоцептивную чувствительность, отражаются на сенсорных характеристиках боли, параметрах микроциркуляции пульпы зубов и пародонта. Степень дискомфорта на этапе адаптации к шине у пациентов с парафункциями определяется клиническим течением и этиологией заболеваний ВНЧС, индивидуальной болевой чувствительностью, сопутствующими заболеваниями. Тип и состояние микроциркуляции пульпы зубов и пародонта могут выступать дополнительным диагностическим признаком при лечении пациентов с синдромом дисфункции ВНЧС, поскольку характеризуют вегетативный статус пациента, коррелируют с изменениями центральной и региональной гемодинамики [1, 2]. Изменения микроциркуляции нередко предшествуют манифестации клинических проявлений патологического процесса [3] и зачастую определяют стабильность результата стоматологического лечения. Благодаря включению регуляторных механизмов система микроциркуляции постоянно адаптируется к локальным запросам для поддержания гомеостаза. Задача механизмов регуляции — поддерживать адекватный локальный кровоток (перфузию тканей кровью) при минимально возможной нагрузке на сердце. Влияние кровоснабжения на жизнедеятельность пульпы проявляется при патологии опорно-двигательного аппарата, мышечных дисфункциях, болевом синдроме, возрастных изменениях.

Цель исследования — оценить состояние микроциркуляции пульпы интактных зубов и пародонта у пациентов с функциональными нарушениями различной степени выраженности, синдромом дисфункции ВНЧС (без боли и жалоб) на фоне дисплазии соединительной ткани (ДСТ).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Обследованы врачами различных медицинских специальностей и направлены к стоматологу 36 пациентов с синдромом дисфункции височно-нижнечелюстного сустава (СД ВНЧС) в возрасте $26,3 \pm 1,4$ лет ($M \pm m$), смешанной европеоидной расы, жители Санкт-Петербурга, не родственники. Все пациенты не предъявляли жалоб на боль в области лица, а также на состояния ВНЧС,

жевательных мышц, пародонта; они имели естественные зубные ряды (без признаков уменьшения межальвеолярного расстояния) и функциональные нарушения жевательного аппарата различной выраженности — незначительные деформации окклюзии, легкие аномалии прикуса, наиболее распространенные нарушения структуры и функций ВНЧС и жевательных мышц.

Пациенты — с дисплазией соединительной ткани (код М35.8 — Другие уточненные системные поражения соединительной ткани) составили основную группу ($n = 20$), без дисплазии соединительной ткани — контрольную группу ($n = 16$). Пациентам изготавливали окклюзионные шины, которыми они пользовались в течение нескольких месяцев. Поскольку наличие в полости рта конструкции из полимеров потенциально ухудшает индивидуальную гигиену рта, для исследования исходного состояния микроциркуляции пульпы зубов и пародонта всем пациентам проводили объективное клиническое и инструментальное исследование.

В рамках стоматологического обследования определены функциональные характеристики микроциркуляции (МКЦ) пародонта ($n = 36$) и пульпы ($n = 35$, выбыл один пациент в связи с неполными данными анамнеза) интактных премоляров нижней челюсти. Инструментальный анализ состояния МКЦ в пульпе зубов и пародонте проводился с помощью лазерной доплеровской флоуметрии (НПП «Лазма», Москва, Регистрационное удостоверение МЗ РФ №29/03020703/5555-03 от 11.09.2003 г.) с излучением в красной области спектра (0,63 мкм), в течение 5 минут при комнатной температуре после отдыха (30 минут) пациента, в положении сидя в стоматологическом кресле [4]. Полученные результаты обработали статистически.

Анализ данных, полученных в процессе исследования, выполнялся средствами системы Statistica for Windows (версия 10, лиц. ВХХR310F964808FA-V) по следующей схеме.

1. На основе показателей микроциркуляции, автоматически вычисленных программой (П — перфузии, Q — среднего колебания перфузии, Kv — коэффициента вазомоторной активности, НТ — нейрогенного тонуса, МТ — миогенного тонуса, ПШ — показателя шунтирования, максимальных амплитуд — Fmax и Amax — для ритмов регуляции — Э — эндотелиального, М — миогенного, Н — нейрогенного, D — дыхательного, С — кардиального), были дополнительно рассчитаны нормированные и другие показатели, для которых получены все статистические описательные характеристики МКЦ и проведен их сравнительный анализ в исследуемых группах.

2. Определили функциональные признаки и тип МКЦ, рассчитали значения ишемического индекса в пульпе и пародонте у пациентов из групп сравнения.

Критерием статистической достоверности получаемых выводов мы считали общепринятую в медицине величину вероятности нулевой гипотезы $p < 0,05$. При этом мы формулировали устойчивый вывод о наличии или отсутствии достоверных различий тогда, когда имелись сходные результаты по всему соответствующему комплексу применявшихся критериев.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В таблице 1 представлены данные по основным показателям МКЦ: П — перфузии; Q — среднего колебания перфузии (флакса); Kv — коэффициента вариации, (вазомоторной активности).

В исследуемых группах средние значения показателей П в пульпе зубов ($p = 0,227$) и пародонта ($p = 0,282$) достоверно не различаются (табл. 1), Q и Kv в микрососудах пульпы и пародонта у пациентов основной группы характеризуются достоверно большими значениями, свидетельствующими об особом функциональном состоянии МКЦ при ДСТ (табл. 1, рис. 1, 2) — более глубокой модуляции микрогемокровотока, интенсивным функционированием и напряженностью регуляторных механизмов активного контроля МКЦ.

Механизмы модуляции кровотока в микрососудах пульпы и пародонта включают в себя активные (эндотелиальный, нейрогенный, миогенный) и пассивные (респираторный и кардиальный) функционально-значимые факторы (ритмы флюктуаций), формирующие пять диапазонов частот (табл. 2).

