

УДК 612.15

DOI: 10.24884/1682-6655-2018-17-2-49-56

СКЕДИНА М. А., СОЛОВЬЁВА З. О., КОВАЛЁВА А. А.,
ИЛЬИН В. К.

Исследование тканей пародонта при моделировании условий микрогравитации

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН», Москва, Россия
123007, Россия, Москва, Хорошевское шоссе, д. 76 А
e-mail: skedina@imbp.ru

Статья поступила в редакцию 01.02.18; принята к печати 15.03.18

Реферат

Проводилась комплексная оценка состояния тканей пародонта, включающая микроциркуляторные, микробиологические и иммунологические исследования в условиях, моделирующих состояние микрогравитации. В условиях 5-суточной «сухой» иммерсии у 8 мужчин-добровольцев измеряли скорость кровотока в микроциркуляторном русле пародонта, определяли уровень иммуноглобулинов в ротовой жидкости, исследовали состояние микробиоценоза пародонта. На 5-е сутки иммерсии и на 7-е сутки после иммерсии отмечали снижение скорости кровотока в тканях пародонта в нижней и достоверно ($p \leq 0,05$) в верхней челюсти. Показано носительство пяти основных пародонтопатогенных видов микроорганизмов в ходе эксперимента. При этом отмечена тенденция роста sIgA, что, вероятно, можно связать с появлением пародонтопатогенной микрофлоры в ротовой полости. Комплексное исследование показало предрасположенность тканей пародонта обследуемых в условиях иммерсии к развитию воспалительных заболеваний и снижение барьерных функций пародонта.

Ключевые слова: пародонт, микроциркуляция, микрофлора, иммунная система, ультразвуковое исследование, микрогравитация

Для цитирования: Скедина М. А., Соловьёва З. О., Ковалёва А. А., Ильин В. К. Исследование тканей пародонта при моделировании условий микрогравитации. Регионарное кровообращение и микроциркуляция. 2018;17(2):51–58. doi: 10.24884/1682-6655-2018-17-2-49-56

UDC 612.15

DOI: 10.24884/1682-6655-2018-17-2-49-56

SKEDINA M. A., SOLOV'YEV Z. O., KOVALEVA A. A.,
ILYIN V. K.

Examination of periodontal tissue in modeling microgravity conditions

Institute of Biomedical Problems of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia,
123007, Russia, Moscow, Horoshevskoe street, 76 A
e-mail: skedina@imbp.ru

Received 01.02.18; accepted 15.03.18.

Summary

A complex assessment of the condition of periodontal tissues was carried out, including microcirculatory, microbiological and immunological studies in conditions simulating microgravity. Under conditions of a 5-day «dry» immersion, 8 male volunteers were subjected to blood flow velocity measuring in microcirculatory bed of periodontal disease, measuring of immunoglobulins level in the oral fluid, and investigations of periodontal microflora. On the 5th day of immersion and on 7-th day after immersion, there was a decrease in the blood flow velocity in the periodontal tissues in mandible ($p \leq 0.05$) in maxilla. Five main parodontopathogenic microorganisms predominated after experiment. At the same time, the growth trend of sIgA was noted, which, probably, can be associated with the appearance of parodontopathogenic microflora in the oral cavity. A comprehensive study showed a predisposition of periodontal tissues in conditions of immersion to inflammatory diseases and a decrease of periodontal disease barrier functions.

Key words: periodontium, microcirculation, microflora, immune system, ultrasound, microgravity

For citation: Skedina M. A., Solov'eva Z. O., Kovaleva A. A., Ilyin V. K. Examination of periodontal tissue in modeling microgravity conditions. Regional hemodynamics and microcirculation. 2018;17(2):51–58. doi: 10.24884/1682-6655-2018-17-2-49-56

Введение

Воспалительные заболевания пародонта – это одна из важнейших проблем современной стоматологии. Население развитых стран в возрасте старше 35 лет в 50 % имеет локализованный гингивит и в 30 % – локализованный пародонтит [20]. Основная роль в патогенезе развития заболеваний отводится дисфункции системы микроциркуляции тканей пародонта, иммунной системе, неврогенной составляющей и действию патогенной микрофлоры [5]. Система микроциркуляции (МЦР) – это основное звено, обеспечивающее гомеостаз в органах и тканях, и она является наиболее чувствительным индикатором, реагирующим на патологические изменения еще до появления клинических симптомов воспаления в пародонте. Следует отметить, что система МЦР ротовой полости остается малоизученной [10], в связи с этим исследование кровотока в тканях пародонта в условиях, моделирующих космический полет (КП), является актуальной.

Пародонт – это комплекс тканей, окружающих зуб, составляющих единое целое, имеющих генетическую и функциональную общность. В состав пародонта входят десна, костная ткань альвеолы (вместе с надкостницей), периодонт, зуб (цемент, дентин корня зуба, пульпа). Выделяют три основные зоны десны – десневой край, прикрепленная десна, зона переходной складки. В первых двух зонах располагаются только капиллярные петли, а зона переходной складки представлена всеми звеньями системы МЦР, поэтому местом исследования микроциркуляторного кровотока в пародонте является граница между прикрепленной десной и переходной складкой, так называемая десневая борозда [4, 5].

Ткани пародонта снабжаются артериальной кровью из бассейна наружной сонной артерии, ее ветвью – челюстной артерией. Интенсивность кровотока в десне составляет 70 % интенсивности кровотока всех тканей пародонта. Исследованиями показано, что десна нижней челюсти более васкуляризирована, чем верхняя [1, 15, 16].

