

© Team of authors, 2026 / © Коллектив авторов, 2026

3.1.3. Otorhinolaryngology, 3.1.2. Maxillofacial surgery, 3.1.7. Dentistry, 3.3.3. Pathological physiology /

3.1.3. Оториноларингология, 3.1.2. Челюстно-лицевая хирургия, 3.1.7. Стоматология, 3.3.3. Патологическая физиология

Functional features of tissue blood flow in the mucosa of the palatoalveolar complex

M.V. Chubarnova¹, A.B. Davydov¹, O.B. Davydova¹, D.A. Moiseev²,
B.A. Davydov¹, D.V. Chervonny², S.Y. Kabanov², V.D. Konovalova²

¹Tver State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation, Tver, Russia

²Pirogov Russian National Research Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation (Pirogov University), Moscow, Russia

Contacts: Denis Alexandrovich Moiseev – e-mail: moiseeff.den@yandex.ru

Функциональные особенности тканевого кровотока слизистой оболочки небо-альвеолярного комплекса

М.В. Чубарнова¹, А.Б. Давыдов¹, О.Б. Давыдова¹, Д.А. Моисеев²,
Б.А. Давыдов¹, Д.В. Червонный², С.Ю. Кабанов², В.Д. Коновалова²

¹ФГБОУ ВО Тверской государственный медицинский университет Минздрава РФ, Тверь, Россия

²ФГАОУ ВО Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова Минздрава РФ (Пироговский университет), Москва, Россия

Контакты: Моисеев Денис Александрович – e-mail: moiseeff.den@yandex.ru

腭 牙槽复合体黏膜组织血流的功能特征

M.V. Chubarnova¹, A.B. Davydov¹, O.B. Davydova¹, D.A. Moiseev²,
B.A. Davydov¹, D.V. Chervonny², S.Y. Kabanov², V.D. Konovalova²

¹俄罗斯联邦卫生部特维尔国立医科大学, 特维尔, 俄罗斯

²俄罗斯联邦卫生部皮罗戈夫俄罗斯国立研究医科大学 (皮罗戈夫大学), 莫斯科, 俄罗斯

联系人: Denis Alexandrovich Moiseev – 电子邮箱: moiseeff.den@yandex.ru

The prevention of periodontal diseases is one of the most important issues in modern dentistry due to their widespread prevalence and multifactorial nature. The transition to personalized medicine in the Russian Federation implies the development of individualized preventive measures based on the characteristics of each patient, particularly the individual constitutional features of the maxillofacial region.

Aim. To study the functional state of the vascular system of the palato-alveolar complex mucosa in individuals with different configurations of the palatal vault using the method of high-frequency Doppler ultrasound (HFUS).

Material and methods. Using HFUS, the hemodynamics in the mucosa of the hard palate around teeth 1.7, 1.6, 1.5, 1.4, 1.3, 2.3, 2.4, 2.5, 2.6, 2.7 was assessed in 69 patients aged 21-25 years (first period of adulthood) with clinically healthy periodontium and without comorbidities. The subjects were divided into 3 groups according to their palatal vault type. A statistical analysis of the obtained data was carried out.

Results. Qualitative analysis of Doppler ultrasound scans showed variability in the pattern of the color spectrum of integral blood flow in patients with different types of palatal vault. A high variability of the Vas (28.73% variability) and Qas (29.16% variability) indicators was revealed, which corresponds to the variability of the morphometric parameters of the hard palate.

Conclusions. The data obtained demonstrate the high screening potential of the HFUS method for personalized diagnosis and prevention of dental diseases.

Key words: microcirculation, high-frequency Doppler ultrasound, palatoalveolar complex, periodontology

Conflict of interest. The authors have no conflicts of interest.

Funding. Absent.

For citation: Chubarnova M.V., Davydov A.B., Davydova O.B., Moiseev D.A., Davydov B.A., Chervonny D.V., Kabanov S.Y., Konovalova V.D. Functional features of tissue blood flow in the mucosa of the palatoalveolar complex. *Head and Neck. Russian Journal.* 2026;14(1):20–29

Doi: 10.25792/HN.2026.14.1.20-29

The authors are responsible for the originality of the data presented and the possibility of publishing illustrative material – tables, drawings, photographs of patients.

Вопросы профилактики заболеваний пародонта составляют одну из важнейших проблем современной стоматологии ввиду своей широкой распространенности и полиэтиологичности. Переход к персонализиро-

ванной медицине в России подразумевает формирование индивидуальных мер профилактики в соответствии с характеристиками конкретного пациента, в частности – с индивидуальными конституциональными особенностями строения челюстно-лицевой области.

Цель исследования – с помощью метода высокочастотной ультразвуковой доплерографии (ВУЗД) изучить функциональное состояние тканевого кровотока слизистой оболочки небо-альвеолярного комплекса у лиц с различной конфигурацией неба.

Материал и методы. Методом ВУЗД проведена оценка гемодинамики слизистой оболочки твердого неба в области зубов 1.7, 1.6, 1.5, 1.4, 1.3, 2.3, 2.4, 2.5, 2.6, 2.7 у 69 пациентов в возрасте 21–25 лет с клинически здоровым пародонтом и без сопутствующей патологии. Исследуемые были разделены на 3 группы по типу неба. Проведен статистический анализ полученных данных.

Результаты. Качественный анализ доплерограмм показал изменчивость картины окрашенного спектра интегрального кровотока у пациентов с различными типами неба. Выявлена высокая вариабельность показателей Vas (вариабельность 28,73%) и Qas (вариабельность 29,16%), что соответствует изменчивости морфометрических параметров твердого неба.

Заключение. Полученные данные свидетельствуют о высокой скрининговой возможности и потенциале метода ВУЗД для персонифицированной диагностики и профилактики стоматологических заболеваний.

Ключевые слова: микроциркуляция, высокочастотная ультразвуковая доплерография, небо-альвеолярный комплекс, пародонтология

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Отсутствует.

Для цитирования: Чубарнова М.В., Давыдов А.Б., Давыдова О.Б., Моисеев Д.А., Давыдов Б.А., Червонный Д.В., Кабанов С.Ю., Коновалова В.Д. Функциональные особенности тканевого кровотока слизистой оболочки небо-альвеолярного комплекса. *Head and neck. Голова и шея. Российский журнал.* 2026;14(1):20–29

Doi: 10.25792/HN.2026.14.1.20-29

Авторы несут ответственность за оригинальность представленных данных и возможность публикации иллюстративного материала – таблиц, рисунков, фотографий пациентов.

