

<https://doi.org/10.47183/mes.2024-26-3-65-70>

ПАТОБИОХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ БАРОДЕНТАЛГИИ У ВОДОЛАЗОВ

И.Р. Кленков, А.С. Кривonos[✉], Р.А. Грашин, А.В. Потоцкая, В.А. Железняк, И.С. Мадай

Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова Министерства обороны Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия

Введение. У водолазов при спуске под воду могут возникать приступы острой зубной боли (бароденталгии), которая создает аварийную ситуацию и ведет к прекращению водолазного спуска. Бароденталгия может быть обусловлена гипоксическим процессом в пульпе пломбированных зубов и повышением внутрипульпарного давления.

Цель. На основании изменений показателей (оксиметрии и флуоресценции) выявить особенности протекания гипоксических процессов в пульпе пломбированных зубов при гипербарическом воздействии.

Материалы и методы. В исследовании приняли участие 34 водолаза из числа лиц мужского пола. На первом этапе было проведено их стоматологическое обследование с целью отбора претендентов на второй этап эксперимента. На второй этап отобрано 24 испытуемых, у которых проведена оценка оксиметрических (сатурация смешанной крови) и флуоресцентных (восстановленный кофермент НАДН, окисленный кофермент ФАД, флуоресцентный показатель потребления кислорода — ФПК) показателей пломбированных зубов. Оценка проводилась методами оптической тканевой оксиметрии (ОТО) и лазерной флуоресцентной диагностики (ЛДФ) до и после погружения в барокамеру при давлении 0,4 МПа при дыхании воздухом.

Результаты. После воздействия повышенного давления газовой среды по сравнению с исходными значениями в пломбированных зубах наблюдалось: снижение сатурации пульпы на 33,7% ($p < 0,05$); увеличение НАДН на 14,4%; снижение ФАД на 22,9%; повышение ФПК на 73,4% ($p < 0,05$).

Выводы. Выявленные изменения показателей сатурации смешанной крови, НАДН, ФАД и ФПК подтверждают наличие гипоксического процесса в пульпе пломбированных зубов при гипербарическом воздействии.

Ключевые слова: зубная боль; стоматология; бароденталгия; водолазы; гипоксия; сатурация; пломбированные зубы

Для цитирования: Кленков И.Р., Кривonos А.С., Грашин Р.А., Потоцкая А.В., Железняк В.А., Мадай И.С. Патобиохимические аспекты возникновения бароденталгии у водолазов. *Медицина экстремальных ситуаций*. 2024;26(3):65–70. <https://doi.org/10.47183/mes.2024-26-3-65-70>

Финансирование: работа выполнена без спонсорской поддержки.

Благодарности: профессору Борисовой Элеоноре Геннадиевне и доценту Ковалевскому Александру Мечиславовичу из Военно-медицинской академии за ценные критические замечания.

Соответствие принципам этики: исследование одобрено на заседании независимого этического комитета при Военно-медицинской академии имени С.М. Кирова (выписка из протокола № 286 от 19.12.2023). Все участники подписали добровольное информированное согласие на исследование.

Потенциальный конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

✉ Кривonos Артем Сергеевич artemkriwonos@yandex.ru

Статья поступила: 07.07.2024 После доработки: 27.08.2024 Принята к публикации: 29.08.2024

PATHOBIOCHEMICAL ASPECTS OF DIVERS BARODENTALGIA

Ilyas R. Klenkov, Artyom S. Krivonos[✉], Roman A. Grashin, Alina V. Pototskaya, Vladimir A. Zheleznyak, Inna S. Maday

Kirov Military Medical Academy of the Ministry of Defense of the Russian Federation, Saint-Petersburg, Russia

Introduction. During their descent under water, divers may suffer from acute toothache attacks (barodentalgia), creating an emergency that leads to the termination of diving descent. Barodentalgia can be caused by hypoxic process in the pulp of filled teeth under increased intrapulpal pressure.

