



# Анализ эффективности применения озонотерапии в купировании гипертонуса жевательных мышц (экспериментальное исследование)

Е.Н. Ярыгина<sup>1</sup>, В.В. Шкарин<sup>1</sup>, Ю.А. Македонова<sup>1,2\*</sup>, Е.А. Огонян<sup>1</sup>,  
О.Ю. Афанасьева<sup>1</sup>, И.В. Диденко<sup>1</sup>, Д.М. Македонова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Волгоградский государственный медицинский университет, Волгоград, Российская Федерация

<sup>2</sup>Волгоградский медицинский научный центр, Волгоград, Российская Федерация

## АННОТАЦИЯ

**Актуальность.** Постоянно напряжение мышц приводит к перегрузке сократительных элементов мышечной ткани с последующим ее повреждением и выходом ионов кальция из саркоплазматического ретикулума без их последующего обратного поглощения. Хронические нагрузки, обусловленные длительным сокращением, или их чрезмерное утомление при множественных сокращениях приводят к перенапряжению и развитию дисфункции височно-нижнечелюстного сустава. Для предупреждения развития заболеваний, обусловленных гипертонусом жевательных мышц, необходимо в первую очередь воздействовать на мышечную ткань. Одним из неинвазивных методов является озонирование мышечной ткани. Проведение сравнительного анализа эффективности данного физиотерапевтического метода для купирования гипертонуса жевательных мышц и послужило целью исследования.

**Материалы и методы.** Для оценки эффективности проводимой терапии проведено экспериментальное исследование. 30 лабораторным животным был смоделирован гипертонус жевательных мышц. Крысы были разделены на две группы. 1-й группе проводилось лечение общепринятой методикой, 2-й группе – выполнение непосредственного озонирования жевательной мускулатуры. Оценивали качественные (площадь воспалительного инфильтрата, объемная доля кровеносных сосудов, площадь мышечной ткани) и полуколичественные (выраженность воспаления, наличие отека, наличие некроза) параметры спустя 14 дней проводимой терапии.

**Результаты.** В 1-й группе отмечались нарушения морфологической структуры мышечной ткани, проявляющиеся дезорганизацией и гипертрофией волокон, местами с разветвлением, уменьшение объемной доли кровеносных сосудов, увеличение площади мышечных волокон за счет увеличения их размеров, сохранялось воспаление и отек. Выявленные изменения свидетельствовали о значимых нарушениях питания мышечной ткани, что обусловлено ее спастичностью. Во 2-й группе в отдельных случаях сохранялись признаки незначительного очагового отека, отмечалось изолированное полнокровие сосудов. Объемная доля кровеносных сосудов статистически значимо не отличалась от показателя интактной мышечной ткани. Лимфоидно-клеточная инфильтрация отсутствовала. Деструктивные и некротические изменения не наблюдались.

**Заключение.** В выполненном экспериментальном исследовании доказано действие озонирования как миорелаксанта для купирования спастичности мышечной ткани. Во всех группах побочных явления и осложнений не выявлено. Проводимое лечение не вызывает грубых дистрофических и деструктивных процессов.

**Ключевые слова:** гипертонус жевательных мышц, эксперимент, купирование, озонотерапия, блокада.

**Для цитирования:** Ярыгина ЕН, Шкарин ВВ, Македонова ЮА, Огонян ЕА, Афанасьева ОЮ, Диденко ИВ, Македонова ДМ. Анализ эффективности применения озонотерапии в купировании гипертонуса жевательных мышц (экспериментальное исследование). *Стоматология детского возраста и профилактика*. 2025;25(1):57-65. DOI: 10.33925/1683-3031-2025-876

\***Автор, ответственный за связь с редакцией:** Македонова Юлия Алексеевна, заведующая кафедрой стоматологии института непрерывного медицинского и фармацевтического образования Волгоградский государственный медицинский университет, 400066, пл. Павших Борцов, д. 1, г. Волгоград, Российская Федерация. Для переписки: mihai-m@yandex.ru

**Конфликт интересов:** Авторы декларируют отсутствие конфликта интересов.

**Финансирование:** Исследование выполнено в рамках реализации гранта Администрации Волгоградской области – соглашение №1 – 2024.

**Благодарности:** Индивидуальные благодарности для декларирования отсутствуют.

# Effectiveness of ozone therapy in reducing masticatory muscle hypertonicity: an experimental study

E.N. Yarygina<sup>1</sup>, V.V. Shkarin<sup>1</sup>, Yu.A. Makedonova<sup>1,2\*</sup>,  
E.A. Ogonyan<sup>1</sup>, O.Yu. Afanasyeva<sup>1</sup>, I.V. Didenko<sup>1</sup>, D.M. Makedonova<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Volgograd State Medical University, Volgograd, Russian Federation

<sup>2</sup>Volgograd Medical Scientific Center, Volgograd, Russian Federation

## ABSTRACT

**Relevance.** Persistent tension in muscle tissue leads to overload of contractile elements, causing structural damage and the release of calcium ions from the sarcoplasmic reticulum without subsequent reuptake. Chronic muscular overload due to prolonged or repetitive contractions contributes to excessive strain and may result in temporomandibular joint dysfunction. To prevent disorders associated with masticatory muscle hypertonicity, therapeutic interventions should primarily target the affected muscle tissue. One non-invasive approach is the application of ozone therapy. This study aimed to conduct a comparative evaluation of the effectiveness of ozone therapy in alleviating hypertonicity of the masticatory muscles.

**Materials and methods.** An experimental study was conducted to assess the effectiveness of the proposed therapeutic method. Hypertonicity of the masticatory muscles was induced in 30 laboratory rats, which were then randomly assigned to two groups. The first group received standard treatment, while the second group underwent direct ozone therapy targeting the masticatory muscles. After 14 days of treatment, both qualitative parameters (inflammatory infiltration area, volume density of blood vessels, muscle tissue area) and semi-quantitative indicators (inflammation severity, as well as signs of edema and necrosis) were assessed.

