

DOI: <https://doi.org/10.17816/rjpb646519>

# Пируват-лактатная реакция организма на комбинированное воздействие лазерного излучения и трансканальный электрофорез меди-кальция у пациентов с сахарным диабетом 2-го типа и периодонтитом

Н.Г. Куликова<sup>1,2</sup>, Т. Чхеидзе<sup>2</sup>, А.С. Ткаченко<sup>2</sup><sup>1</sup> Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова, Москва, Россия;<sup>2</sup> Российский университет дружбы народов им. П. Лумумбы, Москва, Россия

## АННОТАЦИЯ

**Актуальность.** Одной из актуальных проблем современной медицины являются сахарный диабет 2-го типа (СД-2) и коморбидные патологии, в том числе стоматологические осложнения, ассоциируемые с ним. Вопрос о возможной взаимосвязи воспалительных процессов в полости рта и состоянием организма в целом обсуждается очень давно, поскольку при СД меняется метаболическая компонента жизненно важных органно-системных структур.

**Цель исследования** — повысить клиническую эффективность стоматологического лечения пациентов с СД-2 с пародонто-периодонтитом, используя для вспомогательного лечения трансканальный электрофорез меди-кальция и лазерного излучения (НИЛИ) с учётом критериев оценки лактат-пируватной реакции и стоматологического статуса.

**Материалы и методы.** Проведено рандомизированное открытое клиническое исследование 123 пациентов с СД-2 с верифицированной пародонто-периодонтальной патологией. После подписания информированного согласия у всех участников осмотрена полость рта, применены дополнительно методы лучевой диагностики для верификации пародонто-периодонтальной патологии. Для оценки кислотно-щелочного равновесия в тканях периодонта и пародонта исследовали уровни пирувата (ПВК) и лактата (ЛК) крови (тест-системы Lactat/ Peruvat [LOX-PAP, Biocom] (Германия), параметры глюкозы крови (метод Экспресс-Сателлит-ПКГ-0,3) до и после комбинированного лечения.

**Результаты.** Существенные сдвиги в исходных уровнях ЛК выявлены у 75 (61,0%) человек в виде его превышения от физиологической нормы в 2,9 раза ( $p < 0,05$ ) и снижения параметров ПК ниже физиологической нормы на 33,6% ( $p < 0,01$ ). После комбинированного лечения отмечали повышение ПВК и снижение ЛК, что способствовало улучшению физиологического соотношения между ЛК: ПВК с 54,8 [51,7; 57,9] до 31,6 [30,7; 32,6] ед. ( $p < 0,05$ ), демонстрируя коррекцию в тканях явлений гипоксии и кислотно-щелочного дисбаланса.

**Заключение.** Применение комбинированной физиотерапии у пациентов с СД-2 с пародонто-периодонтальной патологией снижает риски воспалительных осложнений и повышает клиническую эффективность лечения. Устранение в тканях гипоксии и ацидотических явлений усиливает эффективность санационного воздействия в отношении хронических очагов инфекции в ротовой полости, что ориентировано на повышение адаптационных резервов. После проведённого комбинированного лечения у пациентов отмечали уменьшение выраженности дисметаболических и гипоксических явлений в тканях, что подтверждено улучшением физиологического соотношения между ЛК:ПВК.

**Ключевые слова:** пируват; лактат крови; сахарный диабет; кислотно-щелочной дисбаланс; трансканальный электрофорез меди-кальция; трансканальное лазерное воздействие.

## Как цитировать:

Куликова Н.Г., Чхеидзе Т., Ткаченко А.С. Пируват-лактатная реакция организма на комбинированное воздействие лазерного излучения и трансканальный электрофорез меди-кальция у пациентов с сахарным диабетом 2-го типа и периодонтитом // Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. 2025. Т. 24, № 1. С. 48–55. DOI: <https://doi.org/10.17816/rjpb646519>

DOI: <https://doi.org/10.17816/rjpr646519>

# Pyruvate-lactate reaction of the body to combined laser irradiation and transcanal electrophoresis of copper-calcium in patients with type 2 diabetes and periodontitis

Natalia G. Kulikova<sup>1, 2</sup>, Tinatin Chkheidze<sup>2</sup>, Albina S. Tkachenko<sup>2</sup><sup>1</sup> I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russia;<sup>2</sup> Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, Moscow, Russia

## ABSTRACT

**BACKGROUND:** One of the pressing issues in modern medicine is diabetes mellitus (DM) and its comorbidities, including dental complications associated with it. The potential relationship between inflammatory processes in the oral cavity and the overall state of the body has been discussed for a long time, as DM alters the metabolic components of vital organ systems.