Низкочастотный диапазон ритмов (Fmax E) отражает гуморальную, NO-секретирующую или NO-зависимую функцию эндотелия на частоте 0,0095–0,03 Гц, регулирующую базальный тонус миоцитов со стороны просвета сосуда; частота нейрогенных ритмов (Fmax H) определяет напряженность адренергических механизмов регуляции кровотока на уровне артериол и артериально-го участка шунта; частота миогенного ритма регуляции (Fmax Ми) связана с состоянием базального тонуса гладкомышечных клеток прекапилляров — активного механизма регуляции притока крови в нутритивное русло; частота колебаний сердечных (Fmax C) и дыхательных (Fmax Д) ритмов отражает пассивные механизмы регуляции перфузии кровью пульпы [1, 3]. В таблице 2 отражены различия между группами внутри диапазонов частот (Fmax), трансформирующих мышечный и сосудистый тонус микрососудов: в пульпе имеются различия по всем частотам ритмов, кроме миогенного (Fmax Ми); в пародонте — только по дыхательному ритму (Fmax Д). Амплитудный спектр механизмов регуляции перфузии, определяющих тонус микрососудов пульпы или пародонта, представлен в таблице 3.

У пациентов основной группы максимальные амплитуды механизмов регуляции перфузии в пульпе зубов и в пародонте повышены в два–три раза относительно таковых в контрольной группе, за исключением пульсовых амплитуд (Amax C, $p > 0,05$) ЛДФ-ритмов в пародонте.

Доминирование в вейвлет-спектре осцилляций NO-зависимого диапазона (табл. 2) в сочетании с высокоамплитудным пульсовым ритмом (табл. 3) может быть функциональным признаком дилатации мелких артерий и крупных артериол. Колебания в нейрогенном диапазоне отражают периферическое сопротивление артериол притоку крови в микроциркуляторное русло. У пациентов с ДСТ высокие значения Amax H свиде-

тельствуют о преобладании эрготропной симпатической (в отличие от трофотропной парасимпатической) направленности регуляции систем (при доминирующей частоте нейрогенного ритма 0,04 Гц, табл. 2), регулируемых катехоламинами, а повышенные значения Amax M и Amax H — о пониженном миогенном тоне сосудов МКЦ-русла. Учитывая доминирование высокоамплитудных осцилляций нейрогенного диапазона на нижней границе диапазона частот сенсорных пептид-грических влияний (0,047–0,069 Гц) на МКЦ в пульпе, можно предположить наличие предрасположенности к болевому синдрому у пациентов основной группы. Повышение Amax Д (связанной с дыхательной модуляцией) может свидетельствовать о снижении давления в микрососудах пульпы и пародонта у пациентов основной группы.

Выявлены также различия в амплитудной активности ЛДФ-ритмов между пульпой и пародонтом: в основной группе — значения Amax C в пульпе зубов превышают значения Amax C в пародонте; в контрольной группе наблюдается обратная зависимость.

Для исключения влияния нестандартных условий на проведение исследования мы определяли значения нормированных показателей — функциональные вклады амплитуд колебаний определенных частотных диапазонов относительно средней модуляции кровотока в пульпе зубов и пародонте (табл. 4).

У пациентов с ДСТ выявлен повышенный вклад нейрогенных, миогенных, а также пониженная активность пульсовых механизмов регуляции перфузии в пародонте. Разнонаправленность Д- и С-ритмов на ЛДФ-грамме пульпы зубов и пародонта у пациентов основной группы свидетельствует о потенциальной склонности к вазоконстрикции.

Высокая амплитудная активность Е-ритма относительно других вазомоторных механизмов, особенности механизмов регуляции флакса на частоте Е- и Д-ритмов и отсутствие различий между группами по их вкладам в модуляцию перфузии микрососудов пародонта, а также механизмы венозного оттока, во многом обусловлены локальными процессами, отражающими особенности функционирования пародонта, вазомоторную и метаболическую функции эндотелия микрососудов и — в меньшей степени — центральными механизмами регуляции, зависящими от состояния сердечно-сосудистой системы.

В таблице 5 приведены данные по нормированным амплитудам, отражающим функциональные вклады механизмов регуляции в общий уровень перфузии тканей в пульпе зубов и пародонте.

Доля участия нормированных показателей зависит от внутрисосудистого сопротивления (R), определяемого отношением максимальной амплитуды к исходному значению. В основной группе — активность амплитуд, нормированных по показателю общей перфузии в пульпе зубов, превосходит аналогичные параметры контрольной группы в 10 раз, а в пародонте — в 2 раза (табл. 5) и свидетельствует об усилении модуляции кровотока, снижении тонуса микрососудов пульпы у пациентов основной группы.

В таблице 6 представлены значения показателей МКЦ, связанных с тонусом сосудов у пациентов исследуемых групп: нейрогенным (НТ), миогенным (МТ), микрососудистым или внутрисосудистым (СТ), с внутрисосудистым сопротивлением (R), с показателем шунтирования (ПШ), индексом эффективности МКЦ или ИЭМ. Рисунками 3-5 проиллюстрированы межгрупповые и внутригрупповые

Таблица 1. Основные показатели базального кровотока в микрососудах пульпы зубов и пародонта (пф. ед.) у пациентов исследуемых групп

Table 1. Core values of the basal blood flow in pulp and periodontal microvessels (PU) in the study groups (P – perfusion; Q – mean blood flow oscillations (flux); Kv – variation coefficient (vasomotion))