目的：采用高频多普勒超声（HFUS）方法，研究不同腭穹隆构型个体的腭牙槽复合体黏膜血管系统的功能状态。

材料与方法：采用 HFUS 评估 69 例 21–25 岁（成年早期第一阶段）、牙周组织临床健康且无合并疾病患者在 1.7、1.6、1.5、1.4、1.3、2.3、2.4、2.5、2.6、2.7 牙周围硬腭黏膜的血流动力学。受试者根据腭穹隆类型分为 3 组。对获得的数据进行了统计学分析。

结果：对多普勒超声扫描的定性分析显示，不同腭穹隆类型患者的整体血流彩色频谱图样存在差异。发现 Vas 指标（变异性 28.73%）和 Qas 指标（变异性 29.16%）具有较高变异性，这与硬腭形态测量参数的变异性相一致。

结论：所获数据表明，HFUS 方法在牙科疾病个体化诊断与预防方面具有较高的筛查潜力。

关键词：微循环；高频多普勒超声；腭牙槽复合体；牙周病学

利益冲突：作者声明无利益冲突。

经费来源：本研究未获得任何经费资助。

引用格式：Chubarnova M.V., Davydov A.B., Davydova O.B., Moiseev D.A., Davydov B.A., Chervonny D.V., Kabanov S.Y., Konovalova V.D. Functional features of tissue blood flow in the mucosa of the palatoalveolar complex. *Head and Neck. Russian Journal.* 2026;14(1):20–29

Doi: 10.25792/HN.2026.14.1.20-29

作者对所呈现数据的原创性以及发表插图材料（表格、图示、患者照片）的可能性负责。

Введение

Распространенность воспалительных заболеваний пародонта остается чрезвычайно высокой, достигая, по данным системного анализа, 98% среди взрослого населения [1]. Это обуславливает их статус как одной из наиболее значимых проблем

современной стоматологии ввиду мультифакториальной этиологии и сложного патогенеза [2]. В условиях перехода к персонализированной медицине формирование индивидуальных мер профилактики требует учета всего спектра особенностей конкретного пациента, включая конституциональное строение челюстно-лицевой области [3].

Ключевым звеном в патогенезе патологических процессов в пародонте являются нарушения микроциркуляции [4, 5]. Наряду со структурно-функциональными нарушениями микрососудов отмечаются изменения реологии крови и барьерной функции микрососудов, которые сопровождаются снижением скорости кровотока [6, 7]. Исходное состояние микрососудистого русла в значительной степени определяет риск возникновения и характер течения воспаления [8]. Одним из важных, но недостаточно изученных анатомических факторов, влияющих на региональный кровоток, является конфигурация небного свода [9–11]. В клинической практике традиционно выделяют 3 основных морфотипа: долихопалатинальный (узкий и высокий), мезопалатинальный (средний) и брахипалатинальный (широкий и пологий) [12–14].

Основным магистральным сосудом, кровоснабжающим ткани небо-альвеолярного комплекса, является большая небная артерия, топография которой напрямую зависит от формы твердого неба [15–18]. Это предполагает существование функциональных различий в тканевом кровотоке у лиц с разным типом неба, однако объективных данных, подтверждающих эту взаимосвязь, до сих пор было недостаточно.

С появлением высокочастотной ультразвуковой доплерографии (ВУЗД) открылись новые возможности для неинвазивного и высокоинформативного исследования кровотока в микроциркуляторном русле слизистых оболочек [19–21]. Данный метод позволяет количественно и качественно оценить параметры гемодинамики, что делает его идеальным инструментом для изучения вариабельности кровоснабжения в зависимости от анатомических особенностей [22, 23].

Цель исследования – определить функциональные особенности тканевого кровотока слизистой оболочки твердого неба лиц с различной конфигурацией небного свода.

Материал и методы

На базе Стоматологической поликлиники ФГБОУ ВО ТГМУ Минздрава РФ проведено исследование параметров тканевого кровотока слизистой оболочки твердого неба 69 человек в возрасте от 21 года до 33 лет (22 мужчины и 47 женщин) с физиологической окклюзией постоянных зубов, без активного кариеса, пародонтологически здоровых, без видимых патологических изменений слизистой оболочки рта, без сопутствующей общих заболеваний, в т.ч. сердечно-сосудистой системы, с различной формой твердого неба. Исследование одобрено локальным этическим комитетом ФГБОУ ВО ТГМУ Минздрава РФ (протокол №5 от 26.05.2025).

В соответствии с возрастной классификацией, разработанной Всемирной организацией здравоохранения молодыми считаются

люди в возрасте до 44 лет. Выбор данной возрастной группы был обоснован, исходя из анатомических особенностей: выраженный альвеолярный отросток, полный комплект постоянных зубов и, как следствие, наиболее выраженная форма небного свода. Распределение по группам осуществлялось по предложенному Т.С. Кочкоян способу определения типа небного свода (рис. 1) [12]. В соответствии с методом, основным показателем типа небного свода является его палатинальный индекс (ПИ), который мы рассчитывали как процентное отношение высоты неба к ширине небного свода. Таким образом, в 1-ю группу включены 23 человека с мезопалатинальным типом небного свода (ПИ: от 36 до 44%), во 2-ю группу – 23 человека с долихопалатинальным типом небного свода (ПИ: более 44%), в 3-ю группу – 23 человека с брахипалатинальным типом небного свода (ПИ: менее 36%).

Работа выполнена в соответствии с этическими принципами проведения биомедицинских исследований, сформулированными в Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации. От всех людей, ставших объектами исследования, получено добровольное информированное согласие на клиническое и функциональное обследования.

Исследование параметров тканевого кровотока слизистой оболочки твердого неба проводили методом ВУЗД, используя компьютеризированный прибор «Минимакс-Допплер-К» (ООО СП «Минимакс») с угловым датчиком с рабочей частотой 25 МГц.

Состояния микроциркуляторного русла исследовали в области зубов 1.7, 1.6, 1.5, 1.4, 1.3, 2.3, 2.4, 2.5, 2.6, 2.7 с небной стороны с целью получения интегральной характеристики кровотока (рис. 2). Слизистая оболочка твердого неба выстлана жевательным эпителием и, следовательно, наименее подвержена воздействию экзогенных факторов.

Установка датчика осуществлялась под углом к исследуемой поверхности 60°, без сдавления слизистой оболочки, через контактную среду (акустический гель), что соответствует наилучшему акустическому и визуальному качественному доплеровскому сигналу. Обследование проводили в положении пациента «лежа на спине» в состоянии полного физического, психологического покоя после стабилизации гемодинамики при $t +20-25$ °С.

После записи доплерограммы исследуемой области проводили качественную оценку кривой скорости (формы, выраженности всех элементов, ширины спектрального окна, аудиохарактеристик кровотока) и количественный анализ доплеровских кривых. Оценивали линейные скорости кровотока (см/с): V_{as} – максимальная линейная систолическая скорость по кривой средней скорости, V_d – конечная диастолическая скорость по кривой максимальной скорости кровотока; показатели объемной



Рис. 1. Схематичное изображение типов небного свода
А – долихопалатинальный, Б – мезопалатинальный, В – брахипалатинальный.