**AIM.** To improve the clinical effectiveness of dental treatment in patients with type 2 diabetes and periodontitis-periodontal disease by using transcanal copper-calcium electrophoresis and laser irradiation as adjunct therapies.

**MATERIALS AND METHODS:** A randomized, open-label clinical study was conducted involving 123 patients with type 2 diabetes and verified periodontitis. After obtaining informed consent, the oral cavity of all participants was examined, and additional radiological diagnostics were used to verify periodontitis-periodontal pathology. To assess the acid-base balance in the periodontal and periodontic tissues, the levels of pyruvate and lactate in the blood were measured using Lactate/Peruvat test kits (LOX-PAP, Biocom, Germany), along with blood glucose parameters (Express-Satellite-PKG-0.3 method) before and after combined treatment.

**RESULTS:** Significant shifts in baseline lactate levels were found in 75 (61.0%) patients, with lactate exceeding the physiological norm by 2.9 times ( $p < 0.05$ ) and pyruvate levels below the physiological norm by 33.6% ( $p < 0.01$ ). After combined treatment, pyruvate levels increased and lactate levels decreased, leading to an improvement in the physiological ratio between lactate and pyruvate from 54.8 [51.7; 57.9] to 31.6 [30.7; 32.6] units ( $p < 0.05$ ), demonstrating correction of hypoxia and acid-base imbalance in the tissues.

**Keywords:** pyruvate; blood lactate; diabetes mellitus; acid-base imbalance; transcanal copper-calcium electrophoresis; transcanal laser irradiation.

## To cite this article:

Kulikova NG, Chkheidze T, Tkachenko AS. Pyruvate-lactate reaction of the body to combined laser irradiation and transcanal electrophoresis of copper-calcium in patients with type 2 diabetes and periodontitis. *Russian journal of the physical therapy, balneotherapy and rehabilitation*. 2025;24(1):48–55. DOI: <https://doi.org/10.17816/rjpr646519>

Submitted: 22.01.2025

Accepted: 27.01.2025

Published online: 04.02.2025

DOI: <https://doi.org/10.17816/rjpr646519>

## 二型糖尿病患者在接受激光照射和经皮电泳铜钙联合治疗法下的丙酮酸-乳酸反应伴牙周炎

Natalia G. Kulikova<sup>1,2</sup>, Tinatin Chkheidze<sup>2</sup>, Albina S. Tkachenko<sup>2</sup><sup>1</sup> I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russia;<sup>2</sup> Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, Moscow, Russia

### 摘要

**背景。**现代医学中的一个紧迫问题是糖尿病及其相关的并发症，包括牙科并发症。口腔炎症过程与全身状况之间的潜在关系已讨论多年，因为糖尿病会改变重要器官系统的代谢成分。

**研究目的。**通过使用经皮（通过牙髓管进行的铜钙经皮电泳）电泳铜钙和激光照射联合治疗，改善二型糖尿病患者的牙科治疗效果，特别是针对牙周病和牙周炎患者。

**材料与方法。**进行了一项随机开放临床研究，研究对象为123名患有二型糖尿病并确诊为牙周病的患者。所有参与者签署知情同意后，进行了口腔检查，并采用了额外的放射学诊断方法来确认牙周病和牙周炎的病理变化。为了评估牙周和牙周韧带组织的酸碱平衡，使用Lactat/Peruvat检测系统（LOX-PAP, Biocom, 德国）测量血液中的丙酮酸和乳酸水平，并在治疗前后监测血糖水平（使用Express-Satellite-PKG-0.3方法）。

**结果。**在75名（61.0%）参与者中，基线乳酸水平出现显著变化，乳酸值比生理标准高出2.9倍（ $p < 0.05$ ），丙酮酸水平则下降33.6%（ $p < 0.01$ ）。联合治疗后，丙酮酸水平上升，乳酸水平下降，乳酸与丙酮酸的生理比例从54.8 [51.7; 57.9]下降至31.6 [30.7; 32.6]单位（ $p < 0.05$ ），表明组织内缺氧和酸碱失衡现象得到了纠正。