Объект исследования Subject	Стат. показатель Statistical parameter	Контрольная группа, n = 16 Control group, n = 16			Основная группа, n = 19 (пульпа), n = 20 (пародонт) Main group, n = 19 (pulp), n = 20 (periodontium)		
		П / P	Q	Kv, %	П / P	Q	Kv, %
Пульпа Pulp	M ± SD	4,73 ± 2,04	0,40 ± 0,36	7,93 ± 4,82	3,87 ± 2,04	1,34 ± 1,36*	33,73 ± 23,58**
	Me	4,41	0,34	7,24	3,71	0,91	34,5
Пародонт Periodontium	M ± SD	24,46 ± 4,90	1,26 ± 0,71	5,07 ± 2,19	21,70 ± 9,09	2,77 ± 1,37**	13,78 ± 6,49**
	Me	24,04	1,12	4,58	18,1	2,33	14,26

*p < 0,01; **p < 0,0001

Таблица 2. Максимальная частота механизмов регуляции гемомикроперфузии в пульпе зубов пациентов исследуемых групп

Table 2. Maximal frequency of the blood perfusion regulatory mechanisms in the pulp of the study subjects (E – endothelial, M – myogenic, N – neurogenic, R – respiratory, C – cardiac)

Группы Groups	Fmax ритмов Regulation Fmax	Средняя пиковая частота, доминирующая в вейвлет-спектре осцилляций механизмов регуляции перфузии (Гц) Mean peak frequency of the regulatory mechanism oscillations (Hz) in the wavelet-spectrum			
		Пульпа / Pulp		Пародонт / Periodontium	
		M ± SD	Me	M ± SD	Me
Контрольная, n = 16 Control, n = 16	E	0,01 ± 0,00	0,01	0,01 ± 0,00	0,01
	H	0,02 ± 0,01	0,02	0,04 ± 0,02	0,05
	M	0,08 ± 0,02	0,07	0,09 ± 0,04	0,08
	Д	0,38 ± 0,16	0,33	0,29 ± 0,07	0,27
	C	0,73 ± 0,16	0,65	1,09 ± 0,16	1,11
Основная, n = 19 (пульпа), n = 20 (пародонт) Main, n = 19 (pulp), n = 20 (periodontium)	E	0,02 ± 0,00**	0,02	0,01 ± 0,00	0,01
	H	0,04 ± 0,01**	0,04	0,04 ± 0,01	0,03
	M	0,09 ± 0,04	0,06	0,08 ± 0,02	0,07
	Д	0,26 ± 0,10*	0,22	0,23 ± 0,05*	0,20
	C	0,63 ± 0,05*	0,63	1,14 ± 0,26	1,15

Таблица 3. Амплитудная активность механизмов регуляции микрогемоперфузии в пульпе и пародонте у пациентов исследуемых групп

Table 3. Amplitude of regulatory mechanisms of the microvascular perfusion in the pulp and periodontium of the study subjects (E – endothelial, M – myogenic, N – neurogenic, R – respiratory, C – cardiac)

Группы Groups	Аmax ритмов Regulation Amax	Значения максимальных амплитуд механизмов регуляции (пф. е.) Maximal amplitude of the regulatory mechanisms (PU)			
		Пульпа / Pulp		Пародонт / Periodontium	
		M ± SD	Me	M ± SD	Me
Контрольная, n = 16 Control, n = 16	E	0,23 ± 0,26	0,12	0,42 ± 0,38	0,31
	H	0,14 ± 0,14	0,08	0,30 ± 0,13	0,28
	M	0,11 ± 0,12	0,06	0,33 ± 0,14	0,32
	Д	0,09 ± 0,08	0,07	0,23 ± 0,07	0,22
	C	0,07 ± 0,04	0,06	0,38 ± 0,16	0,34
Основная, n = 19 (пульпа), n = 20 (пародонт) Main, n = 19 (pulp), n = 20 (periodontium)	E	1,29 ± 1,54*	0,85	1,15 ± 0,65**	1,04
	H	1,48 ± 1,43**	1,05	1,37 ± 0,78**	1,35
	M	1,28 ± 1,33**	0,8	1,10 ± 0,52**	1,08
	Д	0,94 ± 0,86**	0,75	0,53 ± 0,31**	0,47
	C	0,55 ± 0,51**	0,46	0,44 ± 0,18	0,37

*p < 0,0005; **p < 0,0001

различия показателей СТ, R, ИЭМ в пульпе и пародонте у пациентов исследуемых групп.

У пациентов основной группы, в сравнении с контрольной группой, достоверно понижены МТ, НТ пульпы ($p < 0,0001$), СТ в пульпе ($p < 0,05$) и пародонте ($p < 0,0001$), показатель R в пародонте (меньше в 1,5 раза, $p < 0,01$); повышены — показатель R в пульпе (больше в 2 раза, $p < 0,0001$), ИЭМ в пародонте ($p < 0,0001$). Сопоставимы в группах значения показателей: ПШ, ИЭМ в пульпе, МТ микрососудов пародонта.

Микрососудистый, или внутрисосудистый, тонус ($CT = \sigma/ALF$) определяется нормированной амплитудой низкочастотных колебаний (ALF) относительно средней величины флкса (σ). В обеих группах соотношения СТ в пульпе и пародонте аналогичны: значения СТ в пульпе ниже, чем в пародонте (рис. 3).

Значения показателя внутрисосудистого сопротивления, отражающего реологическое состояние крови

(R), в пульпе и пародонте у пациентов с ДСТ и без ДСТ различаются (табл. 6, рис. 4): в контрольной группе параметры R сосудов пульпы и пародонта близки по значениям ($0,52 \pm 0,25$) пф. е., ($0,56 \pm 0,23$) пф. е. соответственно, в основной группе R сосудов пульпы в три раза превышает R сосудов пародонта ($1,22 \pm 0,54$) пф. е., ($0,38 \pm 0,14$) пф. е. (соответственно).