Objective. To reveal the peculiarities of hypoxic processes in the pulp of filled teeth under hyperbaric exposure basing on oximetry and fluorescence change parameters.

Materials and methods. The study involved 34 male divers who underwent a dental examination at the first stage to select individuals for the second stage of the experiment. 24 subjects were selected for the second stage and evaluated for oximetric (mixed blood saturation) and fluorescent (reduced coenzyme NADH, oxidized coenzyme FAD, fluorescent oxygen consumption index — FOCI) indices of filled teeth. The evaluation was performed by optical tissue oximetry (OTO) and laser-induced fluorescence (LIF) methods before and after immersion in a barocamera at pressure of 0.4 MPa while breathing air.

Results. Following exposure to increased pressure of the gas medium as compared to the initial values in the filled teeth, the following phenomena were observed: decrease in pulp saturation by 33.7% ($p < 0.05$); increase in NADH by 14.4%; decrease in FAD by 22.9%; increase in FOD by 73.4% ($p < 0.05$).

Conclusions. The revealed changes in the indicators of mixed blood saturation, NADH, FAD and FOCI confirm the presence of hypoxic process in the pulp of filled teeth under hyperbaric exposure.

Keywords: toothache; dentistry; barodentalgia; divers; hypoxia; saturation; filled teeth

For citation: Klenkov I.R., Krivonos A.S., Grashin R.A., Pototskaya A.V., Zheleznyak V.A., Madai I.S. Pathobiochemical aspects of divers barodentalgia. *Extreme Medicine*. 2024;26(3):65–70. <https://doi.org/10.47183/mes.2024-26-3-65-70>

Funding: the study was performed without external funding.

Acknowledgements: the authors would like to express their gratitude to Professor Eleonora G. Borisova and Associate Professor Alexander M. Kovalevsky from Military Medical Academy for their constructive comments on an earlier version of the article.

Compliance with ethical principles: the study was approved by a meeting of the independent ethical committee in Kirov Military Medical Academy (extract from protocol No. 286 of 19.12.2023). All participants signed voluntary informed consent for the study.

Potential conflict of interest: authors declare the absence of conflict of interest.

✉ Artyom S. Krivonos artemkriwonos@yandex.ru

Received: 07.07.2024 Revised: 27.08.2024 Accepted: 29.08.2024

© И.Р. Кленков, А.С. Кривonos, Р.А. Грашин, А.В. Потоцкая, В.А. Железняк, И.С. Мадай, 2024

ВВЕДЕНИЕ

При погружении под воду на человека действуют многочисленные факторы повышенного давления окружающей среды: величина общего давления и ее перепады, повышенное парциальное давление газов, высокая плотность газовой смеси, частота и продолжительность пребывания под давлением, повышенная теплоемкость и теплопроводность воды, механическое воздействие снаряжения и др. Они формируют специфические условия водолазного труда и вызывают изменения в состоянии организма человека, вплоть до патологических [1].

Патологический процесс существенно снижает профессиональную работоспособность водолаза и создает аварийную ситуацию, что неминуемо влечет за собой уменьшение профессионального долголетия. Одним из таких патологических состояний является бароденталгия — синдром, возникающий в условиях измененного давления окружающей среды, характеризующийся приступами острой или ноющей зубной боли, а также болезненными ощущениями в области зубных рядов [2].

Согласно исследованиям [2], одним из факторов риска возникновения бароденталгии у водолазов является наличие пломбированных зубов. Вероятно, в патогенезе бароденталгии важную роль играет гипоксический процесс, который развивается в пульпарной камере пломбированных зубов в результате нарушения микроциркуляции. Гипоксический процесс возникает в результате сужения периферических сосудов пульпы вследствие воздействия повышенного давления окружающей среды и уменьшения пульпарной камеры в объеме за счет образования заместительного дентина — пластического процесса пульпы в ответ на последствия повреждения твердых тканей зуба (кариозного поражения).