**关键词：**丙酮酸；血乳酸；糖尿病；酸碱失衡；经皮电泳铜钙；经皮激光照射。

### 引用本文：

Kulikova NG, Chkheidze T, Tkachenko AS. 二型糖尿病患者在接受激光照射和经皮电泳铜钙联合治疗法下的丙酮酸-乳酸反应伴牙周炎. *Russian journal of the physical therapy, balneotherapy and rehabilitation*. 2025;24(1):48–55. DOI: <https://doi.org/10.17816/rjpr646519>

收到: 22.01.2025

接受: 27.01.2025

发布日期: 04.02.2025

## АКТУАЛЬНОСТЬ

Пандемия сахарного диабета 2-го типа (СД-2) стала серьёзной угрозой общественному здравоохранению [1–3]. Устойчивая тенденция трендового подъёма СД-2 усугубляется нарастающими проблемами со стороны снижения стоматологического статуса у этих пациентов, что подтверждается превышением в 15 раз адентии [2]. Всё больше данных свидетельствует о наличии не только гликемических рисков, но и сопутствующих заболеваний, связанных с диабетом, в том числе стоматологических [1–3]. Существование «метаболической памяти», при которой влияние ранней гликемической нагрузки откладывается в клетках-мишенях и органах, приводит к длительным дисметаболическим нарушениям, даже после оптимального контроля уровня глюкозы, подчёркивает необходимость клинического приоритета в виде раннего выявления и устранения факторов риска развития СД и своевременной коррекции коморбидной патологии. В последние годы достаточно широко применяются разные методы физиотерапии в лечении патологий, включая метаболический синдром и стоматологические заболевания [4–9]. Однако трансканальный электрофорез меди-кальция и лазерного излучения (НИЛИ) для лечения СД-2 с пародонто-периодонтитом до настоящего времени не применялся.

### Цель

Повысить клиническую эффективность стоматологического лечения пациентов с СД-2 с пародонто-периодонтитом, используя для вспомогательного лечения трансканальный электрофорез меди-кальция и лазерного излучения (НИЛИ) с учётом критериев оценки лактатпируватной реакции и стоматологического статуса.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проведено рандомизированное открытое клиническое исследование с участием 165 пациентов с СД-2, среди которых были выбраны 123 человека, у которых верифицирована пародонто-периодонтальная патология, что соответствует среднему показателю частоты (до 75%) стоматологических заболеваний у пациентов с СД-2 среди взрослого населения 40–70 лет [1, 2, 4, 5].

Работа выполнена в соответствии с этическими нормами Хельсинской декларации Всемирной медицинской ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека» с поправками от 2013 г. (этическое разрешение № 24 от 2022 г., РУДН).

Обследованы пациенты (59 мужчин — 47,9% и 64 женщины — 52,1%) с СД-2 на предмет верификации пародонто-периодонтальной патологии: анамнез жизни и стоматологического заболевания [6, 7], осмотр врачом-стоматологом, динамическая оценка лабораторно-функциональных показателей [пируват (ПВК) и лактат

крови (ЛК)] — метаболитов глюконеогенеза [8–10]. Для исследования уровня ПВК и ЛК производили забор крови из локтевой вены. Полученную кровь помещали в центрифугу на 5 мин (1700 г) с последующим использованием ферментативно-калориметрического метода на основе применения тест-систем Lactat/Peruvat [LOX-PAP, Biocom] (Германия). Для определения содержания ПВК и ЛК в крови использовали спектрофотометр ПЭ-5300ВИ. Длину рабочих каналов поражённых зубов оценивали маркерами длины в виде электрометрического метода на апекскалопоре Dentaport ZX RCM-EX (Япония) [10–12].

*Критерии включения:* пациенты с СД-2 с пародонто-периодонтитом 40–70 лет, подписавшие информированное согласие.

*Критерии невключения:* младше 40 лет и старше 70 лет, наличие тяжёлых осложнений СД, непереносимость электропроцедур, меди и кальция, лазерного излучения [13–15].

*Критерии исключения:* пациенты, не соблюдающие протокол лечения. До введения лекарственного вещества трансканально (трансканальный электрофорез [16] перед окончательным пломбированием, корневые каналы обрабатывали трансканально лазерным излучением ( $\lambda=810$  нм) и 3% раствором гипохлорита натрия.