Fig. 1. Schematic representation of the palatal vault types
A – dolichopalatal, B – mesopalatal, C – brachypalatal.

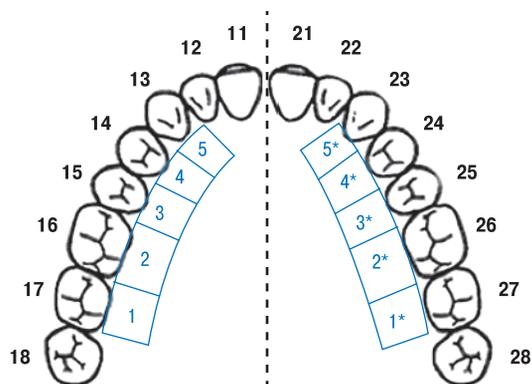


Рис. 2. Области исследования тканевого кровотока слизистой оболочки твердого неба (каждая область отмечена цифрами от 1 до 5 в соответствующем прямоугольнике правой и левой стороны)
Fig. 2. Areas of study of tissue blood flow in the mucosa of the hard palate (each area is marked with numbers from 1 to 5 in the corresponding rectangle on the right and left sides)

скорости кровотока (мл/мин): Q_{as} – максимальная систолическая объемная скорость по кривой средней скорости; и индексы кровотока: индекс периферического сопротивления (Пурсело), отражающий состояние сопротивления кровотоку дистальнее места измерения (RI), индекс пульсации (Гослинга), отражающий упруго-эластические свойства артерий (PI).

Статистическая обработка результатов проводилась с использованием программы Microsoft Excel XP, Statistica 6.0. Для определения значимости различий средних величин использовался метод статистического анализа – t -критерий Стьюдента с поправкой Бонферрони, при котором результат считался статистически значимым при $p < 0,012$ (скорректирован уровень значимости для проведения статистического анализа одновременно 3 групп сравнения по методу Бонферрони).

Результаты

В результате качественного анализа доплерограмм у людей с мезопалатинальным типом небного свода установлено, что во всех точках ультразвуковой диагностики интегральный кро-

воток (обобщенная гемодинамическая характеристика данного среза ткани) характеризуется волнообразной картиной окрашенного спектра без острых пиков. При этом отсутствует дифференцировка сосудов микроциркуляторного русла (рис. 3а).

У пациентов с долихопалатинальным типом небного свода аускультативный и визуальный сигналы доплерограмм были изменчивы. У 19 (82,6%) человек в области 1.4 и 2.4 зубов визуальный сигнал имел в спектре систолические и диастолические пики, сопровождающиеся пульсирующим тихим шумом, синхронизированным с фазами сердечного цикла, что позволило определить наличие преимущественно сосудов артериального наполнения в данных участках микроциркуляторного русла (рис. 3б).

У людей с брахипалатинальным типом небного свода картина полученного спектра в большинстве случаев напоминала монофазную кривую, несинхронизированную с фазами сердечного цикла, за исключением 4 (17,4%) случаев, когда у пациентов в области 1.7 и 2.7 зубов визуализировалась веретенообразная картина окрашенного спектра, без острых пиков, сопровождающаяся «шумом морского прибора», что характеризует участок микроциркуляторного русла преимущественно веноулярного наполнения (рис. 3в).

Важно отметить, что у всех участников исследования достоверных различий полученных результатов измерения в области соответствующих зубов I и II сегментов было не обнаружено.

По данным ВУЗД, значения максимальной систолической скорости по кривой средней скорости кровотока (V_{as}) у лиц с мезопалатинальным типом небного свода колебались от 0,646 до 0,226 см/сек, составляя в среднем $0,403 \pm 0,1211$ см/сек. Максимальные значения были получены в проекции вторых моляров, минимальные в области вторых премоляров.

У людей с долихопалатинальным типом небного свода показатели V_{as} находились в диапазоне от 0,547 до 0,164 см/сек и в среднем были равны $0,386 \pm 0,1043$ см/сек. Максимальные значения показателя регистрировались в области вторых моляров, минимальные – в области вторых премоляров.

У людей, имеющих брахипалатинальный тип небного свода, значения V_{as} были в диапазоне от 0,527 до 0,281 см/сек, в среднем составляли $0,377 \pm 0,0916$ см/сек. Максимальные значения получены в проекции клыков, а минимальные значения, также как у исследуемых I и II групп, были получены в проекции вторых премоляров (рис. 4).

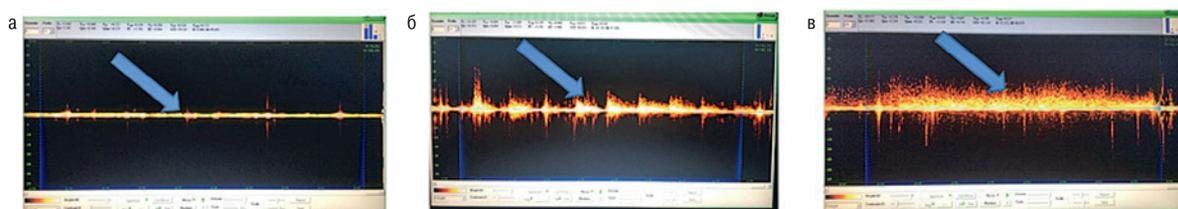


Рис. 3. Допплерограмма лоцируемого среза слизистой оболочки твердого неба

а. – у лиц с мезопалатинальным типом небного свода, б. – в области зубов 1.4 и 2.4 у лиц с долихопалатинальным типом небного свода, в. – в области зубов 1.7 и 2.7 у лиц с брахипалатинальным типом небного свода.

Синей стрелкой обозначено: а – доплерограмма смешанного кровотока, б – доплерограмма артериального кровотока, в – доплерограмма венозного кровотока.

Fig. 3. Doppler ultrasound scan of the localized section of the hard palate mucosa

a – in individuals with a mesopalatal type of the palatal vault, b – around teeth 1.4 and 2.4 in individuals with a dolichopalatal type of the palatal vault, c – around teeth 1.7 and 2.7 in individuals with a brachypalatal type of the palatal vault.

The blue arrow indicates: a – dopplerogram of mixed blood flow, b – arterial blood flow dopplerogram, c – doppler ultrasound of the venous blood flow.

Таблица 1. Показатели линейной (Vas) скорости кровотока в исследуемых областях слизистой оболочки твердого неба
 Table 1. Indicators of linear (Vas) blood flow velocity in the studied areas of the hard palate mucosa

Область исследования (название зуба) Studied area (tooth name)	Мезопалатинальный тип (I) n=23 Mesopalatal type (I) n=23	Долихопалатинальный тип (II) n=23 Dolichopalatal type (II) n=23	Брахипалатинальный тип (III) n=23 Brachypalatal type (III) n=23
	Vas, см/с Vas, cm/s		
Второй моляр Second molar	0,621±0,0144*	0,517±0,0172*	0,411±0,0162*
Первый моляр First molar	0,400±0,0201	0,256±0,0271*	0,348±0,0141
Второй премоляр Second premolar	0,249±0,0093	0,217±0,0265	0,301±0,0094*
Первый премоляр First premolar	0,256±0,0139*	0,479±0,0243*	0,320±0,0150*
Клык Cuspid	0,488±0,0141	0,463±0,0120	0,508±0,0041

Примечание. * – достоверность различий показателей Vas в области исследования при $p < 0,012$, пояснения по всем показателям тканевого кровотока см. в тексте работы ниже.