В области десневой борозды сосуды не образуют капиллярных петель, а располагаются плоским слоем, являясь посткапиллярными венулами, стенки которых имеют повышенную проницаемость, через них идет трансудация плазмы крови и ее превращение в десневую жидкость. Десневая жидкость содержит вещества, обеспечивающие местную иммунную защиту слизистой оболочки полости рта. Местный иммунитет полости рта представлен сложной многокомпонентной системой, которая включает специфические и неспецифические компоненты, гуморальные и клеточные факторы, обеспечивающие защиту тканей полости рта и пародонта от патогенной микрофлоры. Неспецифические факторы представляют собой биологические белки слюны, комплемент, микрофлору полости рта, местные фагоцитирующие клетки и т. д.; специфические факторы – иммуноглобулины (IgA, IgM, IgG), попадающие из сыворотки крови путем пассивной диффузии через межклеточные пространства десневой борозды и через клетки эпителия. Основную роль играет IgA. Секреторный компонент

(s) IgA синтезируется эпителиальными клетками выводных протоков слюнных желез, он способен специфически связываться с чужеродными элементами, возбудителями воспалительных процессов и вызывать их элиминацию.

Исследованиями последних лет показано, что в патогенезе развития воспалительных изменений в пародонте лежат ассоциации такой патогенно-агрессивной микрофлоры, как *Prevotella intermedia*, *Aggregatibacter actinomycetem comitans*, *Porphyromonas gingivalis* [13].

Неблагоприятные факторы окружающей среды вызывают напряжение адаптационных систем, приводящее к изменению гомеостатических параметров организма человека, изменению метаболических и физиологических процессов. Исследования по влиянию хронического психоэмоционального стресса на ткани пародонта показали, что стресс может провоцировать микроциркуляторные расстройства и нарушать обменные процессы в тканях пародонта [2].

Условия космического полета (КП) приводят к изменению функциональных показателей многих органов и систем организма человека. Накопленный опыт осуществления КП показывает, что по мере увеличения длительности полета значение комплексного подхода в исследовании изменений зубочелюстной системы приобретает большую актуальность. Возможность развития неблагоприятных изменений в тканях пародонта членов экипажей в условиях КП была подтверждена при исследованиях в рамках космического эксперимента «Пародонт» и модельных экспериментов (60- и 120-суточная антиортостатическая гипокинезия). Показано, что по завершению КП происходят существенные изменения местного иммунитета и микрофлоры тканей пародонта космонавтов. В условиях модельных экспериментов выявлено увеличение концентрации иммуноглобулинов (sIgA, IgA, IgG) в десневой жидкости, появление пародонтопатогенной микрофлоры при исчезновении нормальной, нарушение показателей системы МЦР тканей пародонта. Данные изменения свидетельствуют о напряжении общего иммунитета, а в сочетании с ростом патогенной микрофлоры – и о снижении местного иммунитета. Исследования не смогли определить, являются ли изменения результатом длительного КП и особенностями формирования микробиоценоза и местного иммунитета пародонта в условиях КП, или же они являются одним из специфических проявлений реадaptационного послеполетного состояния организма человека [3].

Цель работы – комплексная оценка состояния тканей пародонта, включающая клинические, микроциркуляторные, микробиологические и иммунологические исследования в условиях, моделирующих состояние микрогравитации (5-суточная «сухая» иммерсия).

Материал и методы исследования

Исследования проведены с участием 8 здоровых мужчин-добровольцев, ознакомленных с программой эксперимента и подписавших информированное согласие на участие в проводимых исследованиях.

Перед экспериментом испытуемые прошли строгий отбор, были признаны здоровыми и получили допуск врачебно-экспертной комиссии. У всех испытуемых стоматологический статус без особенностей. Испытуемые имели возраст от 19 до 26 лет, средний рост их составлял $175,5 \pm 5,2$ см, масса тела – $68,5 \pm 4,9$ кг.

Согласно программе исследований [12], они в течение 5 суток находились в иммерсионной ванне размером $256 \times 148 \times 110$ см, наполненной водой, температура которой постоянно поддерживалась на уровне $32-34^\circ\text{C}$. Испытуемых от воды отделяла свободно плавающая водонепроницаемая пленка. Уровень погружения поддерживался постоянным по границе подмышечной впадины испытуемого или несколько выше (рис. 1).

«Сухая» иммерсия воспроизводит в организме человека изменения физиологических функций, так же как невесомость [14, 19], и впервые была предложена в качестве модели физиологических эффектов невесомости в начале 1970-х гг. [14].

Исследования тканей пародонта проводились на 1-е сутки (фон), на 5-е сутки иммерсии (выход) и на 7-е сутки по окончании иммерсии. Все исследования выполнялись натошак, перед чисткой зубов, в положении лежа в иммерсионной ванне, на 7-е сутки после иммерсии – полулежа (имитирующее положение в иммерсионной ванне).

Гигиена полости рта осуществлялась утром и вечером, чистка зубов проводилась в течение 3 мин зубной щеткой и зубной пастой, индивидуально используемой каждым испытуемым в обычных условиях жизнедеятельности. После приема пищи проводилось очищение межзубных промежутков с помощью шелковых флоссов.

Все исследования проводились в покое без предварительных физических и психоэмоциональных нагрузок.

Оценку кровотока в тканях пародонта проводили методом ультразвуковой доплеровской флуометрии (УЗДФ). Для этого применяли ультразвуковой высокочастотный доплерограф «Минимакс-Допплер-К», (Санкт-Петербург) с ультразвуковым датчиком непрерывного излучения, рабочая частота которого составляла 20 МГц (рис. 2), который широко используется в стоматологии [8, 9, 18]. Данный метод

позволяет оценить линейную и объемную скорость кровотока в ткани на глубине до 1,5 см.