### Описание медицинского вмешательства

В исследование включены 123 пациента с СД-2, у которых верифицирована пародонто-периодонтальная патология на фоне СД-2. Клинико-лабораторное обследование пациентов с СД-2 проведено на базе городского эндокринологического отделения г. Москвы и в реабилитационном отделении санатория «Виктория». Акцент делали на измерение роста, веса, индекса массы тела, консультацию врача-эндокринолога, врача-стоматолога, врача-физиотерапевта с оценкой стоматологического статуса на основании рентгенологического контроля (ортопантомограмма) и лабораторных исследований ПВК и ЛК как возможных мишеней немедикаментозного трансканального лазерного и трансканального лекарственного электрофореза меди-кальция [16]. До введения лекарственного вещества трансканально (эндодонтальный электрофорез) и перед окончательным пломбированием, корневые каналы обрабатывали трансканально лазерным излучением ( $\lambda=810$  нм) и 3% раствором гипохлорита натрия. Использовали следующие параметры трансканального НИЛИ: длина волны — 810 нм, режим лазерного излучения — непрерывный, частота импульсов — 80–1200 Гц, длительность воздействия на одно поле — 30–120 с, при плотности потока мощности 15–20 мВт/см<sup>2</sup>.

В качестве диагностического критерия выбраны показатели ЛК и ПВК как возможные мишени комбинированного трансканального лазерного излучения и лекарственного электрофореза меди-кальция [17].

В ходе исследования у всех пациентов рассчитывали индекс массы тела и детализировали степень выраженности метаболических изменений по уровням ЛК и ПВК (ммоль/л), а также производили расчёт соотношений между указанными показателями (ЛК:ПВК) для сравнения этих значений с физиологической нормой. Установлено наличие дисметаболических сдвигов в тканях у всех пациентов с СД-2 с пародонто-пародонтитом, что проявилось не только в визуально-лучевой оценке пародонта, но и повышенным уровнем в плазме ЛК и гликированного гемоглобина (Hbс%) на фоне низких значений ПВК с изменением структурной конфигурации физиологического соотношения между ними [18–20].

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Распределение пациентов в исследуемых группах по степени тяжести СД-2 и выявленному пародонто-пародонтиту ( $n=123$ , абс. ч./% к итогу) представлено графически (табл. 1).

Существенные сдвиги в исходных уровнях ЛК выявлены у 75 (61,0%) человек в виде его превышения от физиологической нормы в 2,9 раза ( $p < 0,05$ ) и снижения параметров ПВК ниже физиологической нормы на 33,6% ( $p < 0,01$ ) (табл. 2).

После комбинированного лечения отмечали повышение ПВК и снижение ЛК, что способствовало улучшению физиологического соотношения между ЛК:ПВК с 54,8 [51,7; 57,9] до 31,6 [30,7; 32,6] ед. ( $p < 0,05$ ), демонстрируя коррекцию в тканях явлений гипоксии и кислотно-щелочного дисбаланса. Полученные положительные коррекции,

в первую очередь, отмечены у пациентов из 1-й группы, получивших трансканальное лазерное освечение корневых структур поражённых зубов с последующей трансканальной методикой лекарственного электрофореза меди-кальция. Устранение в тканях явлений гипоксии и ацидотических явлений усиливает эффективность санационного воздействия в отношении хронических очагов инфекции в ротовой полости и повышает адаптационные резервы пациентов с СД-2.

### Объекты (участники) исследования

В исследование включены 123 пациента (59 мужчин и 64 женщины) с СД-2 с выявленной пародонто-пародонтальной патологией, у которых обнаружены существенные сдвиги в исходных уровнях ЛК в виде превышения концентрации от физиологической нормы в 2,9 раза ( $p < 0,05$ ) и низкие параметры ПВК от физиологической нормы на 33,6% ( $p < 0,01$ ), что отражает степень выраженности анаэробных сдвигов на фоне кислотно-щелочного дисбаланса в тканях при СД. После лазерного освечения корневых структур поражённых зубов с последующей методикой лекарственного электрофореза меди-кальция по трансканальному исполнению у пациентов 1-й группы отмечали улучшение физиологического соотношения между ЛК: ПВК с 54,8 [51,7; 57,9] до 31,6 [30,7; 32,6] ед. ( $p < 0,05$ ), демонстрируя коррекцию проявлений кислотно-щелочного дисбаланса и явлений гипоксии.