Note. * – the significance of differences between Vas values in the studied area at $p < 0.012$; for detailed information on all tissue blood flow indicators, see the text below.

Сравнительный анализ показателей максимальной систолической скорости кровотока (Vas) между группами выявил статистически значимые различия в большинстве исследуемых областей. В области вторых моляров (1.7/2.7) достоверные различия наблюдались между всеми группами, при этом наивысшие значения Vas были зарегистрированы в I группе, где они превышали показатели II и III групп на 20,12 и 51,09% соответственно, тогда как самая низкая скорость кровотока отмечена в III группе. В области первых моляров (1.6/2.6) статистически значимые отклонения выявлены только во II группе, значения Vas в которой были на 36% ниже, чем в I группе, и на 26,44% ниже, чем в III группе. Для области

вторых премоляров (1.5/2.5) значимые различия характерны для III группы, показатели Vas в которой превышали значения в I и II группах на 20,88 и 38,71% соответственно. В области первых премоляров (1.4/2.4) достоверные межгрупповые различия также были обнаружены по всем группам; наиболее высокие значения Vas зарегистрированы во II группе, где они были на 87,11% выше, чем в I группе, и на 49,69% выше, чем в III группе, а самые низкие – в I группе. В области клыков (1.3/2.3) статистически значимых различий между группами не выявлено, показатели Vas находились в сопоставимом диапазоне значений у всех участников исследования.

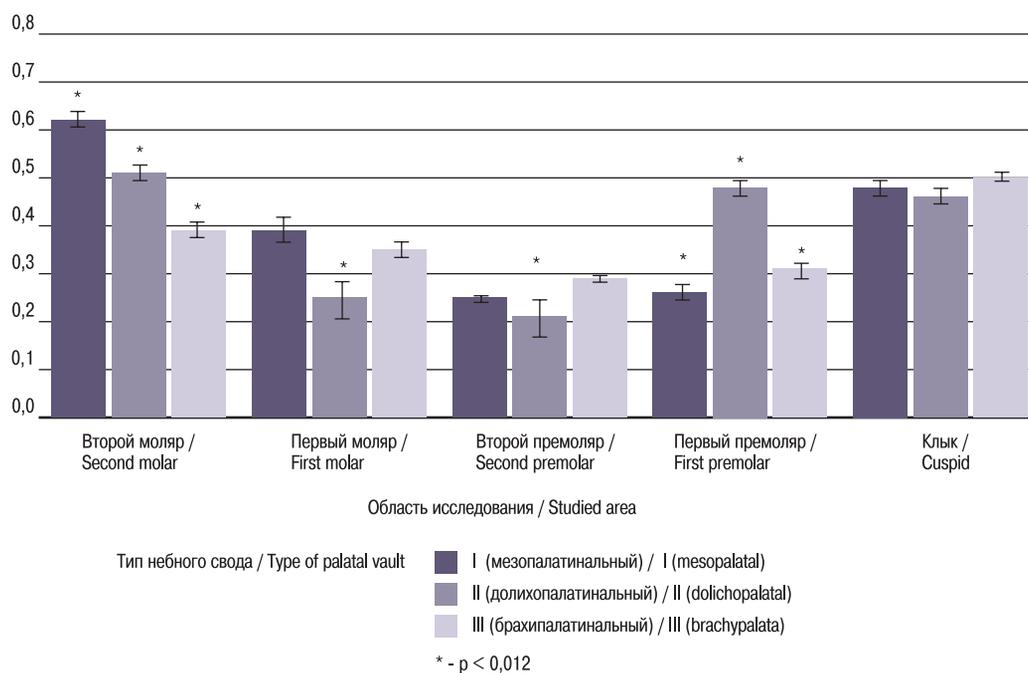


Рис. 4. Показатели Vas в исследуемых областях слизистой оболочки твердого неба у пациентов с различным типом небного свода, см/сек. Столбцы соответствуют средним значениям, вертикальные линии – стандартным ошибкам. * – статистически значимые различия ($p < 0,012$).

Fig. 4. Vas values in the studied areas of the hard palate mucosa in patients with different types of palatal vault, cm/sec. Columns represent mean values, vertical lines represent standard errors. * – statistically significant differences ($p < 0.012$).

Таблица 2. Показатели линейной (Vd) скорости кровотока в исследуемых областях слизистой оболочки твердого неба
 Table 2. Indicators of linear (Vd) blood flow velocity in the studied areas of the hard palate mucosa

Область исследования (название зуба) Studied area (tooth name)	Мезопалатинальный тип (I) n=23 Mesopalatal type (I) n=23	Долихопалатинальный тип (II) n=23 Dolichopalatal type (II) n=23	Брахипалатинальный тип (III) n=23 Brachypalatal type (III) n=23
	Vd, см/сек Vd, cm/s		
Второй моляр Second molar	0,025±0,0394	0,008±0,0151	0,007±0,0144
Первый моляр First molar	0,008±0,0152	0	0
Второй премоляр Second premolar	0	0	0
Первый премоляр First premolar	0	0,01±0,0177	0
Клык Cuspid	0,029±0,0482	0,038±0,0543	0,012±0,0213

Показатели конечной диастолической скорости по кривой максимальной скорости кровотока (Vd) у всех участников исследования были близки или равнялись 0 во всех исследуемых областях слизистой оболочки твердого неба.

Значения объемной максимальной систолической скорости по кривой средней скорости кровотока (Qas), у лиц с мезопалатинальным типом небного свода колебались от 0,573 до 0,178 мл/мин, составляя в среднем 0,318±0,1014 см/сек. Максимальные значения были получены в проекции вторых моляров, минимальные – в области вторых премоляров.

У людей с долихопалатинальным типом небного свода показатели Vas находились в диапазоне от 0,453 до 0,132 мл/мин и в среднем были равны 0,290±0,0945 мл/мин. Максимальные

значения показателя регистрировались в области вторых моляров и клыков, минимальные – в области вторых премоляров.

У людей, имеющих брахипалатинальный тип небного свода, значения Vas были в диапазоне от 0,501 до 0,143 мл/мин, в среднем составляли 0,292±0,1016 мл/мин. Максимальные значения получены в проекции клыков, а минимальные значения, так же как у исследуемых I и II групп, были получены в проекции вторых премоляров (рис. 5).