ИЭМ является интегральным показателем соотношения активных и пассивных механизмов регуляции перфузии в системе МКЦ (табл. 2).

У пациентов основной группы ИЭМ в пародонте отличается от ИЭМ в пульпе более высокими значениями ввиду преобладания активных и снижения вклада пассивных механизмов регуляции кровотока; у пациентов контрольной группы имеет место обратное соотношение индексов (табл. 6, рис. 5). В контрольной группе ИЭМ в пародонте меньше, чем в основной группе, что заставляет предположить наличие скомпенсированных

Таблица 4. Вклад механизмов регуляции в изменчивость перфузии (Q) в пульпе зубов и пародонте
Table 4. Influence of regulatory mechanisms on perfusion variability (Q) in the pulp and periodontium

Группы Groups	(Amax/3) Q 100 % ритмов Regulation (Amax/3) Q 100 %	Нормированные значения максимальных амплитуд механизмов регуляции (%) Normalized values of maximal amplitudes of regulatory mechanisms (%)			
		Пульпа / Pulp		Пародонт / Periodontium	
		M \pm SD	Me	M \pm SD	Me
Контрольная, n = 16 Control, n = 16	Е	17,1 \pm 6,4	15,99	11,3 \pm 5,3	10,17
	Н	11,4 \pm 4,5	11,87	8,96 \pm 3,70	8,38
	М	8,9 \pm 3,5	9,39	9,84 \pm 3,70	9,77
	Д	9,2 \pm 4,4	8,63	7,03 \pm 2,60	6,99
	С	8,0 \pm 4,4	7,41	11,6 \pm 6,0	10,04
Основная, n = 19 (пульпа), n = 20 (пародонт) Main, n = 19 (pulp), n = 20 (periodontium)	Е	31,6 \pm 16,2**	34,65	14,2 \pm 5,9	14,68
	Н	38,8 \pm 22,8***	42,27	16,7 \pm 5,4***	17,4
	М	33,2 \pm 17,8***	33,45	14,33 \pm 6,40*	12,97
	Д	25,8 \pm 13,2***	25,58	6,65 \pm 2,50	7,02
	С	15,0 \pm 5,7***	15,74	6,15 \pm 3,20**	5,52

* $p < 0,05$; ** $p < 0,005$; *** $p < 0,0001$

Таблица 5. Функциональный вклад механизмов регуляции в общий уровень перфузии тканей в пульпе зубов и пародонте у пациентов исследуемых групп

Table 5. Functional influence of the regulatory mechanisms on the level of tissue perfusion in the pulp and periodontium of the study groups

Группы Groups	(Amax/P) 100 % ритмов Regulation (Amax/P) 100 %	Нормированные значения максимальных амплитуд механизмов регуляции (%) Normalized values of maximal amplitudes of the regulatory mechanisms (%)			
		Пульпа / Pulp		Пародонт / Periodontium	
		M \pm SD	Me	M \pm SD	Me
Контрольная, n = 16 Control, n = 16	Е	4,33 \pm 3,71	3,35	1,67 \pm 1,20	1,26
	Н	2,90 \pm 2,12	2,35	1,24 \pm 0,55	1,06
	М	2,22 \pm 1,94	1,60	1,35 \pm 0,54	1,14
	Д	2,02 \pm 1,43	1,39	0,94 \pm 0,27	0,88
	С	1,70 \pm 0,92	1,39	1,55 \pm 0,59	1,35
Основная, n = 19 (пульпа), n = 20 (пародонт) Main, n = 19 (pulp), n = 20 (periodontium)	Е	33,40 \pm 30,36**	22,24	5,65 \pm 2,89**	5,45
	Н	42,00 \pm 39,10**	28,29	6,92 \pm 3,63**	6,80
	М	36,67 \pm 35,33**	21,62	5,67 \pm 2,93**	5,95
	Д	26,81 \pm 22,67**	19,76	2,53 \pm 1,21**	2,27
	С	14,66 \pm 10,49**	13,70	2,18 \pm 0,97*	1,80

* $p < 0,05$; ** $p < 0,0001$

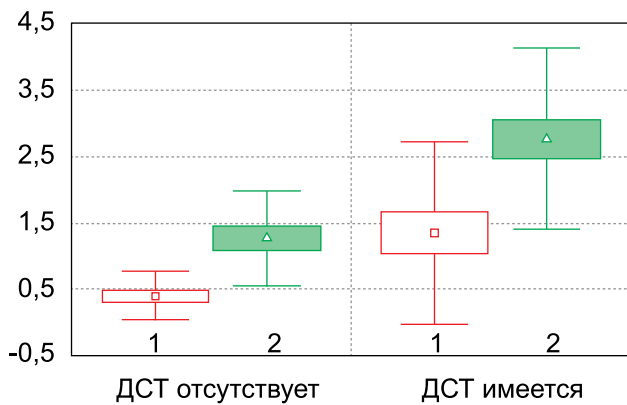


Рис. 1. Показатель изменчивости перфузии Q пульпы зубов (1, $p < 0,011$) и пародонта (2, $p < 0,0001$) в исследуемых группах

Fig. 1. Perfusion variability index Q in the pulp (1, $p < 0.011$) and periodontium (2, $p < 0.0001$) of the study subjects

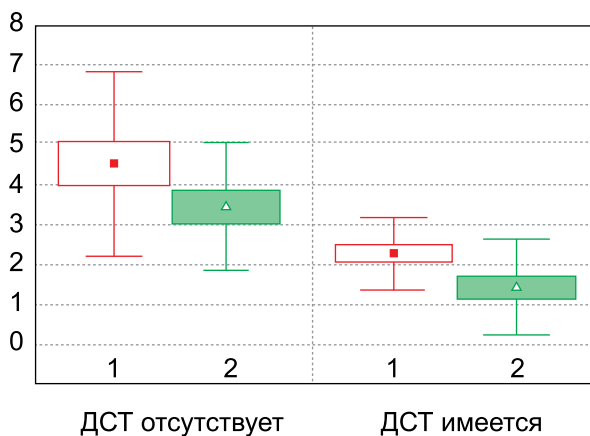


Рис. 3. Микрососудистый тонус (СТ) в пульпе зубов (1, $p < 0,05$) и в пародонте (2, $p < 0,0001$) в группах сравнения

Fig. 3. Microvascular tone (VT) in the pulp (1, $p < 0.05$) and periodontium (2, $p < 0.0001$) in the comparison groups

изменений гемодинамики, проявляющихся склонностью к гиперемии (у пациентов контрольной группы).