Измерения проводили на границе между прикреплённой десной и переходной складкой снаружи между 1-м и 2-м резцами справа и слева, на верхней и нижней челюсти после нанесения на датчик акустического геля, без сдавления слизистой оболочки десны. Правильность установки датчика контролировали по характерному звуковому сигналу и визуальному сигналу на мониторе прибора, представляющему монофазную кривую, не синхронизированную с фазами сердечного цикла.

Данные представлялись на экране монитора в виде цветной доплерограммы, по которой можно визуально определить тип преобладающего кровотока. В ходе исследования регистрировались абсолютные значения линейных скоростей в исследуемом объеме ткани по кривым: максимальной скорости, отражающей артериовенулярный кровоток: V_s – максимальная систолическая скорость; V_m – средняя скорость; V_d – конечная диастолическая скорость (в см/с); и средней скорости (показатели, рассчитанные по этой кривой соответствуют преимущественно капиллярному кровотоку): V_{as} – максимальная систолическая скорость; V_{am} – средняя скорость; V_{akd} – конечная диастолическая скорость (см/с).

Для проведения исследований ротовой жидкости (представляющей собой десневую жидкость и слюну) пробы отбирались в тех же местах, где проводилось УЗ-исследование тканей пародонта. Пробы отбирались стерильным тампоном, который прикладывался к месту отбора на 2 мин. Забор микробиологических проб осуществлялся с зубной щетки 7-го, 10-го, 23-го и 26-го зубов верхней и нижней челюсти в соответствии с универсальной схемой нумерации (рис. 2, а) с помощью пробоборников. Исследования проводились стандартными бактериологическим и иммунологическим методами.

Для определения иммуноглобулинов (sIgA, IgA, IgM) использовался иммуноферментный метод анализа (ИФА). Применялись наборы реагентов «IgA общий-ИФА-Бест», «IgM общий-ИФА-Бест», «IgA секреторный-ИФА-Бест» (ЗАО «Вектор-Бест», Россия). Качественный состав основных пародонтопатогенных видов микроорганизмов определялся современным методом молекулярно-биологическо-

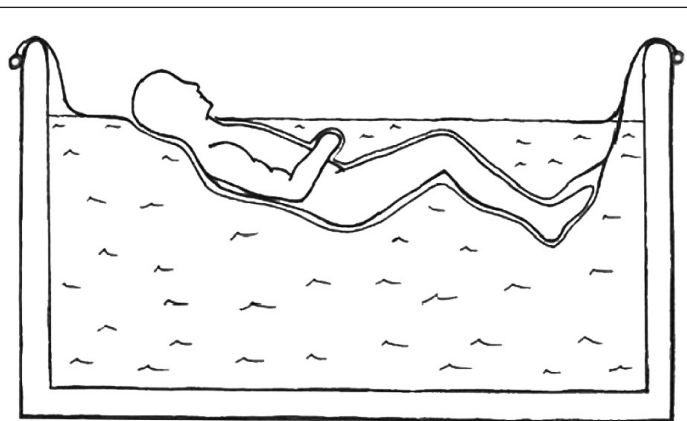


Рис. 1. Расположение испытуемого в иммерсионной ванне

Fig. 1. Location of the volunteer in the immersion bath

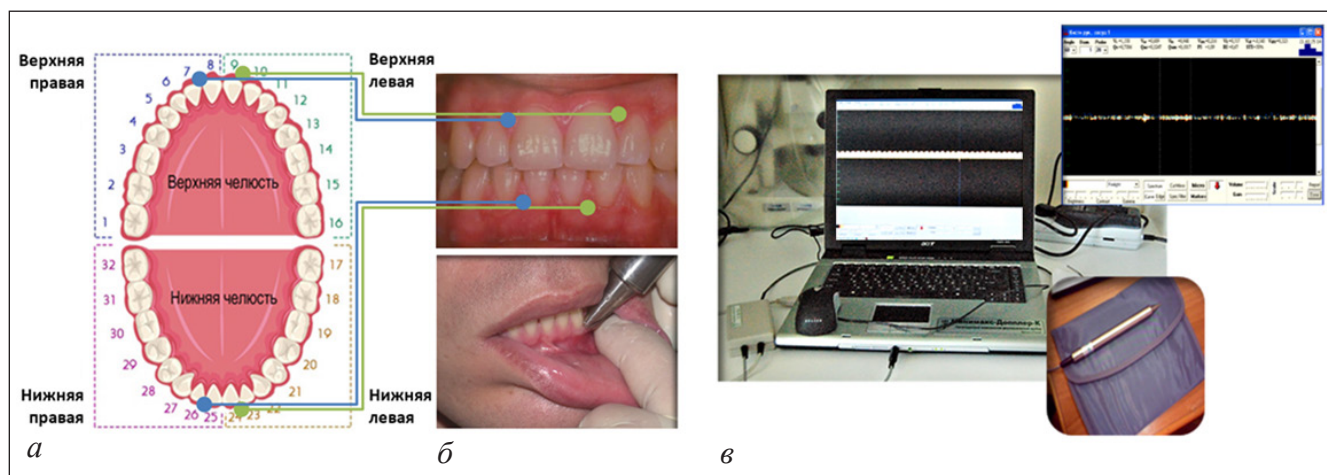


Рис. 2. Точки проведения ультразвукового исследования тканей пародонта и забора ротовой жидкости (а); проведение ультразвукового исследования (б); прибор доплерограф «Минимакс-Допплер-К» и доплерограмма (в)
Fig. 2. The field of ultrasound examination of periodontal tissues and oral fluid intake (a); carrying out ultrasound (b); device dopplerograph Minimax-Doppler-K and dopplerogram (c)

го исследования – полимеразной цепной реакцией (ПЦР) [6].