В настоящее время существуют методики, позволяющие количественно оценить метаболические процессы в тканях организма человека, в частности в пульпе зуба [3, 4]. К числу наиболее доступных методик можно отнести оптическую тканевую оксиметрию (ОТО) и лазерную флуоресцентную диагностику (ЛФД) [5]. Эти методики позволяют оценить не только параметры тканей в целом, но и изменения клеточного метаболизма, характерные для гипоксического процесса в пульпе зуба.

Цель работы — на основании изменений показателей (оксиметрии и флуоресценции) выявить особенности протекания гипоксических процессов в пульпе интактных и пломбированных зубов при гипербарическом воздействии.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

На базе Военно-медицинской академии проведены исследования с участием водолазов Северного флота ($n = 34$), допущенных по состоянию здоровья к спускам под воду и отобранных по наличию бароденталгии в анамнезе в ходе анкетирования с использованием разработанного нами опросника. Возраст обследуемых варьировался от 24 до 47 лет. Все испытуемые — лица мужского пола. Работа проведена в два этапа.

На первом этапе среди 34 испытуемых проведен отбор на основании данных осмотра полости рта и анализа конусно-лучевых компьютерных томограмм (далее — КЛКТ). Основным критерием отбора для участия в исследовании было наличие у испытуемых пары симметричных зубов (одной морфофункциональной группы),

в которой один зуб был подвержен бароденталгии, а второй — интактный. На втором этапе отобрано 24 человека.

На втором этапе исследования проводили оценку оксиметрических и флуоресцентных показателей интактных и пломбированных зубов у 24 испытуемых методом диагностики окислительного метаболизма при помощи аппарата ЛАЗМА-Д (Россия) до и после погружения в поточно-декомпрессионной камере КВД-1600 (Россия) длительностью 125 мин при давлении 0,4 МПа по специальному режиму декомпрессии при дыхании воздухом.

Проведено измерение следующих показателей: сатурация смешанной крови (артериальной и венозной) с помощью методики оптической тканевой оксиметрии (ОТО), амплитуды излучения флуоресценции восстановленного кофермента НАДН и окисленного кофермента ФАД с использованием методики лазерной флуоресцентной диагностики (ЛФД).

Основываясь на спектрах флуоресценции, получаемых при возбуждении внешним излучением, рассчитывали флуоресцентный показатель потребления кислорода (ФПК), который отражает редокс-потенциал во внутриклеточных митохондриях согласно формуле [5]:

$$\text{ФПК} = \frac{A_{\text{НАДН}}}{A_{\text{ФАД}}}, \quad (1)$$

где ФПК — флуоресцентный показатель потребления кислорода;

$A_{\text{НАДН}}$ — амплитуда излучения флуоресценции восстановленного кофермента никотинамидадениндинуклеотида;

$A_{\text{ФАД}}$ — амплитуда излучения флуоресценции окисленных флавопротеинов.

Математическая обработка данных проводилась на персональном компьютере с использованием пакета программного обеспечения StatSoft Statistica 10. Количественные данные проверены на соответствие теоретическому закону распределения Гаусса — Лапласа по критерию Шапиро — Уилка. Сравнение групп проводили с использованием U -критерия Манна — Уитни.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В ходе сбора данных анамнеза определяли зуб, подвергавшийся бароденталгии. Было установлено, что бароденталгия возникала в пломбированных зубах с клинически полноценными пломбами, в кариозных зубах с различной локализацией кариозного процесса и в зубах с рецидивом кариеса. По результатам стоматологического обследования были отобраны 24 человека, каждый из которых имел пару симметричных зубов (одной морфофункциональной группы), в которой один зуб был подвержен бароденталгии, а второй — интактный. Для исследования были выбраны пломбированные зубы с клинически полноценными пломбами и без признаков рецидива кариеса, в которых пломбировочный материал был расположен в пределах околопульпарного дентина.