**Results.** In the first group, the muscle tissue exhibited structural disorganization and fiber hypertrophy, with occasional branching, reduced volume density of blood vessels, and increased muscle fiber area due to hypertrophy. Inflammatory response and edema persisted. These findings indicated significant impairment of tissue perfusion due to sustained spasticity. In the second group, only minor focal edema and isolated vascular engorgement were observed. The volume density of blood vessels did not differ significantly from that in intact muscle tissue. No lymphocytic infiltration, necrotic changes, or tissue destruction were detected.

**Conclusion.** This experimental study demonstrated the myorelaxant effect of ozone therapy in alleviating muscle spasticity. No adverse effects or complications were observed in either group. The treatment did not result in marked dystrophic or destructive changes in muscle tissue.

**Keywords:** masticatory muscle hypertonicity, experimental study, alleviation, ozone therapy, blockade

**For citation:** Yarygina EN, Shkarin VV, Makedonova YuA, Ogonyan EA, Afanasyeva OYu, Didenko IV, Makedonova DM. Effectiveness of ozone therapy in reducing masticatory muscle hypertonicity: an experimental study. *Pediatric dentistry and dental prophylaxis*. 2025;25(1):57-65. (In Russ.). DOI: 10.33925/1683-3031-2025-876

\***Corresponding author:** Yulia A. Makedonova, Head of the Department of Dentistry, Institute of Continuing Medical and Pharmaceutical Education, Volgograd State Medical University, 1 Pavshih Bortsov Sq., Volgograd, Russian Federation, 400066, 170100. For correspondence: mihai-m@yandex.ru

**Conflict of interests:** The authors declare no conflict of interests.

**Funding:** The study was carried out within the framework of the Volgograd Oblast Administration Grant – Agreement No.1 – 2024.

**Acknowledgments:** There are no individual acknowledgments to declare.

## АКТУАЛЬНОСТЬ

Роль скелетных мышц в развитии височно-нижнечелюстного миофасциального болевого синдрома (ВНЧ МБС) описана во многих публикациях [1-3]. По данным авторов отечественной и зарубежной литературы, частота встречаемости данной патологии увеличивается в геометрической прогрессии, при этом данная патология наиболее распространена у трудоспособной категории людей [4, 5]. Влияние мышечного компонента на развитие ВНЧ МБС некоторые авторы полностью отрицают, однако в сво-

ем большинстве исследователи считают мышечные симптомы и мышечную дисфункцию основным признаком данного синдрома, боль при этом обусловлена миогенным генезом. Следовательно, авторы подчеркивают, что при лечении данной патологии основной упор целесообразно делать на устранении мышечной дисфункции [6]. Симптомы ВНЧ МБС развиваются за счет мышечного спазма – непроизвольной активности моторной единицы мышцы, находящейся в состоянии покоя. Пациенты страдают от головных болей, развивается мигрень, шум и заложенность в ушах, головокружение. Изменяется сто-

матологический статус – развиваются заболевания пародонта (рецессия десны), некариозные поражения, патологическая стираемость зубов, дисфункция ВНЧС [7]. Хронизация процесса существенно сказывается на качестве жизни пациентов с ВНЧ МБС.

Местом первоочередного воздействия при ВНЧ МБС должна являться жевательная мускулатура [8]. В настоящее время наиболее эффективными лекарственными препаратами для симптоматического лечения ВНЧ МБС являются нестероидные противовоспалительные средства (НПВС), миорелаксанты, бензодиазепины и антидепрессанты [9, 10]. Анализ систематических обзоров, посвященных лечению височно-нижнечелюстных расстройств за последние 10 лет демонстрирует все большую приверженность исследователей к малоинвазивным методам лечения, которые показывают стойкий положительный эффект, в отличие от инвазивных, теряющих былую популярность [11].

Физиотерапия имеет особое значение в лечении болевого синдрома при функциональных расстройствах ВНЧС. Положительные терапевтические эффекты достигаются при использовании лазеротерапии, термотерапии, светотерапии, электромагнитного поля, проприоцептивного нейромышечного движения, кинезиотерапии, релаксационных техник, аутогенной тренировки и биологической обратной связи для изменения парафункционального поведения [12].

В последние годы все большую популярность приобретает применение озона при лечении различных заболеваний челюстно-лицевой области, в первую очередь инфекционно-воспалительных процессов слизистой полости рта и кожи [13]. Озонотерапия является простым, неинвазивным и недорогим методом лечения, практически не вызывающим побочных эффектов. Ранее, до XVI века, когда немецкий ученый Альберт Вольф впервые открыл терапевтический эффект низких концентраций озона, он считался токсичным газом [14]. К терапевтическим свойствам озонотерапии можно отнести анальгезирующий, антибактериальный, противовирусный, ранозаживляющий и противовоспалительный эффекты. Кроме того, озон способен активировать антиоксидантную и иммунную системы организма. В нескольких опубликованных за последние годы исследованиях было продемонстрировано благотворное влияние озона на способность регулировать окислительно-восстановительный баланс организма, состояние клеточного воспаления и адаптацию к процессам ишемии/реперфузии, что объясняет анальгезирующее действие озона [15].

Широко известны три формы применения медицинского озона: местная, инфильтративная и системная. При локальном применении акцент делается на антибактериальное действие озона и его положительное влияние на процессы репарации; обычно для этих целей используют озонированную воду или масло. Для лечения заболеваний опорно-двигательного аппарата, таких как артрит, тендинит, миозит, фас-

цитит, неврит или миофасциальная боль, используется инфильтрованный озон в концентрации от 4 до 30 мкг/мл. Системная озонотерапия заключается во введении смеси газов в основном двумя путями: прямым внутривенным путем (также известным как аутогемотерапия) и ректальной инсuffляцией [16].