Сравнительный анализ показателей объемной скорости кровотока Qas между группами выявил статистически значимые различия в некоторых анатомических зонах (табл. 3). В области вторых моляров (1.7/2.7) значения Qas были достоверно выше

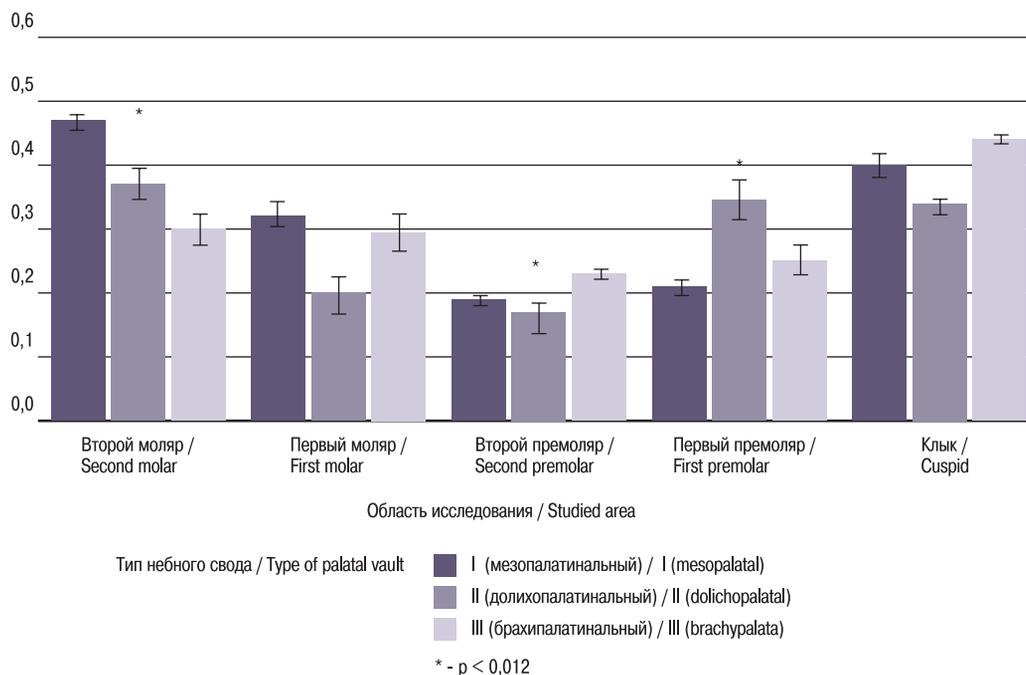


Рис. 5. Показатели объемной скорости кровотока (Qas) в исследуемых областях слизистой оболочки твердого неба у пациентов с различным типом небного свода, мл/мин

Столбцы соответствуют средним значениям, вертикальные линии – стандартным ошибкам. * – статистически значимые различия (p<0,012).

Fig. 5. Volumetric blood flow rates (Qas) in the studied areas of the hard palate mucosa in patients with different types of palatal vault, ml/min. Columns represent mean values, vertical lines represent standard errors. * – statistically significant differences (p<0.012).

Таблица 3. Показатели объемной скорости кровотока Qas в исследуемых областях слизистой оболочки твердого неба
Table 3. Indicators of volumetric blood flow velocity Qas in the studied areas of the hard palate mucosa

Область исследования (название зуба) Studied area (tooth name)	Мезопалатинальный тип (I) n=23 Mesopalatal type (I) n=23	Долхопалатинальный тип (II) n=23 Dolichopalatal type (II) n=23	Брахипалатинальный тип (III) n=23 Brachypalatal type (III) n=23
	Qas, мл/мин Qas, ml/min		
Второй моляр Second molar	0,471±0,0062*	0,369±0,0343	0,298 ±0,0261
Первый моляр First molar	0,318±0,0231	0,201±0,0263	0,244±0,0235
Второй премоляр Second premolar	0,196±0,0087	0,168±0,0172	0,233±0,0081*
Первый премоляр First premolar	0,206±0,0161	0,345±0,0321*	0,250±0,0183
Клык Cuspid	0,401±0,0184	0,368±0,0124	0,437±0,0082

Примечание. * – достоверность различий показателей Qas в области исследования при $p<0,012$; пояснения по всем показателям тканевого кровотока см. в тексте работы ниже.

Note. * – the significance of differences between Qas values in the studied area at $p<0.012$; for detailed information on all tissue blood flow indicators, see the text below.

в I группе по сравнению со II и III группами. В области вторых премоляров (1.5/2.5) статистически значимые различия отмечались в III группе по сравнению с I и II группами. В области первых премоляров (1.4/2.4) значимые различия обнаружены во II группе по сравнению с I и III группами. В области первых моляров (1.6/2.6) и клыков (1.3/2.3) достоверных различий между группами не выявлено.

В соответствии с показателями конечной диастолической скорости по кривой максимальной скорости кровотока, во всех

областях исследования значения индекса периферического сопротивления (RI) были близки или равнялись единице.

Значения индекса Гослинга (PI) у пациентов I группы колебались от 1,679 до 9,654, составляя в среднем $4,124\pm 1,9112$. Максимальные значения были получены в проекции зубов 1.3/2.3, минимальные – в области зубов 1.4/2.4. У пациентов II группы, показатели PI находились в диапазоне от 2,967 до 9,231 и в среднем были равны $5,221\pm 1,1667$. Максимальные значения показателя регистрировались в области зубов 1.3/2.3,

Таблица 4. Показатели RI в исследуемых областях слизистой оболочки твердого неба
Table 4. RI index values in the studied areas of the hard palate mucosa

Область исследования (название зуба) Studied area (tooth name)	Мезопалатинальный тип (I) n=23 Mesopalatal type (I) n=23	Долхопалатинальный тип (II) n=23 Dolichopalatal type (II) n=23	Брахипалатинальный тип (III) n=23 Brachypalatal type (III) n=23
	RI		
Второй моляр Second molar	0,993±0,0108	0,996±0,0053	0,999±0,0018
Первый моляр First molar	0,998±0,0027	1	1
Второй премоляр Second premolar	1	1	1
Первый премоляр First premolar	1	0,998±0,003	1
Клык Cuspid	0,997±0,0041	0,995±0,0062	0,998±0,0022

Таблица 5. Показатели PI в исследуемых областях слизистой оболочки твердого неба
Table 5. PI index values in the studied areas of the hard palate mucosa

Область исследования (название зуба) Studied area (tooth name)	Мезопалатинальный тип (I) n=23 Mesopalatal type (I) n=23	Долхопалатинальный тип (II) n=23 Dolichopalatal type (II) n=23	Брахипалатинальный тип (III) n=23 Brachypalatal type (III) n=23
	PI		
Второй моляр Second molar	5,783±1,0438	5,462±0,7939	3,798±0,221
Первый моляр First molar	3,636±0,3386	4,349±0,7205	1,848±0,2163
Второй премоляр Second premolar	2,032±0,129	3,7251±0,5206	1,614±0,2017
Первый премоляр First premolar	1,98±0,1368	5,062±0,1219	1,743±0,2407
Клык Cuspid	7,19±0,736	7,505±0,8274	4,249±0,9489

минимальные – в области зубов 1.5/2.5. У пациентов III группы, значения индекса были в диапазоне от 1,155 до 6,397, в среднем составляли $2,650 \pm 1,1035$. Максимальные значения получены в проекции зубов 1.3/2.3, минимальные значения – в проекции зубов 1.5/2.5.