Процентный вклад механизмов, регулирующих состояние МЦК в пульпе и пародонте, определяли по суммарной мощности спектра (P). Результаты проиллюстрированы таблицей 7.

Различия между группами по МКЦ в пульпе: в основной группе, в сравнении с контрольной, повышены (более чем в 1,5 раза) вклады Н ($p < 0,001$), М ($p < 0,0001$) регуляторных ритмов; понижен вклад Е ($p < 0,0001$) ритма в общую мощность спектра механизмов регуляции микрокровотока.

Различия между группами по МКЦ в пародонте: в основной группе, в сравнении с контрольной, повышены (более чем в 1,5 раза) вклады Н ($p < 0,0001$) и М ($p < 0,05$) регуляторных ритмов; понижены вклады Д ($p < 0,05$) и С ($p < 0,0001$) ритмов — в общую мощность спектра регуляторных ритмов.

Не выявлено достоверных различий между группами по вкладам С и Д пассивных регуляторных механизмов МЦК в пульпе, а также Е активного ритма регуляции перфузии в пародонте.

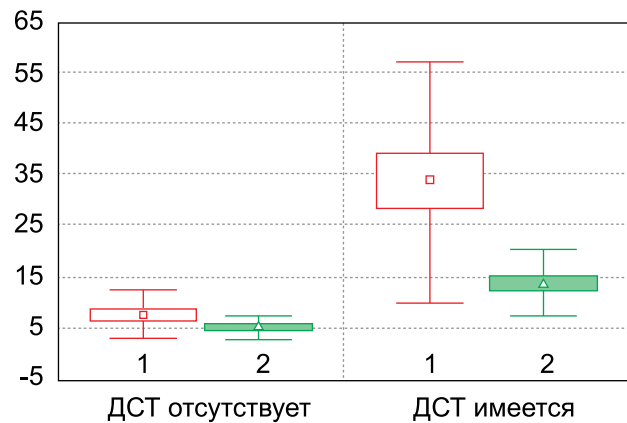


Рис. 2. Вазомоторная активность Kv пульпы зубов (1, $p < 0,0001$) и пародонта (2, $p < 0,0001$) в исследуемых группах

Fig. 2. Vasomotion Kv of the dental pulp (1, $p < 0.0001$) and periodontium (2, $p < 0.0001$) in the study groups

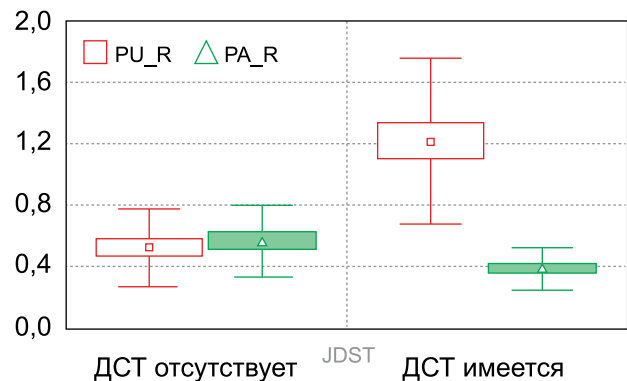


Рис. 4. Показатель сосудистого сопротивления в пульпе (PU_R, $p < 0,0001$) и пародонте (PA_R, $p < 0,01$) у пациентов групп сравнения без ДСТ, с ДСТ

Fig. 4. Index of vascular resistance in the pulp (PU_R, $p < 0.0001$) and periodontium (PA_R, $p < 0.01$) in patients with and without CTD

На рисунках 5 и 6 приведены результаты вейвлет-анализа регуляторных ритмов и примеры ЛДФ-грамм — низкоамплитудной монотонной — у пациента из контрольной группы и высокоамплитудной иррегулярной — у пациента из основной группы.

Результатом влияния регуляторных ритмов является ишемический индекс МКЦ, значения которого в пульпе зубов у пациентов основной группы превышают аналогичные у пациентов контрольной группы (рис. 7, табл. 8).

Значения ишемического индекса в пародонте пациентов исследуемых групп сопоставимы (табл. 8, рис. 8).

В основной группе: ишемический индекс МКЦ в пульпе положительно коррелирует с изменчивостью перфузии в единицу времени ($r = 0,870$; $p < 0,0001$) и коэффициентом вариации ($r = 0,846$; $p < 0,0001$); ишемический индекс МКЦ в пародонте отрицательно коррелирует с миогенным ($r = -0,604$; $p < 0,01$) и нейрогенным тонусом ($r = -0,482$; $p < 0,05$).

В контрольной группе: ишемический индекс МКЦ в пародонте отрицательно коррелирует с коэффициентом вариации в пульпе ($r = -0,637$; $p < 0,05$).