Несмотря на частое упоминание в литературе эффективности озона при лечении заболеваний порно-двигательного аппарата, недостаточно информации о научном обосновании упомянутых показаний [17]. Являясь высокоокисляющим газом, медицинский озон обладает отличной способностью проникать в ткани. Попадая в мышечную ткань, озон непосредственно воздействует на болевые рецепторы, подавляя болевые сигналы и активируя антиноцицептивную систему. Этим объясняется миорелаксирующий эффект озонотерапии.

Озонотерапия обычно используется как дополнение к традиционным методам лечения и может быть показана в качестве вспомогательного лечения заболеваний, связанных с нарушением клеточного окислительно-восстановительного баланса или оксигенации тканей. С этой точки зрения системная озонотерапия может помочь пациентам с хронической болью. Однако в литературе практически отсутствуют научные доказательства эффективности применения озонотерапии у пациентов с ВНЧ МБС. Отсутствие стандартизации и научной верификации безопасности применения озонотерапии при лечении пациентов с ВНЧ МБС побуждает врачей проводить дальнейшие исследования в этой области.

**Цель исследования:** в эксперименте провести сравнительный анализ эффективности озонотерапии при купировании гипертонуса жевательных мышц.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

С целью разработки методики озонирования и оценки эффективности ее воздействия на жевательную мускулатуру на лабораторных животных был смоделирован мышечный гипертонус. Исследование проведено в лаборатории инновационных методов реабилитации и абилитации ГБУ «Волгоградский медицинский научный центр». Лабораторным животным 30 белым крысам – самцам линии Вистар массой 150-200 г, содержащихся в условиях вивария ( $t^{\circ} = 22-24^{\circ}C$ , относительная влажность воздуха 40-50%), с естественным режимом на стандартной диете (ГОСТ Р 50258-92), соблюдая правила лабораторной практики при проведении доклинических исследований в РФ (ГОСТ 3 51000.3-96 и 1000.4-96) и правила гуманного обращения с животными (Report of the AVMA Panel on Euthanasia JAVMA, 2001), а также правил Международных рекомендаций Европейской конвенции по защите позвоночных животных, используемых при экспериментальных исследованиях (1997) был смоделирован мышечный гипертонус собственно жевательной мышцы. Эксперимент

<p><b>Качественные параметры</b> Qualitative parameters</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Площадь воспалительного инфильтрата</b> / Inflammatory infiltration area</li> <li>• <b>Объемная доля кровеносных сосудов</b> / Volume density of blood vessels</li> <li>• <b>Площадь мышечной ткани</b> / Muscle tissue area</li> </ul>
<p><b>Полуколичественные параметры</b> Semi-quantitative parameters</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Выраженность воспаления</b> / Inflammation severity</li> <li>• <b>Наличие отека</b> / Edema</li> <li>• <b>Наличие некроза</b> / Necrosis</li> </ul>

**Рис. 1.** Параметры морфометрического исследования  
**Fig. 1.** Parameters of morphometric analysis

был одобрен комитетом по этической экспертизе исследований Волгоградского государственного медицинского университета (протокол №2021/14 от 19.11.2021 г.). Премедикация животных осуществлялась путем введения в левую икроножную мышцу 0,1% атропина в количестве, соответствующем весу животного (согласно инструкции производителя). Наркотизация животных осуществлялась путем введения в левую икроножную мышцу препарата «Золетил-100» в дозе 8 мг/кг, разведенного в 5 мл дистиллированной воды (согласно инструкции производителя). Расчет препарата производился с учетом массы лабораторного животного. На 100 г веса осуществляли внутримышечное введение комбинации препаратов: 0,1 мл раствора «Ксиланит» смешивали с 0,05 мл препарата «Золетил». После того как животное переставало реагировать на раздражение, его фиксировали. Фиксированному на операционном столе животному сбривали шерсть и вводили инсулиновым шприцом 0,2 мл 10% раствор хлорида для моделирования мышечного гипертонуса собственно жевательной мышцы.

Для исключения влияния на конечный результат эксперимента дополнительных факторов, связанных с индивидуальными физиологическими особенностями, исследование опытных способов осуществлялось в пределах одного организма. Каждому лабораторному животному осуществляли введение 0,2 мл 10% раствор хлорида справа и слева в собственно жевательную мышцу. Далее осуществляли рандомизацию на группы согласно методам проводимой терапии.

- 1-я группа (основная) – справа – производили купирование мышечного гипертонуса путем однократного выполнения блокады двигательного нерва 0,1 мл 0,5% раствором лидокаина (общепринятое лечение).

- 2-я группа (сравнения) – выполнялось купирование спастичности методикой проведения непосредственного озонирования собственно жевательной мышцы аппаратом «Озотрон» согласно алгоритму.

1. Подбор и изготовление наконечника для максимальной экспозиции озона в необходимую область.

2. Установка наконечника, установка инструмента «пика», голова повернута в противоположную сторону, озонирование области собственно жевательной или височной мышц.

3. Определение уровня концентрации и времени экспозиции.

4. Частота ультразвуковых колебаний – 26,5кГц.

5. Амплитуда колебаний излучающего торца волновода-инструмента (пика) – 40-80 мкм.

6. Расстояние от излучающего торца волновода-инструмента до озонизируемой поверхности – не менее 3-5 мм.

7. Режим ультразвукового воздействия – непрерывный.

8. Экспозиция ультразвукового воздействия – 300 секунд.

9. Определение курса проводимой терапии – озонирование осуществлялось ежедневно в течение двух недель.