Существенные сдвиги в исходных уровнях ЛК выявлены у 75 (61,0%) человек в виде его превышения от физиологической нормы в 2,9 раза ( $p < 0,05$ ) и снижения параметров ПВК ниже физиологической нормы на 33,6%

**Таблица 1.** Пациенты с сахарным диабетом 2-го типа и выявленным пародонто-пародонтитом

**Table 1.** Patients with DM-2 and diagnosed periodontal periodontitis

Группы	Пол (абс., %)		Тяжесть СД-2	Стоматологическая патология		
	М	Ж		пародонтит	пародонтит и кариес	
1-я группа	15 (12,2)	16 (13,0)	Лёгкая	17 (54,8)	17 (13,8)	39 (31,7)
			Средняя	11 (36,6)		
			Тяжёлая	1 (3,4)		
2-я группа	15 (12,2)	16 (13,0)	Лёгкая	16 (51,6)	16 (13,0)	34 (27,6)
			Средняя	13 (41,9)		
			Тяжёлая	2 (6,5)		
3-я группа	15 (12,2)	16 (13,0)	Лёгкая	16 (51,6)	15 (12,2)	32 (26,0)
			Средняя	13 (41,9)		
			Тяжёлая	2 (6,6)		
4-я группа	14 (11,4)	16 (13,0)	Лёгкая	13 (43,3)	17 (13,8)	32 (26,0)
			Средняя	15 (50,0)		
			Тяжёлая	3 (10,0)		

*Примечание.* Все группы сопоставимы как по тяжести сахарного диабета, полу ( $p > 0,05$ ), так и по стоматологической патологии ( $p > 0,05$ ). СД-2 — сахарный диабет 2-го типа.

*Note.* All groups are comparable in terms of diabetes mellitus severity, gender ( $p > 0.05$ ), and dental pathology ( $p > 0.05$ ). DM-2 — diabetes mellitus type 2.

**Таблица 2.** Показатели лактата и пирувата в крови у пациентов с сахарным диабетом 2-го типа с пародонто-периодонтальной патологией до и после физиотерапевтического лечения ( $n=123$ )**Table 2.** Blood lactate and pyruvate levels in DM-2 patients with periodontal pathology before and after physiotherapy treatment ( $n=123$ )

Показатель	1-я группа	2-я группа	3-я группа	4-я группа
		<b>До лечения</b>		
ЛК, ммоль/л	2,97 [2,88; 3,16]	2,8 [2,6; 3,05]	2,89 [2,68; 3,09]	2,86 [2,65; 3,17]
		<b>После лечения</b>		
ЛК, ммоль/л	1,9 [1,8; 2,0]###	2,5 [2,3; 2,75]*	2,4 [2,3; 2,59]*	2,6 [2,5; 2,7]*
	Физиологическая норма: 0,95–1,8 ммоль/л			
		<b>До лечения</b>		
ПВК, ммоль/л	0,04 [0,03; 0,048]	0,0379 [0,028; 0,043]	0,037 [0,03; 0,044]	0,026 [0,02; 0,032]
		<b>После лечения</b>		
ПВК, ммоль/л	0,058 [0,05; 0,068]#	0,04 [0,038; 0,045]*	0,048 [0,04; 0,053]	0,046 [0,04; 0,052]
	Физиологическая норма: 0,05–0,06 ммоль/л			
		<b>До лечения</b>		
ЛК: ПВК (ед.)	54,8 [51,7; 57,9]	61,8 [60,8; 62,8]	58,4 [57,3; 59,6]	56,8 [54,5; 59,1]
		<b>После лечения</b>		
ЛК: ПВК (ед.)	31,6 [30,7; 32,6]*	59,8 [58,8; 60,7]**	58,0 [57,3; 58,9]**	55,4 [54,5; 56,4]**
	Физиологическая норма: 19,0–20,5 ммоль/л			

*Примечание.* ЛК — лактат крови; ПВК — пируват крови. Данные представлены Me [Q<sup>1</sup>; Q<sup>3</sup>]. Достоверность в каждой группе до и после лечения по критерию Уилкоксона: # —  $p < 0,05$ ; ## —  $p < 0,01$ . Достоверность между группами по отношению к 4-й группе без физиотерапии после лечения по критерию Краскела–Уоллиса: \* —  $p < 0,05$ ; \*\* —  $p < 0,01$ .