Статистическая обработка полученных данных производилась с помощью программы «StatSoft Statistica v7.0». Для определения различий между группами использовался непараметрический критерий Манна–Уитни с принятым уровнем значимости $p=0,05$. С целью оценки достоверности внутригрупповой динамики параметров микроциркуляции использовали непараметрический критерий Вилкоксона с принятым уровнем значимости $p=0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение

Сравнение показателей кровотока в МЦР пародонта верхней и нижней челюсти у испытуемых до эксперимента не выявило различий (табл. 1).

У 3 обследуемых на 5-е сутки «сухой» иммерсии показатели скорости кровотока в нижней челюсти практически не изменились, показатели артерио-

венулярного и капиллярного кровотока в верхней челюсти имели тенденцию к снижению в среднем на 15 %. Через 7 суток после иммерсии все показатели кровотока приближались к исходным значениям.

У 5 обследуемых наблюдали достоверное замедление кровотока в тканях пародонта как в артериоло-венулярном, так и капиллярном звене верхней челюсти (рис. 3). Как видно из рис. 3, на 5-е сутки иммерсии происходит достоверное снижение кровотока в артериоло-венулярном и венулярном звене ($p \leq 0,05$) МЦР пародонта верхней челюсти, также отмечается достоверное снижение ($p \leq 0,01$) показателей капиллярного кровотока. Замедление кровотока отчетливо прослеживается на представленных доплерограммах (рис. 4). В нижней челюсти отмечалась тенденция к снижению кровотока в МЦР пародонта в артериоло-венулярном звене в среднем на 8 %, в капиллярном звене – в среднем на 12 %.

Таблица 1

Средние значения показателей и кровотока в тканях пародонта испытуемых в фоновом периоде

Table 1

Mean values of blood flow indices in the periodontal tissues of volunteers in the background

Показатель, см/с		Верхняя челюсть (n=16)			Нижняя челюсть (n=16)		
		среднее*	минимум	максимум	среднее*	минимум	максимум
Артериоло-венулярный кровоток	Vs	1,1295 (0,98; 1,237)	0,469	1,5	0,989 (0,858; 1,059)	0,572	1,575
	Vm	0,5695 (0,409; 0,665)	0,195	0,958	0,5175 (0,373; 0,664)	0,236	1,159
	Vad	0,264 (0,225; 0,335)	0,151	0,504	0,2205 (0,203; 0,283)	0,172	0,43
Капиллярный кровоток	Vas	0,2 (0,16; 0,226)	0,117	0,343	0,171 (0,150; 0,194)	0,13	0,225
	Vam	0,1295 (0,113; 0,157)	0,084	0,274	0,122 (0,114; 0,136)	0,092	0,161
	Vakd	0,208 (0,142; 0,283)	0,128	0,38	0,1645 (0,144; 0,191)	0,125	0,229

Примечание: данные представлены в виде медианы; * – 25-й процентиль, 75-й процентиль.

На 7-е сутки после завершения иммерсии показатели скорости кровотока в МЦР пародонта верхней челюсти находятся ниже фоновых значений, а показатели капиллярного кровотока (Vas, Vam) продолжают снижаться. Показатели скорости кровотока в МЦР пародонта нижней челюсти к этому времени восстанавливаются до исходных значений.

Результаты проводимых исследований показали, что подавляющее большинство обследуемых характеризовались нормальным микробиоценозом и местным иммунным статусом перед модельным экспериментом.

Характер изменения содержания иммуноглобулинов у обследуемых в ротовой жидкости в ходе «сухой» иммерсии представлен в табл. 2.

Как видно из данных табл. 2, динамика показателей иммуноглобулинов в ротовой жидкости в ходе 5-суточной «сухой» иммерсии и после эксперимента колеблется в пределах нормальных значений. Однако отмечается тенденция роста sIgA (секреторного компонента IgA) на 5-е сутки иммерсии и на 7-е сутки после завершения иммерсии. Можно предположить, что увеличение sIgA связано с появлением пародонтопатогенной микрофлоры в ротовой полости в ходе эксперимента.

Проведенная детекция маркерной дезоксирибонуклеиновой кислоты пяти основных пародонтопатогенных видов – *Prevotella intermedia*, *Tannerella forsythia*, *Treponema denticola*, *Aggregatibacter actinomycetemcomitans*, *Porphyromonas gingivalis* пока-