10. Перед аэрацией поверхность очищали антисептическими препаратами 0,05% раствор хлоргексидина и 3% раствор перекиси водорода, после чего область промывали дистиллированной водой.

Спустя 14 дней произведен забор и гистологическое исследование биоптатов собственно жевательной мышцы для оценки реакции на введение 10% раствора хлорида и эффективности проводимой терапии на клеточном уровне. Рассчитывали качественные и полуколичественные параметры (рис. 1).

Для получения контрольных параметров состояния жевательной мускулатуры выполнена инцизионная биопсия с забором биоптата размером 1 x 1 см из широчайшей мышцы спины, расположенной под кожей лабораторного животного (контрольная группа). Данная мышца относится к поперечно-полосатой мускулатуре и идентична по своему строению жевательной мышце.

Для исследования *in vitro* забор биоптатов размером 1 x 1 см проводился справа и слева, фиксация осуществлялась в 10% растворе забуференного нейтрального формалина в течение 24 часов. Изготавливали парафиновые блоки и гистологические срезы толщиной 3-5 мкм по общепринятым методикам. Производили окрашивание микропрепаратов гематоксилином-эозином.

Качественные параметры изучали с помощью с помощью компьютерной программы «Видео Тест-Морфо-4» (Россия) (рис. 2).

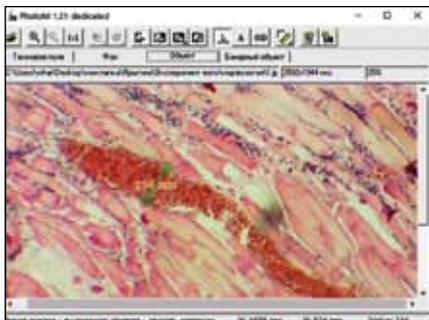
Калибровка для расчета площади воспалительного инфильтрата и площади мышечной ткани осуществлена согласно калибровочной шкале (рис. 3).

Некротические изменения определяли в соответствии с градацией, где «-» – отсутствие признака; «+» – слабые; «++» – умеренные и «+++» – выражен-

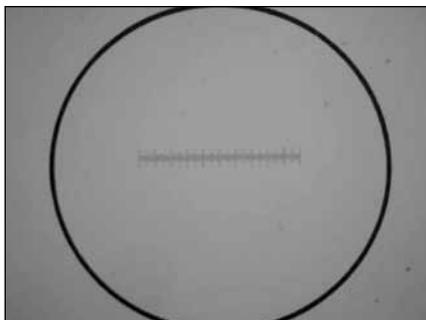
ные изменения. Степень воспаления оценивали по балльной шкале, где 0 баллов – воспаление отсутствует; 1 балл – незначительная степень воспаления, 2 балла – воспаление умеренное, 3 балла – воспаление выраженное. Наличие отека также рассчитывали согласно 4-балльной шкале: 0 баллов – нет отчетно-

сти; 1 балл – незначительный отек; 2 балла – умеренный отек; 3 балла – отек выраженный.

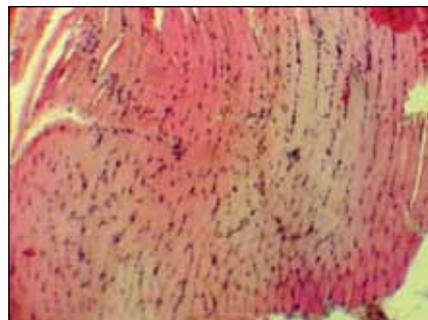
Гистологические препараты фотографировали цифровой камерой Canon (Japan, 5.0 мегапикселей) на базе микроскопа Axiostar plus (Карл Цейс, Германия) с использованием объектива x50; x100, x400 и окуляра x10.



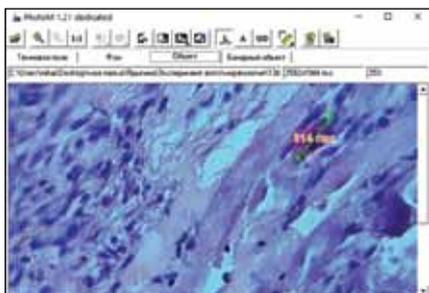
**Рис. 2.** Программа «Видео ТестМорфо-4»  
**Fig. 2.** “Video TestMorpho-4” software interface



**Рис. 3.** Морфометрическая калибровочная шкала  
**Fig. 3.** Morphometric calibration scale

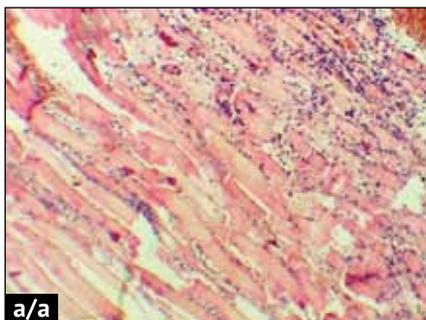


**Рис. 4.** Интактная мышечная ткань. Окраска гематоксилином и эозином. Начальное увеличение x10  
**Fig. 4.** Intact muscle tissue. Hematoxylin and eosin staining, original magnification x10



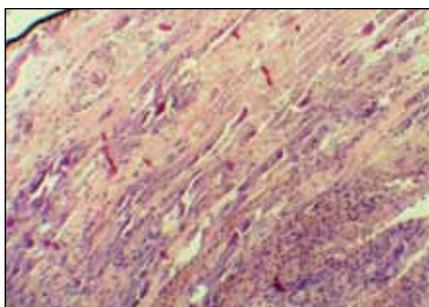
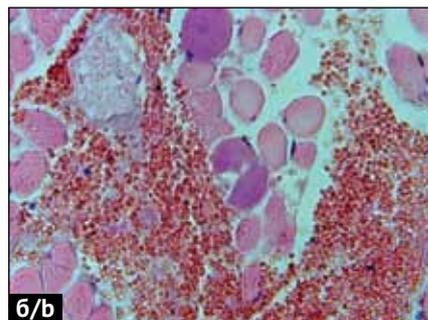
**Рис. 5.** Мышечная ткань через 14 дней в 1-й группе. Участки некроза окружены воспалительным инфильтратом. Окраска гематоксилином и эозином. Начальное увеличение x40