Таблица 6. Показатели тонуса микрососудов и эффективности микроциркуляции в пульпе зубов и пародонте у пациентов исследуемых групп

Table 6. Parameters of microvascular tone and microcirculation effectiveness in the pulp and periodontium of the study subjects (neurogenic tone (NT), myogenic tone (MT), microvascular or intravascular tone (VT), intravascular resistance (R), shunting index (SI), microcirculation effectiveness index (MEI))

Группы Groups	Параметр Parameter	Значения показателей (пф. е.) Parameter values (PU)			
		Пульпа / Pulp		Пародонт / Periodontium	
		M ± SD	Me	M ± SD	Me
Контрольная, n = 16 Control group, n = 16	НТ	3,44 ± 1,58	2,82	4,49 ± 2,29	3,98
	МТ	4,46 ± 2,02	3,55	4,02 ± 1,96	3,42
	ПШ	1,38 ± 0,53	1,20	0,92 ± 0,20	0,91
	СТ	3,43 ± 1,58	3,99	4,49 ± 2,29	2,81
	R	0,52 ± 0,25	0,51	0,56 ± 0,23	0,52
	ИЭМ	2,79 ± 2,03	2,00	1,73 ± 0,63	1,68
Основная, n = 19 (пульпа), n = 20 (пародонт) Main, n = 19 (pulp), n = 20 (periodontium)	НТ	1,42 ± 1,19****	0,79	2,26 ± 0,92***	1,92
	МТ	1,49 ± 1,07****	1,00	2,87 ± 1,66	2,57
	ПШ	1,14 ± 0,28	1,14	1,31 ± 0,52***	1,25
	СТ	2,26 ± 0,91*	1,92	1,42 ± 1,19****	0,80
	R	1,22 ± 0,54****	1,25	0,38 ± 0,14**	0,36
	ИЭМ	2,47 ± 0,65	2,41	3,90 ± 1,30****	4,12

*p < 0,05; **p < 0,01; ***p < 0,005; ****p < 0,0001

Таблица 7. Вклады механизмов регуляции в общую мощность спектра МКЦ в пульпе зубов и в пародонте

Table 7. Influence of the regulatory mechanisms on the overall microcirculatory spectral power

in the pulp and periodontium (E – endothelial, M – myogenic, N – neurogenic, R – respiratory, C – cardiac)

Группы Groups	Диапазон ритмов Regulation range	Вклад амплитуд регуляторных ритмов в общую мощность спектра МКЦ (%) Influence of the regulation amplitudes on the overall microcirculatory spectral power (%)			
		Пульпа / Pulp		Пародонт / Periodontium	
		M ± SD	Me	M ± SD	Me
Контрольная, n = 16 Control group, n = 16	E	43,02 ± 19,04	39,43	25,94±15,33	26,34
	H	18,93 ± 8,52	18,23	14,81 ± 5,29	13,95
	M	12,15 ± 7,34	11,40	18,09 ± 5,78	18,46
	D	14,42 ± 9,34	14,72	9,83 ± 4,58	9,78
	C	11,48 ± 9,09	11,91	26,00 ± 13,90	21,76
Основная, n = 19 (пульпа), n = 20 (пародонт) Main, n = 19 (pulp), n = 20 (periodontium)	E	23,17 ± 8,50***	23,47	26,75 ± 16,37	22,83
	H	30,36 ± 10,67**	28,36	34,64 ± 13,18***	31,67
	M	23,52 ± 6,12***	22,08	26,81 ± 15,60*	29,04
	D	15,90 ± 5,70	14,81	6,24 ± 4,12*	4,42
	C	7,05 ± 5,17	5,06	6,26 ± 8,26***	3,06

*p < 0,05; **p < 0,001; ***p < 0,0001

Таблица 8. Значения ишемических индексов микроциркуляции в пульпе и пародонте у пациентов исследуемых групп

Table 8. Microcirculatory ischemic indices in the pulp and periodontium of the study groups

Показатель Index	Контрольная группа / Control group		Основная группа / Main group	
	Пульпа, n = 16 Pulp, n = 16	Пародонт, n = 16 Periodontium, n = 16	Пульпа, n = 19 Pulp, n = 19	Пародонт, n = 20 Periodontium, n = 20
M ± SD	0,06 ± 0,05	0,40 ± 0,19	0,48 ± 0,46; < 0,0005	0,37 ± 0,18; > 0,05
Min...max	0,02...0,19	0,13...0,77	0,04...1,70	0,14...0,86
Me (LQ... UQ)	0,04 (0,03...0,07)	0,36 (0,28...0,53)	0,42 (0,17...0,55)	0,34 (0,26...0,43)

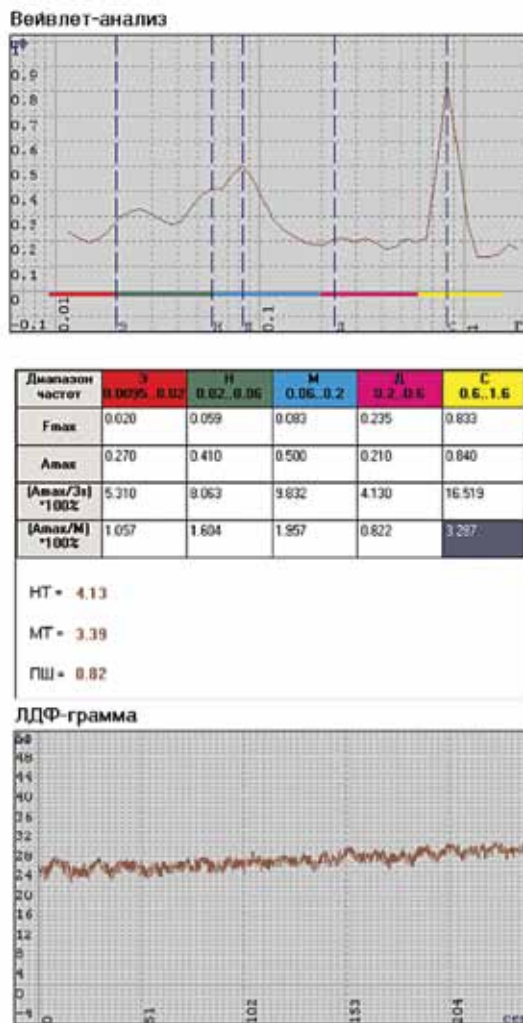


Рис. 5. ЛДФ-грамма и результаты вейвлет-анализа регуляторных ритмов пациента контрольной группы
Fig. 5. LDF-gram and results of the regulation wavelet analysis in a control subject