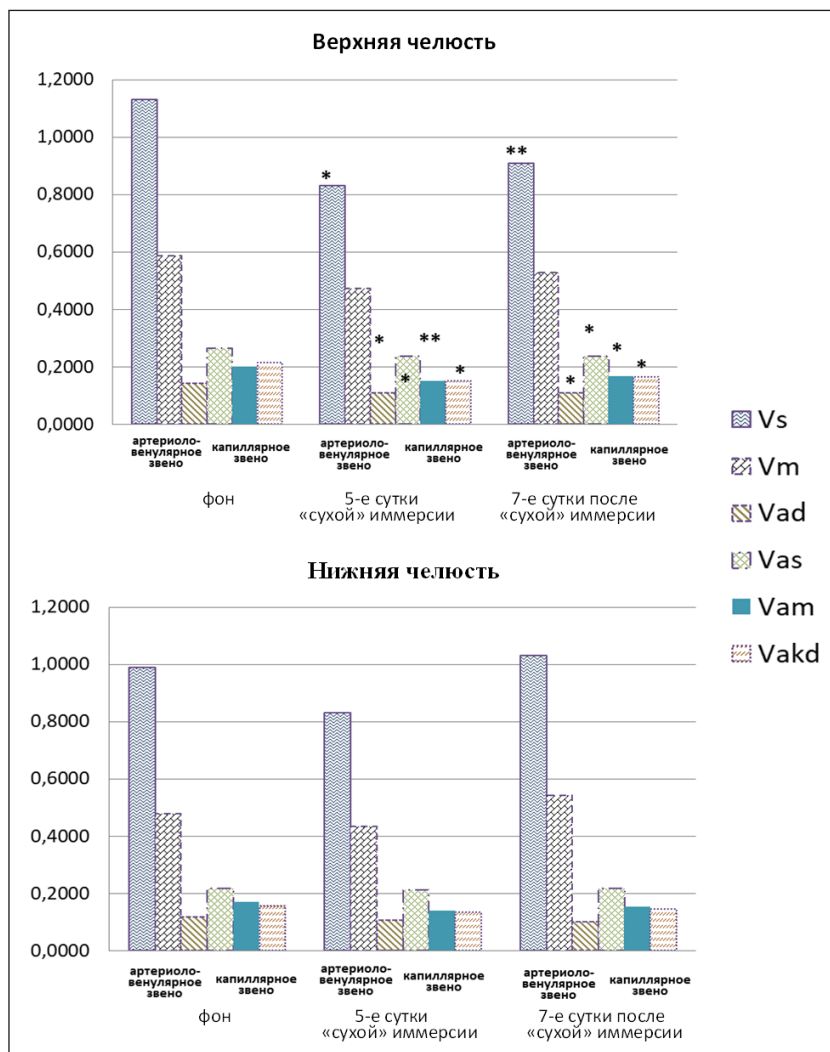


Рис. 3. Динамика показателей скорости кровотока в МЦР пародонта у обследуемых в ходе эксперимента с «сухой» иммерсией:

* – $p \leq 0.05$; ** – $p < 0.01$ относительно фона

Fig. 3. The blood flow speed dynamics in the periodontal MCR in subjects surveyed in the experiment with a «dry» immersion:

* – $p \leq 0.05$; ** – $p < 0.01$ with respect to the background

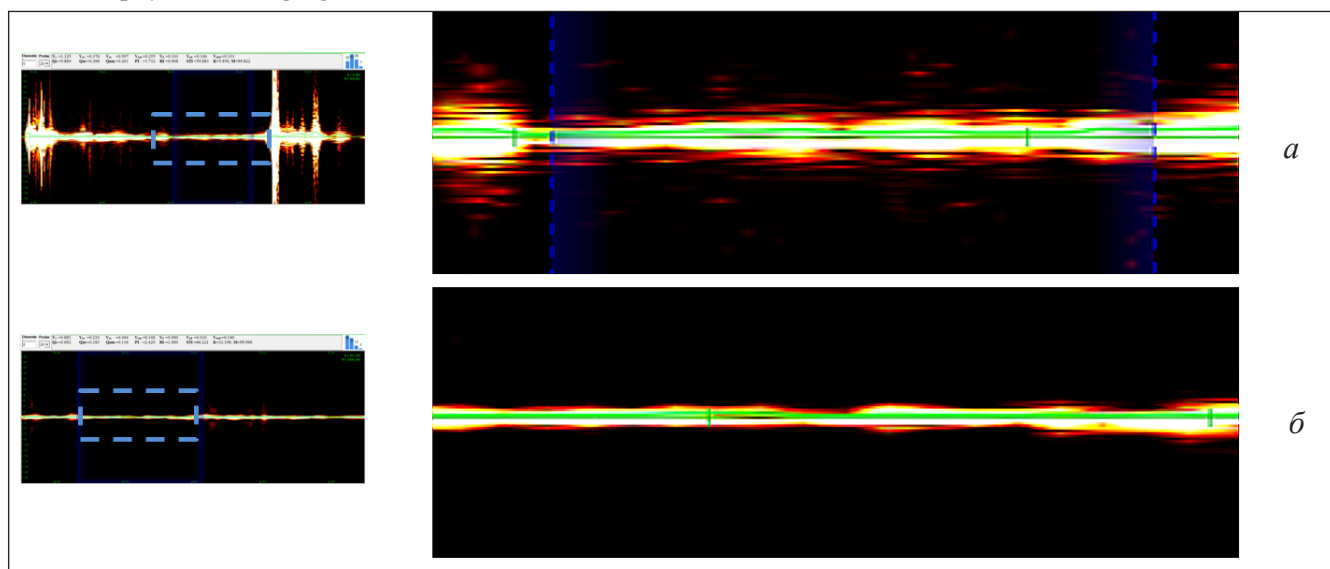


Рис. 4. Пример доплерограмм пародонта верхней челюсти у испытуемого: а – в фоне; б – на 5-е сутки «сухой» иммерсии

Fig. 4. The dopplerograms of the periodontium of the upper jaw in the subject (an example): а – in the background; б – on the 5th day of the «dry» immersion

Динамика содержания иммуноглобулинов в ротовой жидкости у обследуемых в ходе иммерсии

Table 2

Dynamics of the immunoglobulins content in the oral fluid in the subjects during immersion

Показатель		Среднее (N=32)	Минимум	Максимум	25-й процентиль	75-й процентиль	Показатели нормы в слюне по данным Вектор-Бест
sIgA, мг/л	фон	117,7450	100,6550	333,6000	108,8150	180,2150	115,3–299,7
	5-е сутки иммерсии	135,9750	101,7000	487,4650	115,1000	303,7000	
	7-е сутки после иммерсии	211,5725	117,9900	341,8600	170,7350	303,9425	
IgA, г/л	фон	0,0355	0,0100	0,2379	0,0163	0,0605	0,069±0,028
	5-е сутки иммерсии	0,0395	0,0105	0,0988	0,0206	0,0528	
	7-е сутки после иммерсии	0,0250	0,0111	0,0830	0,0225	0,0321	
IgM, г/л	фон	0,0126	0,0101	0,0329	0,0106	0,0200	0,055±0,011
	5-е сутки иммерсии	0,0119	0,0083	0,0278	0,0112	0,0144	
	7-е сутки после иммерсии	0,0106	0,0088	0,0291	0,0100	0,0216	

зала наличие в ротовой полости обследуемых всех представителей этой группы после проведения иммерсии.