**Fig. 5.** Muscle tissue on day 14 in Group 1. Areas of necrosis surrounded by inflammatory infiltration. Hematoxylin and eosin staining, original magnification x40

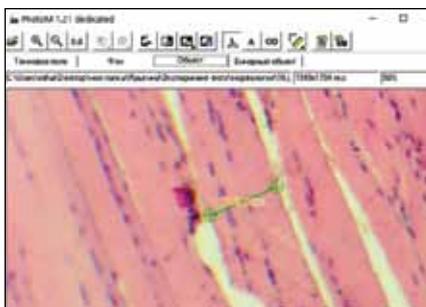


**Рис. 6.** Наличие воспалительных и деструктивных изменений: а) продольный разрез мышцы, начальное увеличение x10; б) поперечный разрез мышцы, начальное увеличение x40, окраска гематоксилином и эозином

**Fig. 6.** Inflammatory and destructive changes: a) longitudinal section of muscle tissue, original magnification x10; b) cross-section of muscle tissue, original magnification x40, hematoxylin and eosin staining calibration scale



**Рис. 7.** Сухой коагуляционный некроз. Начальное увеличение x10  
**Fig. 7.** Coagulative necrosis. Hematoxylin and eosin staining, original magnification x10



**Рис. 8.** Сгруппированное расположение мышечных волокон, разделенных саркомерами через 14 дней во 2-й группе. Окраска гематоксилином и эозином. Начальное увеличение x40  
**Fig. 8.** Grouped arrangement of muscle fibers separated by sarcomeres on day 14 in Group 2. Hematoxylin and eosin staining, original magnification x40



**Рис. 9.** Сосуды различного калибра. Окраска гематоксилином и эозином. Начальное увеличение x40  
**Fig. 9.** Blood vessels of varying caliber. Hematoxylin and eosin staining, original magnification x40

Данные, полученные в результате исследований, обрабатывали вариационно-статистическим методом с использованием пакета прикладных программ Statistica 10 и Microsoft Excel Windows 2016. Статистический анализ проводился методом вариационной статистики с определением средней величины ( $M$ ), ее средней ошибки ( $\pm m$ ), стандартного отклонения ( $\delta$ ), оценки достоверности различия по группам с помощью критерия Стьюдента ( $t$ ).

## РЕЗУЛЬТАТЫ

При морфологическом исследовании поперечно-полосатой мускулатуры у животных контрольной группы отмечалось сгенерированное параллельное расположение мышечных волокон, сгруппированных в пучки (рис. 4).

Мышечные волокна содержали кровеносные сосуды, объемная доля которых составила  $22,3 \pm 2,8\%$ . Признаки воспаления отсутствовали. Площадь мышечных волокон равнялась  $48,9 \pm 2,3\%$  от общей площади. Четко прослеживались чередуемые полосы вдоль мышечных волокон, обусловленные наличием саркомеров.

У лабораторных животных 1-й группы, купирование мышечного гипертонуса которых проводилось общепринятой терапией, отмечалось выраженное воспаление ( $2,1 \pm 0,2$  балла), представленное очаговой лейкоцитарной инфильтрацией, встречались множественные очаги некроза (рис. 5).

Площадь мышечных волокон статистически значимо увеличилась на 74,4% и составила  $85,3 \pm 1,5\%$  ( $p < 0,05$ ). Увеличение именно размеров мышечных волокон, а не их количества, обуславливает развитие гипертрофических явлений в ответ на спазм жевательной мышцы. Объемная доля кровеносных сосудов уменьшилась в 2,6 раза ( $p < 0,05$ ) и составила  $8,7 \pm 0,4\%$ , что свидетельствует о развитии застойных явлений в кровеносном русле.

На продольном и поперечном разрезе мышцы отмечалось полнокровие сосудов, некроз и воспаление (рис. 6).

Площадь воспалительного инфильтрата составила  $62,3 \pm 2,8\%$ . Волокна расположены хаотично, сочетались с местами разрыхления волокон, вероятно, за счет сохраняющегося отека ( $1,8 \pm 0,2$  балла). Отмечалась выраженная очаговая смешанно-клеточная инфильтрация, обусловленная скоплением лейкоцитов и фибробластов, гипертрофия волокон. Местами наблюдался коагуляционный некроз волокон с сохранением очертаний погибших волокон (рис. 7).

Таким образом, в первой основной группе отмечались нарушения морфологической структуры мышечной ткани, проявляющиеся дезорганизацией и гипертрофией волокон, местами с разветвлением, уменьшение объемной доли кровеносных сосудов, увеличение площади мышечных волокон за счет увеличения их размеров, сохранялось воспаление и отек. Выявленные изменения свидетельствовали

о значимых нарушениях питания мышечной ткани, что обусловлено ее спастичностью.

При морфологическом исследовании мышечной ткани на 14 день у экспериментальных животных 2-й группы, купирование мышечного гипертонуса которых проводилось методом озонирования, площадь мышечных волокон составляла  $51,3 \pm 1,8\%$ , что приблизилось к показателям контрольных цифр интактной мышечной ткани ( $48,9 \pm 2,3\%$ ,  $p < 0,05$ ). Поперечно-полосатая мускулатура разграничена саркомерами, строение волокон симметричное. Сами волокна были уплощенные, с незначительным количеством безъядерных зон мышечных клеток (рис. 8).