*Note.* LC — blood lactate; PVC — blood pyruvate. The data is presented by Me [Q<sup>1</sup>; Q<sup>3</sup>]. The reliability in each group before and after treatment according to the Wilcoxon criterion: # —  $p < 0,05$ ; ## —  $p < 0,01$ . The reliability between the groups in relation to the 4th group without physiotherapy after treatment according to the Kraskel–Wallis criterion: \* —  $p < 0,05$ ; \*\* —  $p < 0,01$ .

( $p < 0,01$ ). Явления пародонто-периодонтита у 56,5% пациентов с СД (экссудативный, геморрагический, пролиферативный) представлены: выраженным цианозом десневого края, рыхлостью десневых сосочков, сочетающихся с выбухающими из десневых сосочков грануляциями, гнойным и геморрагическим отделяемым. У 30,6% пациентов с СД-2 изменения в пародонте характеризовались валикообразным охватом шейки зубов десной и «колбообразным» вздутием десневых сосочков, что более представлено у лиц с тяжелым течением СД. У всех исследуемых пациентов с СД отмечали значительный подъём уровней ЛК и крайне низкие параметры ПВК, что было ниже физиологической нормы на 33,6% ( $p < 0,01$ ), отражая выраженность анаэробных сдвигов на фоне дисметаболических расстройств в тканях при СД. После комбинированного лечения отмечали повышение ПК и снижение ЛК, что способствовало улучшению физиологического соотношения между ЛК:ПВК с 54,8 [51,7; 57,9] до 31,6 [30,7; 32,6] ед. ( $p < 0,05$ ), демонстрируя устранение в тканях явлений гипоксии. Крайне важно перед проведением стоматологического лечения тщательно обследовать пациентов с СД-2, оценивать у них не только стоматологический статус, но и прогнозировать мишени метаболических сдвигов (ПВК и ЛК) с целью устранения стоматологических осложнений и гликемических рисков.

## Статистический анализ

Анализ статистических данных проводили в программах Microsoft Office Excel (2017) и статистической обработке SPSS (версия PASW Statistics, 2018). Обработку данных выполняли в программе IBM SPSS Statistics 26 (IBM). Для исследования данных применяли методы описательной статистики: вывод средних значений и стандартных отклонений, квартилей распределения (Q<sup>1</sup>; Q<sup>3</sup>), анализ гистограммы и ящичковых диаграмм. Проверку нормальности распределения осуществляли на основе анализа описательной статистики и критерия Шапиро–Уилка. Для оценки динамики изменения показателей ГК и HbC% по группам использовали дисперсионный анализ с повторными измерениями (общая линейная модель). Рассчитывали абсолютные и относительные величины; достоверность частот изучаемых признаков оценивали с помощью критерия Стьюдента ( $p < 0,05$ ). Для сравнения несвязанных групп с ненормальным распределением в более двух группах использовали критерий Краскела–Уоллиса, а в случае, если сравнивали две зависимые группы — критерий Уилкоксона, для сравнения с контрольной группой — критерий U-Уитни–Манна. Динамику изменения исследуемых параметров в процессе лечения оценивали с помощью W-критерия Уилкоксона для связанных выборок с ненормальным распределением.

Корреляционные взаимоотношения возраста (предиктор) и изучаемых параметров (критериев) выявляли с помощью коэффициента корреляции Спирмена для групп с ненормальным распределением и Пирсона в случае, если распределение исследуемых значений было нормальным.

## ОБСУЖДЕНИЕ

Проведённое исследование демонстрирует важность оценки у стоматологических пациентов с СД-2 не только стоматологического статуса, но и мишеней кислотно-щелочного равновесия, к которым относится ПВК и ЛК, отражающих степень выраженности гипоксических процессов и оксидантного стресса в тканях зубоальвеолярного комплекса.

У стоматологических пациентов с СД-2, которые получили в виде вспомогательного лечения трансканальное лазерное освечение корневых структур поражённых зубов с последующей трансканальной методикой лекарственного электрофореза меди-кальция, наблюдали более быстрое восстановление повреждённых дентально-пародонтальных тканей, что сопровождалось устранением дисбаланса между ЛК:ПК и снижением гликемических рисков.

При этом у стоматологических пациентов с СД-2, получивших трансканальную методику лекарственного электрофореза меди-кальция, отмечали повышение саногенных и адаптационных эффектов.