Частота встречаемости пломбированных зубов в жевательной группе челюстей оказалась значительно выше, чем во фронтальной группе. На рисунке 1 представлен пример КЛКТ испытуемого, подходящего под критерии отбора для участия в исследовании.

На втором этапе для оценки оксиметрических и флуоресцентных показателей были исследованы жевательные группы зубов верхней и нижней челюстей в связи с высокой частотой встречаемости ($p < 0,05$) пломбированных

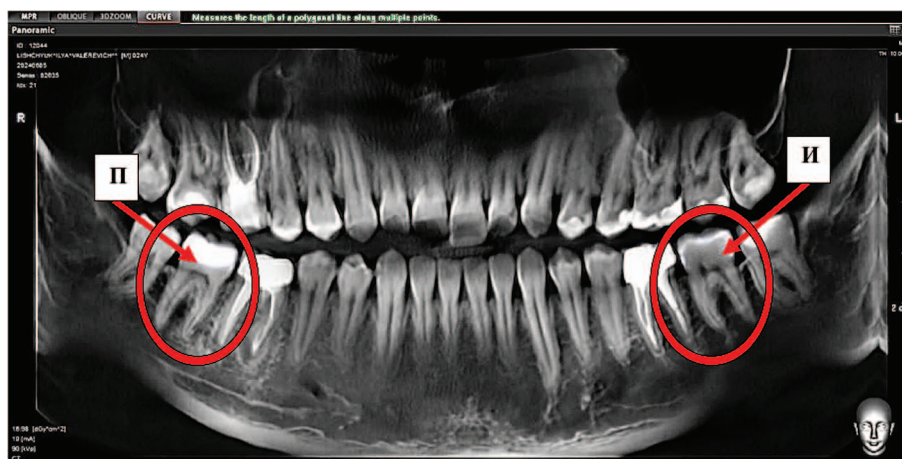


Рисунок подготовлен авторами

Рис. 1. Панорамный срез конусно-лучевой компьютерной томограммы водолаза В. (П — пломбированный зуб, И — интактный зуб)

зубов именно в данной локализации по сравнению с другими группами.

Результаты оксиметрической и флуоресцентной диагностики представлены в таблице 1.

На рисунке 2 представлены результаты ОТО. После воздействия повышенного давления уровень сатурации смешанной крови в интактных зубах увеличился на 19,4%, в то время как в пломбированных зубах он снизился на 33,7% по сравнению с исходным уровнем, что является статистически значимым изменением ($p < 0,05$).

Снижение уровня сатурации смешанной крови в пломбированных зубах после гипербарического воздействия свидетельствует о наличии гипоксического процесса в пульпе. Однако нашей задачей было, во-первых, установить причину этого процесса, во-вторых, определить вектор в изменении метаболических процессов

интактных и пломбированных зубов на тканевом уровне, что явилось основанием для расширенной диагностики пульпы с помощью ЛФД.

Результаты ЛФД представлены в таблице 1. Исходное значение амплитуды излучения флуоресценции восстановленного кофермента НАДН в интактных зубах было на 15,5% выше, чем после гипербарического воздействия. Исходный уровень НАДН в пломбированных зубах оказался ниже в среднем на 14,4%, чем после гипербарического воздействия. Данные показателя НАДН статистически не выражены.

Исходные показатели амплитуды излучения флуоресценции окисленного кофермента ФАД у интактных зубов оказались значительно выше таковых после воздействия повышенного давления в среднем на 34,5%. Начальные значения этого же показателя у пломбированных зубов