Воспаление и отек сохранялись в незначительном объеме –  $0,6 \pm 0,1$  балла и  $0,7 \pm 0,1$  балла соответственно. Объемная доля кровеносных сосудов составляла  $16,4 \pm 1,2\%$  ( $p > 0,05$  относительно показателя до моделирования ГЖМ –  $22,3 \pm 2,8\%$ ), отмечались сосуды различного калибра (рис. 9).

Таким образом, через 14 дней эксперимента признаков хронического воспаления не наблюдалось. В отдельных случаях сохранялись признаки незначительного очагового отека, отмечалось изолированное полнокровие сосудов. Объемная доля кровеносных сосудов статистически значимо не отличалась от показателя интактной мышечной ткани. Лимфоидно-клеточная инфильтрация отсутствовала. Деструктивные и некротические изменения не наблюдались.

## ОБСУЖДЕНИЕ

В 1-й группе площадь воспалительного инфильтрата составила  $32,3 \pm 2,8\%$ , что в 4,2 раза больше аналогичного параметра 2-й группы ( $14,7 \pm 1,2\%$ , при  $p < 0,05$ ). Отмечалось умеренно выраженное воспаление и отек мышечной ткани справа –  $2,1 \pm 0,2$  балла и  $1,8 \pm 0,2$  балла, что в 3,5 раза и 2,6 раза больше данных показателей 2-й группы –  $0,6 \pm 0,1$  балла и  $0,7 \pm 0,1$  балла соответственно ( $p < 0,05$ ).

Объемная доля кровеносных сосудов жевательной мышцы слева составила  $16,4 \pm 1,2\%$ , что статистически значимо больше первой группы в 1,9 раза ( $8,7 \pm 0,4\%$ , при  $p < 0,05$ ).

У животных 1-й группы отмечалось статистически значимое увеличение площади мышечных волокон в 1,7 раза ( $p < 0,05$ ) и составило  $85,3 \pm 1,5\%$ , что в 1,6 раза больше группы сравнения –  $51,3 \pm 1,8\%$  ( $p < 0,05$ ). Гипертрофические изменения данной структуры обусловлены компенсаторным ответом организма в ответ на повреждение. Следует отметить, что в данном случае отмечается увеличение размеров мышечных волокон, а не количества.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Установлено, что озон обладает миорелаксирующим действием, усиливает динамику локального кровотока, уменьшает отек и воспаление. Релакси-

рующий эффект обусловлен выделением биологически активных веществ, способствующих нормализации показателей функциональной активности жевательной мускулатуры, усилению кровообращения, купированию воспаления в кратчайшие сроки его применения.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Hashimoto S, Kosaka T, Nakai M, Kida M, Fushida S, Kokubo Y, et al. A lower maximum bite force is a risk factor for developing cardiovascular disease: The Suita study. *Sci. Re*: 2021;11(1):7671.  
doi: 10.1038/s41598-021-87252-5
2. Воробьев АА, Ярыгина ЕН, Македонова ЮА, Литвина ЕВ, Панферова ИГ, Демин ДВ. Анатомические и функциональные особенности жевательной мускулатуры при моделировании гипертонуса жевательных мышц в эксперименте. *CATHEDRA — КАФЕДРА. СТОМАТОЛОГИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ*. 2024; (88):20-24. Режим доступа:  
<https://elibrary.ru/item.asp?id=67867211>
3. Kosaka T, Kida M, Kikui M, Hashimoto S, Fujii K, Yamamoto M, et al. Factors influencing the changes in masticatory performance: The Suita study. *JDR Clin Trans Res*. 2018;3(4):405-412  
doi: 10.1177/2380084418785863
4. Yarygina EN, Shkarin VV, Makedonova YuA, Dyachenko DYU, Gavrikova LM. Development and Testing of a System for Predicting the Risk of Developing Disorders of Occlusive Relationships as a Component of the Rehabilitation Program for Patients with Myofascial Pain Syndrome of the Masticatory Muscles. *Journal of International Dental and Medical Research*. 2024;17(3):1138-1145. Режим доступа:  
[https://www.jidmr.com/journal/wp-content/uploads/2024/09/29-D24\\_3144\\_Makedonova\\_Yu\\_A\\_Russia-Clin.pdf](https://www.jidmr.com/journal/wp-content/uploads/2024/09/29-D24_3144_Makedonova_Yu_A_Russia-Clin.pdf)
5. Rodrigues R, Sassi FC, Silva APD, Andrade CRF. Correlation between findings of the oral myofunctional clinical assessment, pressure and electromyographic activity of the tongue during swallowing in individuals with different orofacial myofunctional disorders. *Codas*. 2023;35(6):e20220053  
doi: 10.1590/2317-1782/20232022053pt
6. Beddis H, Pemberton M, Davies S. Sleep bruxism: an overview for clinicians. *Br Dent J*. 2018;225(6):497-501  
doi: 10.1038/sj.bdj.2018.757
7. Ella B, Ghorayeb I, Burbaud P, Guehl D. Bruxism in Movement Disorders: A Comprehensive Review. *J Prosthodont*. 2017;26(7):599-605  
doi: 10.1111/jopr.12479
8. Gouw S, de Wijer A, Creugers NH, Kalaykova SI. Bruxism: Is There an Indication for Muscle-Stretching Exercises? *Int J Prosthodont*. 2017;30(2):123-132  
doi: 10.11607/ijp.5082
9. Kuhn M, Türp JC. Risk factors for bruxism. *Swiss Dent J*. 2018;128(2):118-124  
doi: 10.61872/sdj-2018-02-369
10. Яременко АИ, Ткаченко ТБ, Орехова ЛЮ, Си-лин АВ, Корешкина МИ. Алгоритм применения нестероидных противовоспалительных препаратов в стоматологической практике. *Пародонтология*. 2016;21(3):47-52. Режим доступа:  
<https://elibrary.ru/wwxooj?ysclid=m4011mqj187462507>
11. Герасимова ЛП, Новиков ЮО, Орехова ЛЮ, редакторы. Орофациальная боль: междисциплинарный подход: национальное руководство. Москва: ГЭОТАР-Медиа. 2025. 512 с. Режим доступа:  
<https://www.geotar.ru/lots/NF0029120.html>
12. Спирина МА, Власова ТИ, Ситдикова АВ, Шамрова ЕА. Проблемы и перспективы применения кинезиотейпирования в клинической практике. *Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры*. 2023;100(3):51-57.  
doi:10.17116/kurort202310003151
13. Garstka AA, Brzózka M, Bitenc-Jasiejko A, Ardan R, Gronwald H, Skomro P, et al. Cause-Effect Relationships between Painful TMD and Postural and Functional Changes in the Musculoskeletal System: A Preliminary Report. *Pain Res Manag*. 2022;2022:1429932  
doi: 10.1155/2022/1429932
14. Clavo B, Rodríguez-Esparragón F, Rodríguez-Abreu D, Martínez-Sánchez G, Llontop P, Aguiar-Bujanda D, et al. Modulation of Oxidative Stress by Ozone Therapy in the Prevention and Treatment of Chemotherapy-Induced Toxicity: Review and Prospects. *Antioxidants (Basel)*. 2019;8(12):588  
doi: 10.3390/antiox8120588
15. Borges GÁ, Elias ST, da Silva SM, Magalhães PO, Macedo SB, Ribeiro AP, et al. In vitro evaluation of wound healing and antimicrobial potential of ozone therapy. *J Craniomaxillofac Surg*. 2017;45(3):364-370  
doi: 10.1016/j.jcms.2017.01.005
16. Rowen RJ. Remission of aggressive autoimmune disease (dermatomyositis) with removal of infective jaw pathology and ozone therapy: review and case report. *Auto Immun Highlights*. 2018;9(1):7  
doi: 10.1007/s13317-018-0107-z
17. Hidalgo-Tallón FJ, Torres-Morera LM, Baeza-Noci J, Carrillo-Izquierdo MD, Pinto-Bonilla R. Updated Review on Ozone Therapy in Pain Medicine. *Front Physiol*. 2022;13:840623  
doi: 10.3389/fphys.2022.840623