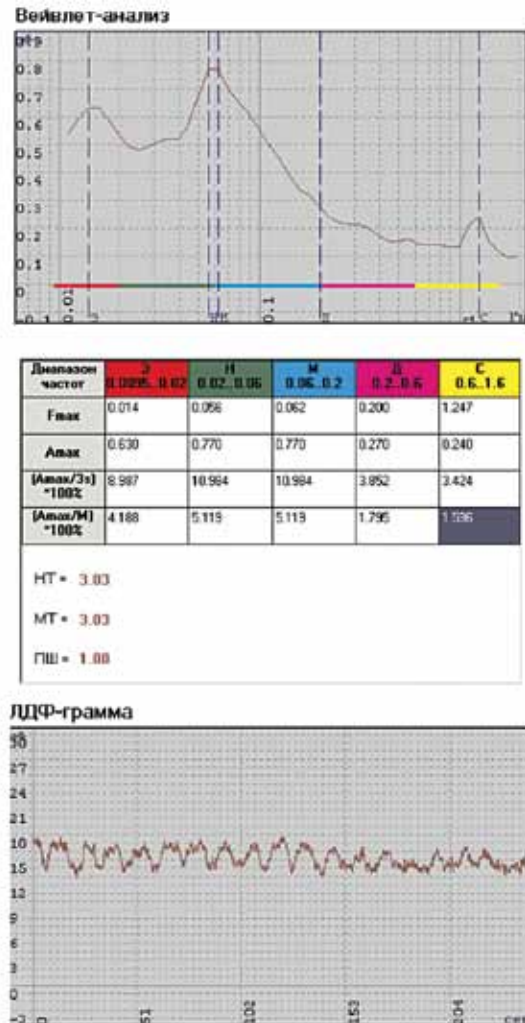


Рис. 6. ЛДФ-грамма и результаты вейвлет-анализа регуляторных ритмов пациента основной группы
Fig. 6. LDF-gram and results of the regulation wavelet analysis in a patient of the main group

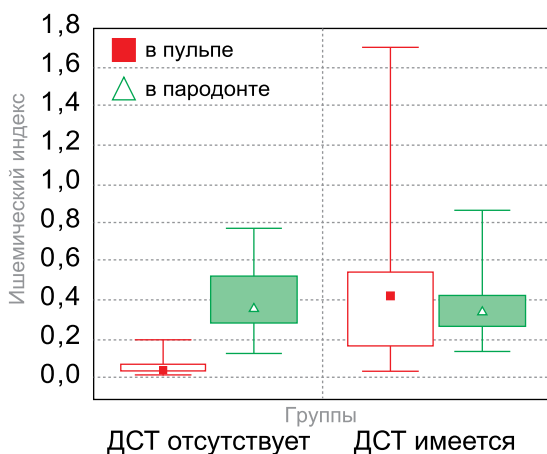


Рис. 7. Различия исследуемых групп по средним значениям ишемического индекса МКЦ в пульпе (< 0,0005) и пародонте (> 0,05)
Fig. 7. Differences between study groups in mean values of the microcirculation ischemic index in the pulp (< 0.0005) and periodontium (> 0.05)

ВЫВОДЫ

1. По результатам общей оценки состояния микроциркуляции и вейвлет-анализа у пациентов из контрольной группы наблюдается низкоамплитудный монотонный, у пациентов из основной группы – высокоамплитудный иррегулярный типы графиков регуляторных ритмов системы микроциркуляции (с более глубокой модуляцией микрокровотока, интенсивным функционированием и напряженностью регуляторных механизмов активного контроля).

2. Преобладание в основной группе эрготропных симпатических влияний, регулируемых катехоламинами, пониженный миогенный тонус микрогемососудов, признаки сенсорных пептидегических ритмов (0,047–0,069 Гц) в системе микроциркуляции в пульпе могут свидетельствовать о наличии болевого синдрома.

3. В основной группе: ишемический индекс МКЦ в пульпе положительно коррелирует с изменчивостью перфузии в единицу времени ($r = 0,870$; $p < 0,0001$) и коэффициентом вариации ($r = 0,846$; $p < 0,0001$); ишемический индекс МКЦ в пародонте отрицательно коррелирует с миогенным ($r = -0,604$; $p < 0,01$) и нейрогенным тонусом ($r = -0,482$; $p < 0,05$). В контрольной группе: ишемический индекс МКЦ в пародонте отрицательно коррелирует с коэффициентом вариации в пульпе ($r = -0,637$; $p < 0,05$).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