Известно, что лазерное излучение (НИЛИ) обеспечивает высокие микрососудистые, антиоксидантные и противовоспалительные результаты [11–18]. В связи с этим можно резюмировать, что под действием лазерного излучения в сложных корневых системах повреждённых зубов потенцируются высокие противовоспалительные и saniрующие эффекты, усиливающие корригирующие эффекты в тканях, в том числе после создания депо лекарственного противовоспалительного вещества меди-кальция.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Можно резюмировать, что применение комбинированной физиотерапии у пациентов с СД-2 с пародонто-периодонтальной патологией снижает риски воспалительных осложнений и повышает клиническую эффективность

лечения. Устранение в тканях гипоксии и ацидотических явлений усиливает эффективность санационного воздействия в отношении хронических очагов инфекции в ротовой полости, что ориентировано на повышение адаптационных резервов. После проведённого комбинированного лечения у пациентов отмечали уменьшение выраженности дисметаболических и гипоксических явлений в тканях, что подтверждено улучшением физиологического соотношения между ЛК:ПВК.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

**Источник финансирования.** Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования и подготовке публикации.

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с проведённым исследованием и публикацией настоящей статьи.

**Вклад авторов.** Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией). Наибольший вклад распределён следующим образом: Т. Чхеидзе — сбор материала; А.С. Ткаченко — статистическая обработка, редакция; Н.Г. Куликова — написание, редакция.

**Информированное согласие на участие в исследовании.** Все участники до включения в исследование добровольно подписали форму информированного согласия, утверждённую в составе протокола исследования этическим комитетом.

## ADDITIONAL INFORMATION

**Funding source.** This study was not supported by any external sources of funding.

**Competing interests.** The authors declare that they have no competing interests.

**Author's contribution.** All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work. T. Chkheidze — collection of material; A.S. Tkachenko — statistical processing, editorial; N.G. Kulikova — writing, editorial.

**Patients' consent.** Written consent obtained from all the study participants before the study screening in according to the study protocol approved by the local ethic committee.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

1. Zelensky VA, Kulikova NG, Overchenko AB. To the issue of dispensary observation of children and adolescents with dental diseases and dental developmental abnormalities. *Social hygiene, health and medical history*. 2010;3(1):11–13. doi: 10.22625/2072-6732-2011-33-5-11.
2. Zhang F, Zhang Z, Lin X, et al. Analysis of glugos ib blud with fi-broblast growth factor. fibroblast growth factor receptor complexes. *Biochemistry*. 2023;24(13):392–398.
3. Bereda G. Difference between Type 1 And 2 Diabetes Mellitus. *Journal of Medical Research and Health Sciences*. 2022;12(5):2375–2379.
4. Razumov AN, Timofeev AB, Mukhtarov EI, et al. Automated system for study of mechanical properties of organs and tissues on the basis of the apparatus for resonant vibrotherapy 'LANDYSH'. *Biomedical Engineering*. 2005;3:15–18.