REFERENCES

1. Hashimoto S, Kosaka T, Nakai M, Kida M, Fushida S, Kokubo Y, et al. A lower maximum bite force is a risk factor for developing cardiovascular disease: The Suita study. *Sci. Re*: 2021;11(1):7671  
doi: 10.1038/s41598-021-87252-5
2. Vorobiev A, Yarygina E, Makedonova Yu, Litvina E, Panferova I, Demin D. Anatomical and functional features of the masticatory muscles in the simulation of masticatory muscle hypertonicity in an experiment. *Ca-thedra*. 2024; (88):20-24. (In Russ.). Available from: <https://elibrary.ru/item.asp?id=67867211>
3. Kosaka T, Kida M, Kikui M, Hashimoto S, Fujii K, Yamamoto M, et al. Factors influencing the changes in masticatory performance: The Suita study. *JDR Clin Trans Res*. 2018;3(4):405-412  
doi: 10.1177/2380084418785863
4. Yarygina EN, Shkarin VV, Makedonova YuA, Dyachenko DYU, Gavrikova LM. Development and Testing of a System for Predicting the Risk of Developing Disorders of Occlusive Relationships as a Component of the Rehabilitation Program for Patients with Myofascial Pain Syndrome of the Masticatory Muscles. *Journal of International Dental and Medical Research*. 2024;17(3):1138-1145. Available from: [https://www.jidmr.com/journal/wp-content/uploads/2024/09/29-D24\\_3144\\_Makedonova\\_Yu\\_A\\_Russia-Clin.pdf](https://www.jidmr.com/journal/wp-content/uploads/2024/09/29-D24_3144_Makedonova_Yu_A_Russia-Clin.pdf)
5. Rodrigues R, Sassi FC, Silva APD, Andrade CRF. Correlation between findings of the oral myofunctional clinical assessment, pressure and electromyographic activity of the tongue during swallowing in individuals with different orofacial myofunctional disorders. *Codas*. 2023;35(6):e20220053  
doi: 10.1590/2317-1782/20232022053pt
6. Beddis H, Pemberton M, Davies S. Sleep bruxism: an overview for clinicians. *Br Dent J*. 2018;225(6):497-501  
doi: 10.1038/sj.bdj.2018.757
7. Ella B, Ghorayeb I, Burbaud P, Guehl D. Bruxism in Movement Disorders: A Comprehensive Review. *J Prosthodont*. 2017;26(7):599-605  
doi: 10.1111/jopr.12479
8. Gouw S, de Wijer A, Creugers NH, Kalaykova SI. Bruxism: Is There an Indication for Muscle-Stretching Exercises? *Int J Prosthodont*. 2017;30(2):123-132  
doi: 10.11607/ijp.5082
9. Kuhn M, Türp JC. Risk factors for bruxism. *Swiss Dent J*. 2018;128(2):118-124  
doi: 10.61872/sdj-2018-02-369
10. Yaremenko AI, Tkachenko TB, Orekhova LYU, Silin AV, Koreshkina MI. Algorithm of using non-steroidal anti-inflammatory drugs in dental practice. *Parodontologiya*. 2016;21(3):47-52. (In Russ.). Available from: <https://elibrary.ru/wwxooj?ysclid=m4011mqj187462507>
11. Gerasimova LP, Novikov YO, Orekhova LU, editors. Orofacial pain: interdisciplinary approach: a national guide. Moscow: GEOTAR-Media. 2025. 512 p. (In Russ.). Available from: <https://www.geotar.ru/lots/NF0029120.html>
12. Spirina MA, Vlasova TI, Sitdikova AV, Shamrova EA. Problems and prospects of kinesiotaping use in clinical practice. *Problems of Balneology, Physiotherapy and Exercise Therapy*. 2023;100(3):51-57. (In Russ.)  
doi:10.17116/kurort202310003151
13. Garstka AA, Brzózka M, Bitenc-Jasiejko A, Ardan R, Gronwald H, Skomro P, et al. Cause-Effect Relationships between Painful TMD and Postural and Functional Changes in the Musculoskeletal System: A Preliminary Report. *Pain Res Manag*. 2022;2022:1429932  
doi: 10.1155/2022/1429932
14. Clavo B, Rodríguez-Esparragón F, Rodríguez-Abreu D, Martínez-Sánchez G, Llontop P, Aguiar-Bujanda D, et al. Modulation of Oxidative Stress by Ozone Therapy in the Prevention and Treatment of Chemotherapy-Induced Toxicity: Review and Prospects. *Antioxidants (Basel)*. 2019;8(12):588  
doi: 10.3390/antiox8120588
15. Borges GÁ, Elias ST, da Silva SM, Magalhães PO, Macedo SB, Ribeiro AP, et al. In vitro evaluation of wound healing and antimicrobial potential of ozone therapy. *J Craniomaxillofac Surg*. 2017;45(3):364-370  
doi: 10.1016/j.jcms.2017.01.005
16. Rowen RJ. Remission of aggressive autoimmune disease (dermatomyositis) with removal of infective jaw pathology and ozone therapy: review and case report. *Auto Immun Highlights*. 2018;9(1):7  
doi: 10.1007/s13317-018-0107-z
17. Hidalgo-Tallón FJ, Torres-Morera LM, Baeza-No-ci J, Carrillo-Izquierdo MD, Pinto-Bonilla R. Updated Review on Ozone Therapy in Pain Medicine. *Front Physiol*. 2022;13:840623  
doi: 10.3389/fphys.2022.840623