У исследуемых пациентов с парафункциями и синдромом дисфункции ВНЧС (без жалоб и боли) на фоне дисплазии соединительной ткани [5] повторяющиеся тонические сокращения малой силы жевательных мышц способствуют повышению чувствительности нейронов второго порядка, увеличению количества сенсibilизированных (медиаторами воспаления) нервных окончаний. Выявленные в ходе объективного исследования — клинически функционально незначимое ограничение открывания рта (у ряда пациентов) и структурные нарушения ВНЧС, а также регулярное пользование окклюзионными шинами (сплнтер-терапия) — могут способствовать ухудшению гигиены рта, кровоточивости десен, воспалению и потенциально увеличивают периферическую сенсibilизацию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шарапова В.В. Особенности адаптационных изменений параметров микроциркуляции у девушек с разным тоном вегетативной нервной системы. Научный результат. Физиология. 2017;3(1):25-30. Режим доступа: <http://dspace.bsu.edu.ru/handle/123456789/19693>.
2. Sheppard L.W., Vuksanovic V., McClintock P.V.E., Stefanovska A. Oscillatory dynamics of vasoconstriction and vasodilation identified by time-localized phase coherence. *Phys Med Biol*. 2011;56(12):3583-3601. <https://doi.org/10.1088/0031-9155/56/12/009>.
3. Chen E., Abbott P. V. Dental Pulp Testing: A Review. *International Journal of Dentistry*. Vol. 2009. Article ID 365785. <https://doi.org/10.1155/2009/365785>.
4. Тюльпин Ю.С. Исследование возможностей метода лазерной одонтодиагностики: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. М.; 2010. 75 с. Режим доступа: <http://medical-diss.com/medicina/issledovanie-vozmozhnostey-metoda-lazernoy-odontodiagnostiki>.

REFERENCES

1. Sharapova, V.V. Features of adaptive changes in microcirculation parameters in girls with different tone of the autonomic nervous system. 2017;3(1):25-30. (In Russ.). Available at: <http://dspace.bsu.edu.ru/handle/123456789/19693>.
2. Sheppard L.W., Vuksanovic V., McClintock P.V.E., Stefanovska A. Oscillatory dynamics of vasoconstriction and vasodilation identified by time-localized phase coherence. *Phys Med Biol*. 2011;56(12):3583-3601. <https://doi.org/10.1088/0031-9155/56/12/009>.
3. Chen E., Abbott P.V. Dental Pulp Testing: A Review. *International Journal of Dentistry*. Vol. 2009. Article ID 365785. <https://doi.org/10.1155/2009/365785>.
4. Tulpin, Yu.S. Possibilities of Laser Pulp Testing. Extended abstract of the dissertation. Moscow; 2010. 75 p. Available at: <http://medical-diss.com/medicina/issledovanie-vozmozhnostey-metoda-lazernoy-odontodiagnostiki>.
5. Kuprianov, I.A., Kuprianova, O.N., Petko, V.V., Shtamm, A.M. The facial pain peculiarities in case of connective tissue dysplasia. *Medical technology bulletin*. 2011;18(3):73-75. (In Russ.). Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-litseyih-boley-pri-displazii-soedinitelnoy-tkani>.

Состояние и тип микроциркуляции пульпы зубов и пародонта отражают индивидуальные сенсорные и регуляторные механизмы контроля перфузии и могут выступать дополнительными локальными диагностическими признаками (микроциркуляторными предикторами) воспаления, в ряде случаев боли [6].

Можно ожидать, что оценка состояния микроциркуляции в пародонте и пульпе зубов позволит определить жизнеспособность пульпы и поможет дифференцировать [7, 8] этиологию нарушений болевой чувствительности в челюстно-лицевой области [5].

Перечисленные обстоятельства необходимо учитывать при планировании комплексного лечения, профилактических мероприятий, режима использования окклюзионных аппаратов у пациентов с синдромом дисфункции ВНЧС (без боли и жалоб).

5. Kuprianov I.A., Kuprianova O.N., Petko V.V., Shtamm A.M. Особенности лицевых болей при дисплазии соединительной ткани. *Вестник медицинских технологий*. 2011;18(3):73-75. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-litseyih-boley-pri-displazii-soedinitelnoy-tkani>.
6. Seidberg B.H., Alibrandi B.V. Principles of pulp testing for patients with oral pain. *The Endodontic Report*. 1987;5-8. PMID: 3481574.
7. Dabiri D., Harper D.E., Kapila Y., Kruger G.H., Clauw D.J., Harte S. Applications of sensory and physiological measurement in oral facial dental pain. *Special Care in Dentist*. 2018;38:395-404. <https://doi.org/10.1111/scd.12323>.
8. Bender I.B. Reversible and irreversible painful pulpitis: diagnosis and treatment. *Australian Endodontic Journal*. 2000;26(1):10-14. <https://doi.org/10.1111/j.1747-4477.2000.tb00144.x>.

cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-litseyih-boley-pri-displazii-soedinitelnoy-tkani.

6. Seidberg B.H., Alibrandi B.V. Principles of pulp testing for patients with oral pain. *The Endodontic Report*. 1987;5-8. PMID: 3481574.
7. Dabiri D., Harper D.E., Kapila Y., Kruger G.H., Clauw D.J., Harte S. Applications of sensory and physiological measurement in oral facial dental pain. *Special Care in Dentist*. 2018;38:395-404. <https://doi.org/10.1111/scd.12323>.
8. Bender I.B. Reversible and irreversible painful pulpitis: diagnosis and treatment. *Australian Endodontic Journal*. 2000;26(1):10-14. <https://doi.org/10.1111/j.1747-4477.2000.tb00144.x>.

Конфликт интересов:

Авторы декларируют отсутствие конфликта интересов/

Conflict of interests:

The authors declare no conflict of interests

Поступила / Article received 27.07.2020

Поступила после рецензирования / Revised 15.08.2020

Принята к публикации / Accepted 03.09.2020

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Статовская Елена Евгеньевна, к.м.н., доцент кафедры стоматологии общей практики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, Российская Федерация

elenastat22@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8196-0633>

Statovskaia, Elena E., PhD, Associate Professor of the Department of General Dentistry of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "North-Western State Mechnikov Medical University" of the Ministry of Health of the Russian Federation, Saint Petersburg, Russian Federation