Что подтверждается увеличением sIgA как специфического фактора, обеспечивающего защиту тканей полости рта и пародонта от патогенной микрофлоры.

Пародонт – это сложная многокомпонентная система, жизнеспособность которой сильно зависит от адекватной микроциркуляции, микробиоценоза ротовой полости, местного и общего иммунного состояния организма. Поэтому для понимания развития патологических процессов, которые могут приводить к дисфункции тканей пародонта, необходимо проводить комплексные исследования, включающие изучение всех компонентов этой системы. Считается, что воспаление в периодонтальных тканях приводит к разрушению микроциркуляторной функции и что кровоток может служить предиктором заболеваний пародонта [18, 5]. Многими исследованиями показано, что первичная (доклиническая) реакция МЦР на развитие патологического процесса в пародонте проявляется в замедлении кровотока, дилатации венул [5, 20]. Однако исследование параметров микроциркуляции в тканях пародонта является технически сложной задачей. Наиболее приемлемым и информативным методом, который позволяет измерить линейные показатели кровотока в разных звеньях МЦР и рассчитать объемные показатели кровотока, является метод ультразвуковой доплеровской флуометрии, используемый в высокочастотном доплерографе «Минимакс-Допплер-К». Данный прибор позволяет проконтролировать правильную установку датчика в исследуемой области по звуковому и визуальному сигналу. Это дает возможность различать типы кровеносных сосудов – артериолы, венулы и капилляры – по характерному звуку и виду доплерограм-

мы [11]. Компьютерный анализ доплерограмм дает качественную и количественную оценку кровотока в исследуемом объеме ткани. Прибор удобен и прост в обращении, минимальное время исследования до 5 мин, форма датчика позволяет проводить исследование в труднодоступных местах. Метод обладает высокой воспроизводимостью, что было убедительно показано на разработанном фантоме, который моделировал кровоток в пульпе зуба, где использовалась УЗДФ-система [17], применяемая и в наших исследованиях. Компьютер-контролируемая система подавала поток жидкости, имитирующей кровь. УЗДФ-система с датчиком 20 МГц измеряла скорость потока жидкости. В результате была зафиксирована высокая линейная корреляция между скоростями потока фантома и измеренными системой скоростями. Непосредственно во время измерения осуществляется звуковой и визуальный контроль УЗДФ системой. На монитор выводилась информация значений линейных (систолическое, среднее, диастолическое) скоростей.

Диаметр исследуемых сосудов пародонта составляет в среднем от 10×10^{-3} до 60×10^{-3} мм, а скорость кровотока в покое (в фоновых значениях) в наших исследованиях колебалась от 0,47 до 1,5 см/с (Vs), что хорошо согласуется с ранее опубликованными данными [4, 22]. Если скорость кровотока превышала 1,0 см/с, на доплерограмме была видна артериолярная составляющая в виде пульсовой волны, характерная для сосудов большего диаметра. Это подтверждает хорошую чувствительность метода, поскольку показана положительная корреляция между диаметром сосуда и скоростью кровотока [21].

На 5-е сутки имитации микрогравитации и после нее отмечается достоверное снижение скорости кровотока в артериолярном и капиллярном ($p \leq 0,05$)

звеньях МЦР пародонта верхней челюсти. Некоторое снижение наблюдается и в веноулярном звене, однако выраженных застойных явлений не выявлено. Снижение скорости кровотока в пародонте нижней челюсти было менее выражено, что связано, как было отмечено ранее, с ее лучшей васкуляризацией. Данный эффект снижения показателей кровотока вызван перераспределением жидких сред организма, изменением центральной и периферической гемодинамики в условиях микрогравитации. Эти эффекты были показаны в многочисленных экспериментах в условиях, моделирующих микрогравитацию, и в полетных исследованиях [7].

Характер изменения содержания иммуноглобулинов (рост sIgA) у обследуемых говорит о возможности возникновения воспалительного процесса в тканях пародонта. Можно предположить, что увеличение sIgA связано с появлением пародонтопатогенной микрофлоры в ротовой полости в ходе эксперимента. Установлена прямая связь между появлением агрессивной микрофлоры и иммунной защитой пародонта. В начальных стадиях воспаления пародонта происходит усиление резистентности тканей, а затем, по мере прогрессирования патологического процесса, отмечается угнетение местной иммунологической реактивности и резистентности.

В ходе иммерсии показано носительство пяти основных пародонтопатогенных видов микроорганизмов. Для анаэробных бактерий выявлена четкая связь с прогрессированием заболевания пародонта. Так, если, наряду с другими пародонтопатогенами, отмечается присутствие *Treponema denticola*, – это указывает на переход локального процесса к генерализованному. Выявление *Prevotella intermedia* как моноинфекции означает самое начало заболевания. Обнаружение ее с другими пародонтопатогенами, характеризует прогрессирование заболевания, при стабилизации процесса она, как правило, отсутствует. Следует обратить внимание, что наличие пяти основных пародонтопатогенных видов микроорганизмов предполагает этиологическую значимость этих микроорганизмов и потенциальную возможность вызывать заболевания.

Заключение

Таким образом, изучение и анализ состояния динамики микроциркуляции, местной иммунологической реактивности и резистентности тканей пародонта, состава микробиоценоза полости рта позволяют выделить важные этиопатогенетические аспекты патологии, имеющие исключительное значение для прогнозирования, течения и исхода заболеваний пародонта, а также для рационального построения профилактических мероприятий в условиях КП.