Таблица 1. Результаты оксиметрической и флуоресцентной диагностики

Показатель	Состояние зуба	Период спуска	Me [Q25; Q75]	Степень изменения, %
Оксиметрические показатели (ОТО)				
Сатурация	интактные	до гипербар. воздействия	38,1 [28,9; 49,3]	19,40
		после гипербар. воздействия	45,5 [38,5; 56,6]	
	пломбированные	до гипербар. воздействия	19,6 [11,9; 35,3]	-33,70*
		после гипербар. воздействия	13,0 [5,7; 23,0]	
Флуоресцентные показатели (ЛФД)				
НАДН	интактные	до гипербар. воздействия	1,16 [0,87; 1,22]	-15,50
		после гипербар. воздействия	0,98 [0,82; 1,16]	
	пломбированные	до гипербар. воздействия	1,11 [0,92; 1,20]	14,40
		после гипербар. воздействия	1,27 [1,17; 1,38]	
ФАД	интактные	до гипербар. воздействия	1,13 [0,88; 1,28]	-34,50
		после гипербар. воздействия	0,74 [0,62; 0,98]	
	пломбированные	до гипербар. воздействия	1,18 [0,965; 1,31]	-22,90
		после гипербар. воздействия	0,91 [0,685; 1,16]	
ФПК	интактные	до гипербар. воздействия	1,02 [0,83; 1,42]	23,50
		после гипербар. воздействия	1,26[0,92; 1,43]	
	пломбированные	до гипербар. воздействия	0,94[0,77; 1,23]	73,40*
		после гипербар. воздействия	1,63[1,33; 1,84]	

Таблица подготовлена авторами по собственным данным

Примечание: * $p < 0,05$.

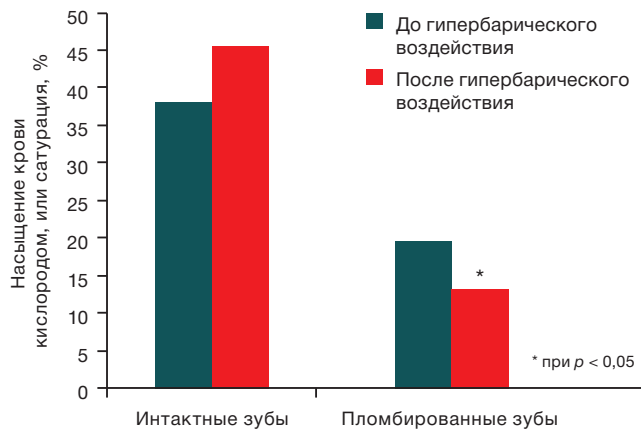


Рисунок подготовлен авторами по собственным данным

Рис. 2. Изменение оксиметрических показателей сатурации смешанной крови ($p < 0,05$)

были выше, чем после воздействия повышенного давления, в среднем на 22,9%. Данные показателя ФАД статистически не выражены.

Результаты расчета флуоресцентного показателя потребления кислорода представлены на рисунке 3. В условиях нормобарии ФПК у интактных зубов был на 23,5% ниже, чем после гипербарического воздействия. Исходные значения ФПК у пломбированных зубов были статистически значимо ниже, чем после гипербарического воздействия, в среднем на 73,4% ($p < 0,05$).

Таким образом, изменения показателей сатурации и ФПК свидетельствуют о гипоксическом процессе в пломбированных зубах, возникающем в условиях повышенного давления газовой среды, тогда как в интактных зубах изменение этого показателя является признаком незначительного снижения активности метаболических процессов.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Расчетный показатель ФПК, базирующийся на определении активности внутриклеточных митохондрий, косвенно отражает уровень кислородного обмена в клетках, однако в нашем исследовании этот показатель оказался очень информативным, поскольку позволил определить факт наличия гипоксического процесса в пульпе пломбированных зубов.

По данным С.М. Muth и соавт. от 2017 г., в условиях повышенного давления окружающей среды происходит централизация кровотока с последующим развитием компенсаторно-адаптационной реакции в виде сужения периферических сосудов на фоне системного повышения артериального давления [2]. В пульпе пломбированных зубов, уменьшенной в объеме за счет образования заместительного (третичного) дентина, вазоконстрикция приводит к значительному снижению микроциркуляции и перфузии.