Обсуждение

Проведенное исследование с применением высокочастотной ультразвуковой доплерографии позволило выявить статистически значимые различия в параметрах тканевого кровотока слизистой оболочки твердого неба у лиц с разными типами небного свода. Полученные данные согласуются с современными представлениями о вариабельности ангиоархитектоники челюстно-лицевой области и вносят в них новое, функциональное измерение.

Качественный анализ доплерограмм показал, что у лиц с долохопалатинальным типом в области первых премоляров чаще визуализируется сигнал, характерный для артериол, в то время как у лиц с брахиопалатинальным типом в области вторых моляров преобладает картина, типичная для веноулярного звена. Это свидетельствует о различном функциональном наполнении микрососудистого русла в одних и тех же топографических точках у разных морфотипов.

Количественный анализ подтвердил эту гемодинамическую гетерогенность. Например, максимальные значения V_{as} и Q_{as} в области вторых моляров были зарегистрированы у лиц с мезопалатинальным типом, а минимальные – с брахиопалатинальным. В то же время в области первых премоляров наиболее высокие показатели были характерны для группы с долохопалатинальным сводом. Значения индекс периферического сопротивления (RI) указывают на наличие резистивных сосудов (артериол) в исследуемых участках слизистой оболочки, а широкий диапазон значений индекса пульсации (PI) может обуславливаться анатомическими особенностями ангиоархитектоники ветвей большой небной артерии и высоким периферическим сопротивлением, влияющим на эластичные свойства тканей. Такая зональная специфичность подчеркивает невозможность экстраполяции данных о кровотоке с одного участка на весь небо-альвеолярный комплекс без учета типа неба. Строение подслизистой основы слизистой оболочки твердого неба, и, следовательно, плотность микрососудов в различных его участках изменчива ввиду наличия многочисленных костных рельефных выступов, резцового, поперечного и сагиттального швов твердого неба.

Наши результаты подтверждают и дополняют работы, указывающие на тесную связь между макроскопической анатомией и микроциркуляцией. В частности, установленная связь между конфигурацией неба и характером кровотока находит объяснение в исследованиях топографии большой небной артерии, ход и ветвление которой существенно варьируются в зависимости от формы небного свода. Это согласуется с данными В. Qi и соавт. (2023), которые с помощью 3D-картирования показали вариабельность локализации этого сосуда [15]. Таким образом, выявленные нами различия в показателях линейной (V_{as}) и объемной (Q_{as}) скорости в разных точках измерения являются прямым следствием индивидуальных анатомических условий, в первую очередь – плотности и калибра сосудов микроциркуляторного русла, определяемых рельефом костной основы и ходом магистральных артерий. Л.Ю. Орехова и соавт. (2019) подчеркивают фундаментальную роль состоя-

ния микроциркуляторного русла в диагностике и прогнозировании течения воспалительных заболеваний пародонта [2]. Результаты качественного анализа доплерограмм, выявившие различные типы кровотока в разных точках измерения, полностью согласуются с данными R. Izzetti и соавт. (2020), которые демонстрировали возможности сверхвысокочастотного ультразвукового исследования для визуализации ранее недоступных анатомических структур слизистой оболочки полости рта [20]. Обнаруженная зональная специфичность кровотока имеет прямое прикладное значение. Данные, полученные в этом исследовании, подтверждают и дают функциональное обоснование выводам М.В. Чубаровой и соавт. (2025), полученным ранее, о необходимости учета индивидуальной изменчивости топографии большой небной артерии при планировании лоскутных операций [8].

Впервые методом ВУЗД была комплексно оценена и количественно подтверждена связь между конфигурацией небного свода и параметрами тканевого кровотока слизистой оболочки у клинически здоровых лиц. Новизна работы заключается в установлении конкретных гемодинамических паттернов для каждого морфотипа, что расширяет фундаментальные представления о физиологии кровоснабжения этой области.

Полученные референсные значения показателей кровотока для разных типов неба позволяют выделить группы риска по развитию сосудистых нарушений. Например, снижение кровотока в определенных зонах может служить ранним маркером ухудшения трофики тканей до появления клинических признаков патологии пародонта.

Знание особенностей кровоснабжения в зависимости от типа неба является критически важным при планировании лоскутных операций в области неба (например, при вестибулопластике или заборе соединительнотканного трансплантата для устранения рецессии десны) для минимизации риска ишемических осложнений и некроза тканей [24].

ВУЗД демонстрирует высокий скрининговый потенциал для включения в алгоритм первичного стоматологического обследования пациентов с целью составления индивидуального прогноза и плана профилактических мероприятий.

Заключение

С помощью метода ВУЗД впервые доказано, что конфигурация небного свода является значимым фактором, определяющим особенности тканевого кровотока слизистой оболочки твердого неба. Выявлена высокая вариабельность как качественных характеристик доплерограмм, так и количественных показателей V_{as} (вариабельность 28,73%) и Q_{as} (вариабельность 29,16%).

Для каждого типа небного свода характерен уникальный гемодинамический профиль с максимальными и минимальными значениями скорости кровотока в отдельных анатомических зонах (проекция моляров, премоляров, клыков). Наиболее значимые различия между группами зарегистрированы в области вторых моляров (1.7/2.7) и первых премоляров (1.4/2.4).

Полученные данные обосновывают необходимость учета типа небного свода при оценке рисков развития заболеваний пародонта и планировании хирургических вмешательств в небной области. Это способствует переходу к персонализированной пародонтологии, где профилактические и лечебные мероприятия разрабатываются с учетом индивидуальных анатомо-функциональных особенностей пациента.