Комплексное исследование показало возможность развития воспалительных заболеваний тканей пародонта в условиях иммерсии. Под влиянием микрогравитации наблюдалось нарушение, как минимум, в двух барьерах колонизации пародонта. Это барьер, сформированный комменсальной микрофлорой, и начальные проявления в барьере, сформированном гуморальным иммунитетом. Сни-

жение кровотока в тканях пародонта, которое может привести к гипоксии тканей, усугубляет нейродистрофические нарушения и еще более снижает барьерные функции пародонта.

В плане диагностики состояния тканей пародонта перспективным является анализ микрофлоры пародонта, исследование состояния гемодинамики в МЦР тканей пародонта методом ультразвуковой высокочастотной флуометрии, который позволяет неинвазивно изучить микроциркуляцию в физиологических условиях, а также выявить доклинические изменения, предшествующие патологическому состоянию пародонта. При возможности определение уровня иммуноглобулинов в ротовой жидкости является диагностическим критерием местного гуморального иммунитета.

Работа выполнена в рамках тем СЧ ОКР «МКС (Наука)» ИМБП, 64.2 ФНИ РАН.

Конфликт интересов / Conflict of interests

Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов. / The authors declare no conflict of interests.

Литература / References

1. Варшавский А. И., Левин Н. А. Состояние путей микроциркуляции крови пульпы зубов при пародонтозе // *Стоматология*. – 1973. – № 6. – С. 13–16. [Varshavskij AI, Levin NA Sostoyanie putej mikrocirkulyacii krovi pul'py zubov pri parodontoze. *Stomatologiya*. 1973;(6):13-16. (In Russ)].
2. Ильин В. К., Воложин А. И., Ви́ха Г. В. Колонизационная резистентность организма в измененных условиях обитания. – М.: Наука, 2005. [Il'in V.K., Volozhin A.I., Viha G.V. Kolonizacionnaya rezistentnost' organizma v izmenennykh usloviyakh obitaniya. Moscow: Nauka; 2005. (In Russ)].
3. Ильин В. К., Скедина М. А., Соловьева З. О. Контроль состояния тканей пародонта при воздействии факторов космического полета // Гагарин. сб.: Материалы XLIII Общественно-науч. чт., посвящ. памяти Ю. А. Гагарина; Гагарин, 9–12 марта 2016 г. – Гагарин: БФ Мемориального музея Ю. А. Гагарина, 2016. – С. 260–267. [Il'in VK, Skedina MA, Solov'eva ZO. Monitoring the condition of periodontal tissues under the influence of space flight factors. *Gagarinskij sbornik: materialy XLIII Obshchestvenno-nauchnykh chtenij, posvyashchennykh pamyati YU.A. Gagarina*; Gagarin, 9-12 March. Gagarin: BF Memorial'nogo muzeya YU.A. Gagarina; 2016:260-267. (In Russ)].
4. Кречина Е. К., Рахимова Э. Н., Гирина М. Б. Применение метода ультразвуковой доплерографии для оценки тканевого кровотока при воспалительных заболеваниях пародонта: пособие для врачей. – М.: Центр. НИИ стоматол., 2005. [Krechina EK, Rahimova EhN, Girina MB. *Primenenie metoda ul'trazvukovoj dopplerografii dlya ocenki tkanevogo krovotoka pri vospalitel'nyh zabolevaniyakh parodonta: Posobie dlya vrachej*. Moscow: Central'nyj NII stomatologii; 2005. (In Russ)].
5. Кучумова Е. Д., Прохорова О. В., Ткаченко Т. Б. Основные методы исследования микроциркуляции пародонта. – СПб.: СПбГМУ, 2005. [Kuchumova ED, Prohorova OV, Tkachenko TB *Osnovnye metody issledovaniya mikrocirkulyacii parodonta*. St. Petersburg: SPbGMU; 2005. (In Russ)].
6. Маерле А. В., Сергеев И. А., Алексеев Л. П. Метод иммуно-ПЦР: перспективы использования // *Иммунология*. – 2014. – № 1. – С. 44–48. [Maerle AV, Sergeev IA, Alekseev LP.

Immuno-PCR method: prospect of application. Immunologiya. 2014;1:44-48. (In Russ)].

7. Носков В. Б. Перераспределение жидких сред организма в условиях невесомости и моделирующих ее воздействий // *Авиакосм. и эколог. мед.* – 2011. – Т. 45. – № 1. – С. 17–26. [Noskov VB. Redistribution of body liquids in the conditions of microgravity and simulation of its effects. *Aviakosmicheskaya i ehkologicheskaya medicina. 2011;45(1):17-26. (In Russ)].*

8. Орехова Л. Ю. Заболевания пародонта / под общ. ред. проф. Л. Ю. Ореховой. – М.: Поли Медиа Пресс, 2004. [Orekhova LYu. et al. *Zabolevaniya parodonta. Orekhova LYu, editor. Moscow: Poli Media Press, 2004. (In Russ)].*

9. Орехова Л. Ю., Лобода Е. С., Яманидзе Н. Значение ультразвуковой доплерографии в динамике лечения воспалительных заболеваний пародонта // *Евраз. союз ученых.* – 2016. – № 30 (1). – С. 89–94. [Orekhova LYu., Loboda ES, Yamanidze N. *Znachenie ul'trazvukovoy dopplerografii v dinamike lecheniya vospalitel'nykh zabolevanij parodonta. Evrazijskij soyuz uchenykh. 2016;30(1):89-94. (In Russ)].*