5. Korchazhkina NB, Mikhailova AA, Kovalev SA, et al. Rationale for the use of the method of deep oscillation with a pulsed low-frequency electrostatic field in the early rehabilitation period after surgery. *Physiotherapy, balneology and rehabilitation*. 2020;19(4):244–248. doi: 10.17816/1681-3456-2020-19-4-7 EDN: SPFFLL
6. Korchazhkina NB, Mikhailova AA, Kolgaeva DI, et al. Rationale for the inclusion of pulsed low-frequency electrostatic massage in complex treatment and rehabilitation programs. *Physiotherapy, balneology and rehabilitation*. 2019;18(3):191–194. doi: 10.17816/1681-3456-2019-18-3-191-194 EDN: XEMTGF
7. Korchazhkina NB, Panin AM, Shimanko IA. Broadband electromagnetic therapy – a modern method for preventing postoperative complications in patients after dental implantation. *Physiotherapy, balneology and rehabilitation*. 2014;13(4):19–22. EDN: SMJJTH
8. Korchazhkina NB, Rzhovsky VS. The effect of broadband electromagnetic therapy and low-frequency alternating electrostatic field on the severity of endogenous intoxication in patients with inflammatory diseases of the maxillofacial region. *Issues of balneology, physiotherapy and therapeutic physical culture*. 2022;99(3–2):107–108. EDN: UNNTVT
9. Lopatkina LV, Kotenko KV, Korchazhkina NB. Complex non-drug programs in the correction of vegetative and psychoemotional disorders in metabolic syndrome. *Physiotherapy, balneology and rehabilitation*. 2014;13(4):4–6. EDN: SMJJRT
10. Valeeva FV, Khasanova KB, Yilmaz TS, Mansurova RG. Association of Anthropometric Indicators with the Risk of Development of Type 2 Diabetes Mellitus in Persons with Excess Body Weight or Obesity: Cohort Prospective Study. *Physiotherapy, balneology and rehabilitation*. 2022;24(4):242–246. doi: 10.26442/20751753.2022.4.201553 EDN: UTWMMK
11. Kulikova NG, Zhilokov ZG, Tkachenko AS, Konchugova TV. In: *Arbat of scientific papers*. Issue 4. Moscow: Znanie-M; 2021. P. 37–44. doi: 10.38006/907345-95-9.2021.37.44 EDN: VXSJDB
12. Kulikova NG, Tkachenko AS. Complex physiotherapeutic correction of dental pathology in women in the early postpartum period. *Physiotherapy, balneology and rehabilitation*. 2016;6:45–49. EDN: XCSVVT
13. Kulikova NG, Konchugova TV, Zhilokov ZG, Tkachenko AS. Voprosy balnetologii, fizioterapii i lechechennoy fizicheskoy kul'tury. *Issues of balneology, physiotherapy and therapeutic physical culture*. 2021;3(1):11–13.
14. Kulikova NG, Nesterova EV, Tkachenko AS, Zhilokov ZG. Voprosy balnetologii, fizioterapii i lechechennoy fizicheskoy kul'tury. *Issues of balneology, physiotherapy and therapeutic physical culture*. 2021;2(1):29–33. EDN: WLZZKG
15. Iyomasa MM, Rizzi EC, Leão J, et al. Zymographic and ultrastructural evaluations after low-level laser irradiation on masseter muscle of HRS. *Lasers in Medical Science*. 2018;28(3):777–783.
16. Knappvost A. Intracanal method of drug administration (copper-calcium hydroxide) by electrophoresis. *Clinical Dentistry*. 1998;2(1):44–49.
17. Moskvina SV, Klyuchnikov DYu, Antipov EV, et al. Influence of pulsed low-intensity laser radiation of red (635 nm) and infrared (904 nm) spectrum on mesenchymal stem cells in vitro. *Issues of balneology, physiotherapy and exercise therapy*. 2014;91(6):40–47. EDN: TKIMKZ
18. De Jesus JF, Spadacci-Morena DD, dos Anjos RND, et al. Low-level laser therapy (780 nm) on VEGF modulation at partially injured Achilles tendon. *Photomedicine and Laser Surgery*. 2018;34(8):331–335.
19. Dedov II, Shestakova MV, Mayorov AY. Algorithms of specialized medical care for patients with diabetes mellitus. *Diabetes mellitus*. 2021;24(15):1–148.
20. Vagner VD, Konev VP, Korshunov AS. Age changes in mineral component and organic matrix of human teeth enamel by electronic and atomic-power microscopy methods. *Clinical Dentistry (Russia)*. 2019;3(3):4–6. doi: 10.37988/1811-153X\_2019\_3\_4 EDN: HITQYG

## ОБ АВТОРАХ

**\*Куликова Наталья Геннадьевна**, д-р мед. наук, профессор; адрес: Россия, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6; ORCID: 0009-0007-0374-6763; eLibrary SPIN: 6613-1164; e-mail: kulikovang777@mail.ru

**Чхеидзе Тинатин**; ORCID: 0000-0003-1797-1324; eLibrary SPIN: 4134-4069; e-mail: tinatin@mail.ru

**Ткаченко Альбина Сергеевна**, канд. мед. наук, доцент; ORCID: 0000-0001-8506-8562; eLibrary SPIN: 6126-1475; e-mail: rocstar-fo@to.ru

## AUTHORS' INFO

**Natalia G. Kylikova**, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor; address: 6 Miklukho-Maklaya st, Moscow, Russia, 117198; ORCID: 0009-0007-0374-6763; eLibrary SPIN: 6613-1164; e-mail: kulikovang777@mail.ru

**Tinatin Chkheidze**; ORCID: 0000-0003-1797-1324; eLibrary SPIN: 4134-4069; e-mail: tinatin@mail.ru

**Albina S. Tkachenko**, MD, Cand. Sci. (Medicine), Assistant Professor; ORCID: 0000-0001-8506-8562; eLibrary SPIN: 6126-1475; e-mail: rocstar-fo@to.ru

\*Автор, ответственный за переписку / Corresponding author