ВУЗД продемонстрировала свою высокую информативность и надежность как неинвазивный метод для объективной оценки микроциркуляции, обладающий значительным скрининговым и диагностическим потенциалом в стоматологии.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Микляев С.В., Леонова О.М., Сущенко А.В. Анализ распространенности хронических воспалительных заболеваний тканей пародонта. *Современные проблемы науки и образования*. 2018;(2):15. [Miklyayev S.V., Leonova O.M., Sushchenko A.V. Analysis of the prevalence of chronic inflammatory periodontal tissue diseases. *Modern Probl. Sci. Educat.* 2018;(2):15 (In Russ.).]
2. Орехова Л.Ю., Лобода Е.С., Яманидзе Н.А., Березкина И.В. Значение микроциркуляции в диагностике и динамике лечения воспалительных заболеваний пародонта. *Медицина: теория и практика*. 2019;4:404–5. [Orekhova L.Yu., Loboda E.S., Yamanidze N.A., Berezkina I.V. The importance of microcirculation in the diagnosis and dynamics of treatment of inflammatory periodontal diseases. *Med. Theor. Pract.* 2019;4:404–5 (In Russ.).]
3. Silva H. Tobacco Use and Periodontal Disease—The Role of Microvascular Dysfunction. *Biology (Basel)*. 2021;10(5):441. <https://doi.org/10.3390/biology10050441>.
4. Кречина Е.К., Маслова В.В., Рахимова Э.Н., Шидова А.В. Определение гемомикроциркуляции в тканях пародонта с использованием методов лазерной и ультразвуковой доплерографии. 2008;4. [Krechina E.K., Maslova V.V., Rakhimova E.N., Shidova A.V. Determination of hemomicrocirculation in periodontal tissues using laser and ultrasound Dopplerography methods. 2008;4 (In Russ.).]
5. Moiseev D., Donskov S., Dubrovin I., et al. A New Way to Model Periodontitis in Laboratory Animals. *Dent. J.* 2023;11(9):219. <https://doi.org/10.3390/dj11090219>.
6. Сабанцева Е.Г. Патофизиологическая характеристика расстройств микроциркуляции при воспалительно-деструктивных заболеваниях слизистой оболочки рта. *Регионарное кровообращение и микроциркуляция*. 2006;1:30–6. [Sabantseva E.G. Pathophysiological characteristics of microcirculation disorders in inflammatory-destructive diseases of the oral mucosa. *Regional Blood Circulat. Microcirculat.* 2006;1:30–6 (In Russ.).]
7. Фирсова И.В., Македонова Ю.А., Питерская Н.В., Мулина А.А. Диагностика микроциркуляции при воспалительных заболеваниях полости рта. *Вестник ВолГМУ*. 2016;2(58):118. [Firsova I.V., Makedonova Yu.A., Piterskaya N.V., Mulina A.A. Diagnosis of microcirculation in inflammatory diseases of the oral cavity. *Bull. VolSMU*. 2016;2(58):118 (In Russ.).]
8. Чубарнова М.В., Давыдов А.Б., Костин И.О., Давыдов Б.А. Закономерности индивидуально-типологической изменчивости локализации большой небной артерии в планировании лоскутных операций в области небо-альвеолярного комплекса. *Институт стоматологии*. 2025;2(107):97–9. [Chubarnova M.V., Davydov A.B., Kostin I.O., Davydov B.A. Patterns of individual-typological variability of the localization of the large palatine artery in the planning of flap operations in the palato-alveolar complex. *Instit. Dentistr.* 2025;2(107):97–9 (In Russ.).]
9. Arpita R.T., Krishna B., Kruthika G., Venkatesh G.N. Anatomy and morphology of the nasopalatine canal using conebeam computed tomography. *Imaging Sci. Dent.* 2013;4(43):273–81.
10. Etoz M., Sisman Y. Evaluation of the nasopalatine canal and variations with cone-beam computed tomography. *Surg. Radiol. Anatom.* 2014;8(36):805–12.
11. Liang X., Jacobs R., Martens W., et al. Macro- and micro-anatomical, histological and computed tomography scan characterization of the nasopalatine canal. *J. Clin. Periodontol.* 2009;36:598–603.
12. Македонова Ю.А., Фирсова И.В., Поройский С.В., Михальченко Д.В. Анализ показателей капиллярного кровотока у больных красным плоским лишаем слизистой полости рта. *Вестник ВолГМУ*. 2016;1(57):67. [Makedonova Yu.A., Firsova I.V., Poroisky S.V., Mikhailchenko D.V. Analysis of capillary blood flow indicators in patients with lichen planus of the oral mucosa. *Bull. VolgSMU*. 2016;1(57):67 (In Russ.).]
13. Willershausen I., Ehrenfried A., Krautkremer F., et al. Impact of different cephalometric skeletal configurations on anatomic midface parameters in adults. *Clin. Oral Investig.* 2023;28(1):55. <https://doi.org/10.1007/s00784-023-05472-7>.
14. Давыдов Б.Н., Доменюк Д.А., Кочконян Т.С. и др. Вариантная морфология и индивидуальная изменчивость свода твердого неба у людей зрелого возраста с различными типами строения головы (Часть I). *Институт стоматологии*. 2021;4(93):70–3. [Davydov B.N. Domenyuk D.A., Kochkonyan T.S., et al. Variant morphology and individual variability of the vault of the hard palate in mature people with different types of head structure (Part I). *Inst. Dentistr.* 2021;4(93):70–3 (In Russ.).]
15. Qi B., Khazaeinezhad R., Hariri A., et al. Three-dimensional mapping of the greater palatine artery location and physiology. *Dentomaxillofac. Radiol.* 2023;52(8):20230066. <https://doi.org/10.1259/dmfr.20230066>.
16. Nasseh I., Aoun G., Sokhn S. Assessment of the Nasopalatine Canal: an Anatomical Study. *Acta Inform. Med.* 2017;1(25):34–8.
17. Panda M., Shankar T., Raut A., et al. Cone beam computerized tomography evaluation of incisive canal and anterior maxillary bone thickness for placement of immediate implants. *J. Indian Prosthodont. Soc.* 2018;4(18):356–63.
18. Panjnoush M., Norouzi H., Kheirandish Y., et al. Evaluation of Morphology and Anatomical Measurement of Nasopalatine Canal Using Cone Beam Computed Tomography. *J. Dent. (Tehran)*. 2016;4(13):287–94.
19. Кухаренко Ю.В., Попова Е.С. Возможность использования ультразвуковой доплерографии в диагностике сосудистых нарушений тканей пародонта у пациентов с зубочелюстными аномалиями. *Дальневосточный медицинский журнал*. 2013;(3):74–7. [Kukharensko Yu.V., Popova E.S. The possibility of using ultrasound Dopplerography in the diagnosis of vascular disorders of periodontal tissues in patients with dental anomalies. *Far East. Med. J.* 2013;(3):74–7 (In Russ.).]
20. Izzeiti R., Vitali S., Aringhieri G., et al. Discovering a new anatomy: exploration of oral mucosa with ultra-high frequency ultrasound. *Dentomaxillofac. Radiol.* 2020;49(7):20190318 <https://doi.org/10.1259/dmfr.20190318>.
21. Bhatti A., Ishii T., Kanno N., et al. Region-based SVD processing of high-frequency ultrafast ultrasound to visualize cutaneous vascular networks. *Ultrasonics*. 2023;129:106907. <https://doi.org/10.1016/j.ultras.2022.106907>.
22. Петрищев Н.Н., Васина Е.Ю., Корнеев Н.В. и др. Способ определения рективности сосудов микроциркуляторного русла и вазомоторной функции эндотелия с использованием высокочастотной доплерографии (медицинская технология). СПб., 2009. [Petrishchev N.N., Vasina E.Yu., Korneev N.V. et al. A method for determining vascular reactivity of the microcirculatory bed and vasomotor function of the endothelium using high-frequency Dopplerography (medical technology). St. Petersburg, 2009 (In Russ.).]
23. Астафьева Н.В., Писаревский Ю.Л., Кухаренко Ю.В. Применение ультразвуковой доплерографии для оценки эффективности ортодонтического-го лечения скученности зубов. *БМЖ*. 2009;2:44. [Astafieva N.V., Pisarevsky Yu.L., Kukharensko Yu.V. Application of ultrasound Dopplerography to assess the effectiveness of orthodontic treatment of crowded teeth. *BMJ*. 2009;2:44 (In Russ.).]
24. Моисеев Д.А., Копецкий И.С., Гусева О.Ю. и др. Анализ причин развития и особенностей течения рецессии десны при различных клинических состояниях. *Клиническая стоматология*. 2024;27(3):66–77. [Moiseev D.A., Kopetsky I.S., Guseva O.Yu., et al. Analysis of the causes and