При недостаточной перфузии тканей пломбированного зуба возникает энергетический дефицит, поскольку кислород в качестве субстрата цитохромоксидазы участвует в реакциях аэробного образования энергии. Недостаток кислорода ведет к изменению активности ферментных комплексов дыхательной цепи и снижению уровня аденозинтрифосфата — АТФ. Следовательно, страдают энергозависимые клеточные реакции, а именно: формирование мембранного потенциала, транспорт ионов, электрогенная функция клеток и т. д. [6, 7].

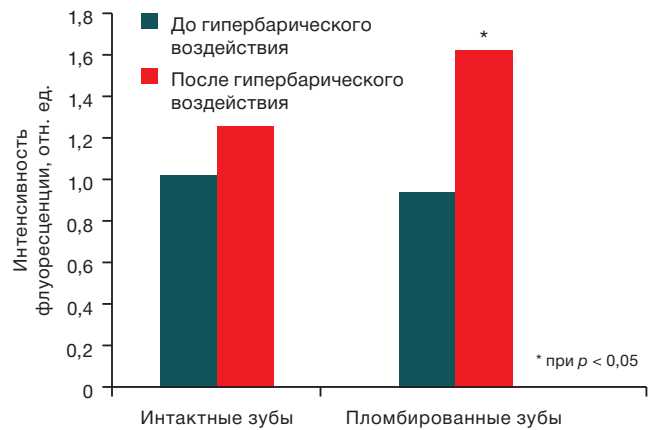


Рисунок подготовлен авторами по собственным данным

Рис. 3. Изменение флуоресцентного показателя потребления кислорода ($p < 0,05$)

Кроме того, частичная блокада дыхательной цепи достаточно быстро приводит к избыточной концентрации восстановленных коферментов, таких как НАДН и ФАДН₂, которые самопроизвольно диссоциируют с выделением протонов, что усиливает внутримитохондриальную гипоксию. Данный этап характеризуется еще большим замедлением процессов окисления субстратов в цикле трикарбоновых кислот и окислительном декарбоксилировании пировиноградной кислоты, что увеличивает накопление молочной кислоты (лактата), так как в данных условиях гликолиз становится главным энергетическим процессом в клетках пульпы пломбированных зубов, а высокий уровень лактата способствует росту концентрации пировиноградной кислоты и/или НАДН [8, 9].

Гипоксический процесс, вызывая развитие энергетического дефицита клеток пульпы, запускает процесс высвобождения биологически активных веществ (брадикинин, серотонин, нейроактивные пептиды и др.), которые, воздействуя на микрососуды пульпы, приводят к вазодилатации и повышению сосудистой проницаемости, что влечет за собой повышение внутрипульпарного давления.

Почему же возникает бароденталгия? Бароденталгия может быть обусловлена повышением внутрипульпарного давления, приводящего к раздражению нервных окончаний, поскольку пульпарная камера пломбированного зуба уменьшена в объеме за счет образовавшегося заместительного дентина [10, 11] и постоянного давления пломбировочного материала на пульпу зуба [12, 13]. В интактных зубах объем пульпарной камеры нормальной величины, что не вызывает повышения внутрипульпарного давления. Стоит также отметить, что на этапе энергетического дефицита в пломбированных зубах отмечается повышение концентрации молочной кислоты в межклеточном пространстве, содержащем большое количество нервных окончаний, что, вероятно, может усиливать развившуюся бароденталгию [14]. Помимо этого, повысить интенсивность бароденталгии могут биологически активные вещества: брадикинин, серотонин и т. д. [15].

ВЫВОДЫ

1. После воздействия измененного давления окружающей среды в пломбированных зубах наблюдалось статистически значимое снижение сатурации смешанной

крови в сосудах пульпы в среднем на 33,7%, увеличение интенсивности флуоресценции восстановленных коферментов НАДН на 14,4%, снижение интенсивности флуоресценции окисленных коферментов ФАД на 22,9% по сравнению с интактными зубами.