10. Орехова Л. Ю., Кучумова Е. Д., Стюф Я. В. Исследование микроциркуляции тканей пародонта и пульпы зуба до и после удаления зубных отложений электрическими скейлерами // *Регионарное кровообращение и микроциркуляция.* – 2007. – Т. 6. – № 3. – С. 86–90. [Orekhova LYu., Kuchumova ED, Styuf YaV. *Issledovanie mikrocirkulyacii tkanej parodonta i pul'py zuba do i posle udaleniya zubnykh otlozhenij ehlektricheskimi skejlerami. Regionarnoe krovoobrashchenie i mikrocirkulyaciya. 2007;6(3):86-90. (In Russ)].*

11. Петрищев Н. Н., Васина Е. Ю., Корнеев Н. В. и др. Способ определения реактивности сосудов микроциркуляторного русла и вазомоторной функции эндотелия с использованием высокочастотной доплерографии (медицинская технология). – СПб.: СП-Минимакс, 2009. [Petrishchev NN, Vasina EYu., Korneev NV et al. *Sposob opredeleniya reaktivnosti sosudov mikrocirkulyatornogo rusla i vazomotornoj funkcii ehndoteliya s ispol'zovaniem vysokochastotnoj dopplerografii (medicinskaya tekhnologiya). St. Petersburg: SP-Minimaks; 2009. (In Russ)].*

12. Томиловская Е. С. Эксперимент с 5-суточной иммерсией: задачи, объем, структура исследований, особенности методических подходов // *Авиакосм. и эколог. мед.* – 2011. – Т. 45. – № 6. – С. 3–7. [Tomilovskaya ES. *Experiment with 5-day dry immersion: objectives, content and structure of the investigations, methods. Aviakosmicheskaya i ehkologicheskaya medicina. 2011;45(6):3-7. (In Russ)].*

13. Царев В. Н. и др. Микробиология, вирусология и иммунология полости рта: учебник / под ред. В. Н. Царева. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2016. [Carev VN et al. *Mikrobiologiya, virusologiya i immunologiya polosti rta: ucheb. Carev VN, editor. Moscow: GEHOTAR-Media; 2016. (In Russ)].*

14. Шульженко Е. Б., Виль-Вильямс И. Ф. Возможность проведения длительной водной иммерсии методом «сухого» погружения // *Косм. биол. и авиакосм. мед.* – 1976. – Т. 10. – № 9. – С. 82–84. [SHul'zhenko EB, Vil'-Vil'yams IF. *Vozmozhnost' provedeniya dlitel'noj vodnoj immersii metodom «suhogo» pogruzheniya. Kosm. biol. i aviakosm. med. 1976;10(9):82-84. (In Russ)].*

15. Kerdvongbundit V, Vongsavan N, Soo-Ampon S et al. *Microcirculation of the healthy human gingiva. Odontology. 2002;90(1):48-51. doi: 10.1007/s102660200007.*

16. Kerémi B, Csempesz F, Vág J. et al. *Blood flow in marginal gingiva as measured with laser Doppler flowmetry. Fogorvosi szemle. 2000;93(6):163-168.*

17. Kim D, Park SH. *A microfluidics-based pulpal arteriole blood flow phantom for validation of doppler ultrasound devices in pulpal blood flow velocity measurement. Journal of endodontics. 2016;42(11):1660-1666. doi: org/10.1016/j.joen.2016.08.008.*

18. Kim D. and Park S.-H. *Effects of age, sex, and blood pressure on the blood flow velocity in dental pulp measured by Doppler ultrasound technique. Microcirculation. 2016;23:523–529. doi: 10.1111/micc.12302.*

19. Kozlovskaya I et al. *Gravitational mechanisms in the motor system. Studies in real and simulated weightlessness. Stance and Motion. Springer US. 1988:37-48.*

20. Orekhova LY, Barmasheva AA. *Doppler flowmetry as a tool of predictive, preventive and personalised dentistry. EPMA Journal. 2013;4(1)21. doi: 10.1186/1878-5085-4-21.*

21. Owolabi MO, Agunloye AM, Ogunniyi A. *The relationship of flow velocities to vessel diameters differs between extracranial carotid and vertebral arteries of stroke patients. Journal of Clinical Ultrasound. 2014;42(1):16-23. doi: 10.1002/jcu.22053.*

22. Yoon MJ, Kim E, Lee SJ et al. *Pulpal blood flow measurement with ultrasound Doppler imaging. Journal of endodontics. 2010;36(3):419-422. doi: org/10.1016/j.joen.2009.12.031.*

Информация об авторах

Скедина Марина Анатольевна – кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник ФГБУ науки «Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН», e-mail: skedina@imbp.ru.

Соловьёва Зоя Олеговна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник ФГБУ науки «Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН», e-mail: soloviova @imbp.ru.

Ковалева Анна Александровна – научный сотрудник ФГБУ науки «Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН», e-mail: aakovaleva@imbp.ru.

Ильин Вячеслав Константинович – доктор медицинских наук, профессор, заведующий отделом ФГБУ науки «Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН», e-mail: ilyin@imbp.ru.

Author information

Skedina Marina Anatol'evna – Ph.D. in medical sciences, Leading Researcher, Institute of Biomedical Problems of the Russian Academy of Sciences, e-mail: skedina@imbp.ru.

Solov'eva Zoya Olegovna – Ph.D. in biological sciences, Senior Researcher, Institute of Biomedical Problems of the Russian Academy of Sciences, e-mail: soloviova @imbp.ru.

Kovaleva Anna Aleksandrovna – Research Officer, Institute of Biomedical Problems of the Russian Academy of Sciences, e-mail: aakovaleva@imbp.ru.

Ilyin Vyacheslav Konstantinovich – Dr. of Biol. Sci., Professor, Head of Department, Institute of Biomedical Problems of the Russian Academy of Sciences, e-mail: ilyin@imbp.ru.