features of the course of gum recession in various clinical conditions. *Clin. Dent.* 2024;27(3):66–77 (In Russ.). https://doi.org/10.37988/1811-153X_2024_3_66.

Поступила 27.10.2025

Получены положительные рецензии 15.01.26

Принята в печать 20.01.26

Received 27.10.2025

Positive reviews received 15.01.26

Accepted 20.01.26

Вклад авторов. Все авторы внесли равноценный вклад в написание статьи.

Contribution of the authors. All authors contributed equally to the writing of the article.

Информация об авторах:

Чубарнова Мария Владимировна – ассистент кафедры детской стоматологии и ортодонтии ФГБОУ ВО Тверской государственный медицинский университет Минздрава РФ. Адрес: 170001 Тверь, ул. Советская, д. 4; e-mail: adsl94926@rambler.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7384-9679>

Давыдов Алексей Борисович – д.м.н., профессор, заведующий кафедрой хирургической стоматологии и челюстно-лицевой хирургии ФГБОУ ВО Тверской государственный медицинский университет Минздрава РФ. Адрес: 170001 Тверь, ул. Советская, д. 4; e-mail: davydovab@tvgtu.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1658-2167>

Давыдова Ольга Борисовна, к.м.н., доцент, доцент кафедры стоматологии ФГБОУ ВО Тверской государственный медицинский университет Минздрава РФ. Адрес: 170001 Тверь, ул. Советская, д. 4; e-mail: davidowaolga@rambler.ru. <https://orcid.org/0000-0003-4383-3769>

Моисеев Денис Александрович – к.м.н., заведующий лабораторией симуляционных технологий в стоматологии, доцент кафедры терапевтической стоматологии Института стоматологии ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава РФ (Пироговский университет). Адрес: 117513 Москва, ул. Островитянова, д. 1; тел.: +7(915) 729-39-11; e-mail: moiseeff.den@yandex.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7811-7741>, SPIN-код: 2017-4416, AuthorID: 943246

Давыдов Борис Алексеевич – врач челюстно-лицевой хирург стоматологической поликлиники ФГБОУ ВО Тверской государственный медицинский университет Минздрава РФ. Адрес: 170001 Тверь, ул. Советская, д. 4; e-mail: davydovboris@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-6058-6772>

Червонный Дмитрий Вадимович – студент 5-го курса Института стоматологии ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава РФ (Пироговский университет). Адрес: 117513 Москва, ул. Островитянова, д. 1; e-mail: chervonnyy1011@yandex.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-8747-1546>

Кабанов Сергей Юрьевич – студент 5-го курса Института стоматологии ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава РФ (Пироговский

университет). Адрес: 117513 Москва, ул. Островитянова, д. 1; e-mail: kab_an16@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-6546-5317>

Коновалова Валерия Дмитриевна – студентка 5-го курса Института стоматологии ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава РФ (Пироговский университет). Адрес: 117513 Москва, ул. Островитянова, д. 1; e-mail: valeria.konovalova.2002@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-0865-1098>

Information about the authors:

Denis Aleksandrovich Moiseev – Cand.Med.Sci., Head of the Laboratory of Simulation Technologies in Dentistry, Associate Professor of the Department of Therapeutic Dentistry, Institute of Dentistry, FSAEI HE N.I. Pirogov RNRMU of the MOH of Russia (Pirogov University). Address: 1 Ostrovityanova St., 117513 Moscow; tel.: +7 (915) 729-39-11; e-mail: moiseeff.den@yandex.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7811-7741>, SPIN-код: 2017-4416, AuthorID: 943246, Scopus Author ID: 58534020500

Maria Vladimirovna Chubarnova – Assistant, Department of Pediatric Dentistry and Orthodontics, Tver State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation. Address: 4 Sovetskaya St., 170001 Tver; e-mail: adsl94926@rambler.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7384-9679>

Aleksey Borisovich Davydov – Dr.Med.Sci., Professor, Head of the Department of Surgical Dentistry and Maxillofacial Surgery, Tver State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation. Address: 4 Sovetskaya St., 170001 Tver; e-mail: davydovab@tvgtu.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1658-2167>

Olga Borisovna Davydova – Cand.Med.Sci., Associate Professor, Associate Professor of the Department of Dentistry, Tver State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation. Address: 4 Sovetskaya St., 170001 Tver; e-mail: davidowaolga@rambler.ru. <https://orcid.org/0000-0003-4383-3769>

Boris Alekseevich Davydov – Maxillofacial Surgeon, Dental Clinic, Tver State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation. Address: 4 Sovetskaya St., 170001 Tver; e-mail: davydovboris@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-6058-6772>

Dmitry Vadimovich Chervonnyy – 5th year Student at the Institute of Dentistry of the FSAEI HE N.I. Pirogov RNRMU of MOH of Russia (Pirogov University). Address: 1 Ostrovityanova St., 117513 Moscow; e-mail: chervonnyy1011@yandex.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-8747-1546>

Sergey Yurievich Kabanov – 5th year Student at the Institute of Dentistry of the FSAEI HE N.I. Pirogov RNRMU of MOH of Russia (Pirogov University). Address: 1 Ostrovityanova St., 117513 Moscow; e-mail: kab_an16@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-6546-5317>

Valeria Dmitrievna Konovalova – 5th year Student at the Institute of Dentistry of the FSAEI HE N.I. Pirogov RNRMU of MOH of Russia (Pirogov University). Address: 1 Ostrovityanova St., 117513 Moscow; e-mail: valeria.konovalova.2002@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-0865-1098>