2. Расчетный показатель ФПК пломбированных зубов после воздействия повышенного давления окружающей среды достоверно увеличился на 73,4% по сравнению с идентичным показателем в интактных зубах.

Вышеизложенные изменения исследованных показателей подтверждают факт наличия гипоксического процесса в пульпе пломбированных зубов у водолазов в условиях повышенного давления окружающей среды по сравнению с интактными зубами. Гипоксический процесс может запускать ряд патофизиологических и биохимических изменений, которые обуславливают развитие бароденталгии, что требует более глубокого научного изучения.

Литература / References

1. Зверев ДП, Кленков ИР, Мясников АА, Шитов АЮ, Фисун АВ, Старков АВ и др. Устойчивость организма человека к действию высоких парциальных давлений азота и методические аспекты ее оценки. *Морская медицина*. 2020;(4):44–53.
Zverev DP, Klenkov IR, Myasnikov AA, Shitov AY, Fisun AV, Starkov AV, et al. The human body's resistance to the action of high partial pressures of nitrogen and methodological aspects of its assessment. *Marine medicine*. 2020;(4):44–53 (In Russ.).
<https://doi.org/10.22328/2413-5747-2020-6-4-44-53>
2. Потоцкая АВ, Кривонос АС, Поликарпочкин АН, Кленков ИР, Поплаухин ТС, Кленкова ДА. Влияние повышенного давления газовой среды на микроциркуляцию зубов. *Врач*. 2023;(3):66–9.
Pototskaya AV, Krivonos AS, Polikarpochkin AN, Klenkov IR, Poplaukhin TS, Klenkova DA. The effect of increased pressure of the gaseous medium on the microcirculation of teeth. *Doctor*. 2023;(3):66–9 (In Russ.).
<https://doi.org/10.29296/25877305-2023-03-14>
3. Логинова НК, Ермолев СН, Шериев А.П. Реактивные изменения капиллярного кровотока в пульпе зубов при кариесе дентина и развитии пульпита. *Эндодонтия Today*. 2011;(2):20–2.
Loginova NK, Ermolyev SN, Shiryayev AP. Reactive changes in capillary blood flow in dental pulp in dental caries and the development of pulpitis. *Endodontics Today*. 2011;(2):20–2 (In Russ.).
EDN: [OFYWBD](#)
4. Логинова НК, Троицкая ТВ. Лазерная доплеровская флоуметрия пульпы зуба (обзор литературы) (Часть I). *Институт стоматологии*. 2007;(1):110–1.
Loginova NK, Troitskaya TV. Laser Doppler flowmetry of tooth pulp (literature review) (Part I). *Institute of Dentistry*. 2007;(1):110–1 (In Russ.).
EDN: [MWGUPJ](#)
5. Москвин СВ, Антипов ЕВ, Зарубина ЕГ, Рязанова ЕА. Эффективность кислородного обмена после применения лазерофореза различных гелей на основе гиалуроновой кислоты. *Вестник эстетической медицины*. 2011;(3):48–55.
Moskvin SV, Antipov EV, Zarubina EG, Ryazanova EA. Efficiency of oxygen metabolism after the application of laserophoresis of various gels based on hyaluronic acid. *Bulletin of Aesthetic Medicine*. 2011;(3):48–55 (In Russ.).
EDN: [RABTEX](#)
6. Скворцов ВВ, Скворцова ЕМ, Бангаров РЮ. Лактат-ацидоз в практике врача — анестезиолога-реаниматолога. *Вестник анестезиологии и реаниматологии*. 2020;(3):95–100.
Skvortsov VV, Skvortsova EM, Bangarov RY. Lactate acidosis in the practice of an anesthesiologist-resuscitator. *Bulletin of Anesthesiology and Intensive Care*. 2020;(3):95–100 (In Russ.).
<https://doi.org/10.21292/2078-5658-2020-17-3-95-100>
7. Kraut JA, Madias NE. Lactic acidosis. *N Engl J Med*. 2014; 371(24):2309–19.
<https://doi.org/10.1056/NEJMr1309483>
8. Robergs RA, Ghiasvand F, Parker D. Biochemistry of exercise-induced metabolic acidosis. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*. 2004;287(3):R502–16.
<https://doi.org/10.1152/ajpregu.00114.2004>
9. Windpessl M, Wallner M. Lactic acidosis. *N Engl J Med*. 2015;372(11):1077.
<https://doi.org/10.1056/NEJMc1500327>
10. Choung HW, Lee DS, Lee JH, Shon WJ, Lee JH, Ku Y, Park JC. Tertiary Dentin Formation after Indirect Pulp Capping Using Protein CPNE7. *J Dent Res*. 2016; 95(8):906–12.
<https://doi.org/10.1177/0022034516639919>
11. Lee M, Lee YS, Shon WJ, Park JC. Physiologic dentin regeneration: its past, present, and future perspectives. *Front Physiol*. 2023;14:1313927.
<https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1313927>
12. Kamalak H, Kamalak A, Taghizadehghalehjoughi A. Cytotoxic effects of new-generation bulk-fill composites on human dental pulp stem cells. *Cell Mol Biol (Noisy-le-grand)*. 2018;64(3):62–71.
<https://doi.org/10.14715/cmb/2018.64.3.11>
13. Costa CA, Giro EM, do Nascimento AB, Teixeira HM, Hebling J. Short-term evaluation of the pulpo-dentin complex response to a resin-modified glass-ionomer cement and a bonding agent applied in deep cavities. *Dent Mater*. 2003;19(8):739–46.
[https://doi.org/10.1016/s0109-5641\(03\)00021-6](https://doi.org/10.1016/s0109-5641(03)00021-6)
14. Jha MK, Song GJ, Lee MG, Jeoung NH, Go Y, Harris RA, Park DH, Kook H, Lee IK, Suk K. Metabolic Connection of Inflammatory Pain: Pivotal Role of a Pyruvate Dehydrogenase Kinase-Pyruvate Dehydrogenase-Lactic Acid Axis. *J Neurosci*. 2015;35(42):14353–69.
<https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.1910-15.2015>
15. McHugh JM, McHugh WB. Pain: neuroanatomy, chemical mediators, and clinical implications. *AACN Clin Issues*. 2000;11(2):168–78.
<https://doi.org/10.1097/00044067-200005000-00003>

Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства критериям ICMJE. Наибольший вклад распределен следующим образом: И.Р. Кленков — разработка концепции и дизайна исследования, общее руководство; А.С. Кривонос — проведение исследований, написание текста рукописи; Р.А. Грашин — проверка критически важного интеллектуального содержания; А.В. Потоцкая — сбор информации, разработка статистической модели, обработка данных; В.А. Железняк — редактирование рукописи, утверждение окончательного варианта рукописи для публикации; И.С. Мадай — редактирование рукописи.

ОБ АВТОРАХ

Кленков Ильяс Рифатьевич, канд. мед. наук
<https://orcid.org/0000-0002-1465-1539>
klen.ir@mail.ru

Кривонос Артем Сергеевич
<https://orcid.org/0000-0001-5515-9770>
artemkriwonos@yandex.ru

Грашин Роман Арикович, д-р. мед. наук, профессор
<https://orcid.org/0000-0002-8698-5124>
grashin62@mail.ru

Потоцкая Алина Валериевна, канд. мед. наук
<https://orcid.org/0000-0001-8747-1363>
alina3377@rambler.ru

Железняк Владимир Андреевич, канд. мед. наук, доцент
<https://orcid.org/0000-0002-6597-4450>
zhva73@yandex.ru

Мадай Инна Сергеевна, канд. пед. наук, доцент
<https://orcid.org/0009-0000-3610-976X>
ismaday@mail.ru