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

**Ярыгина Елена Николаевна**, кандидат медицинских наук, доцент, заведующая кафедрой хирургической стоматологии и челюстно-лицевой хирургии Волгоградского государственного медицинского университета, Волгоград, Российская Федерация

Для переписки: [elyarygina@yandex.ru](mailto:elyarygina@yandex.ru)  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8478-9648>

**Шкарин Владимир Вячеславович**, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой общественного здоровья и здравоохранения института непрерывного медицинского и фармацевтического образования Волгоградского государственного медицинского университета, Волгоград, Российская Федерация

Для переписки: [post@volgmed.ru](mailto:post@volgmed.ru)  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7520-7781>

**Автор, ответственный за связь с редакцией:**

**Македонова Юлия Алексеевна**, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой стоматологии института непрерывного медицинского и фармацевтического образования Волгоградского государственного медицинского университета, Волгоград, Российская Федерация; старший научный сотрудник Волгоградского медицинского научного центра, Волгоград, Российская Федерация

Для переписки: mihai-m@yandex.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5546-8570>

**Огонян Елена Александровна**, кандидат медицинских наук, доцент кафедры стоматологии института непрерывного медицинского и фармацевтического образования Волгоградского государственного медицинского университета, Волгоград, Российская Федерация

Для переписки: mihai-m@yandex.ru

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-0493-3763>

**INFORMATION ABOUT THE AUTHORS**

**Elena N. Yarygina**, DDS, PhD, Head of the Department of Surgical Dentistry and Maxillofacial Surgery, Volgograd State Medical University, Volgograd, Russian Federation

For correspondence: elyarygina@yandex.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8478-9648>

**Vladimir V. Shkarin**, MD, PhD, DSc, Professor, Head of the Department of Health and Healthcare Management, Institute of Continuing Medical and Pharmaceutical Education, Volgograd State Medical University; Senior Researcher, Volgograd Medical Research Center, Volgograd, Russian Federation

For correspondence: post@volgmed.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7520-7781>

**Corresponding author:**

**Yulia A. Makedonova**, DMD, PhD, DSc, Head of the Department of Dentistry, Institute of Continuing Medical and Pharmaceutical Education, Volgograd State Medical University, Volgograd, Russian Federation; Senior Researcher, Volgograd Medical Research Center, Volgograd, Russian Federation

For correspondence: mihai-m@yandex.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5546-8570>

**Elena A. Ogonyan**, DMD, PhD, Associate Professor, Department of Dentistry, Institute of Continuing Medical and Pharmaceutical Education, Volgograd State Medical University, Volgograd, Russian Federation

For correspondence: mihai-m@yandex.ru

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-0493-3763>

**Вклад авторов в работу.** Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE, а также согласны принять на себя ответственность за все аспекты работы.

**Афанасьева Ольга Юрьевна**, кандидат медицинских наук, доцент кафедры стоматологии Института непрерывного медицинского и фармацевтического образования Волгоградского государственного медицинского университета, Волгоград, Российская Федерация

Для переписки: afanaseva-olga75@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8577-2939>

**Диденко Ирина Васильевна**, аспирант кафедры стоматологии института непрерывного медицинского и фармацевтического образования Волгоградского государственного медицинского университета, Волгоград, Российская Федерация

Для переписки: iuliia.makedonova@volgmed.ru

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-0756-4186>

**Македонова Диана Михайловна**, студентка стоматологического факультета Волгоградского государственного медицинского университета, Волгоград, Российская Федерация

Для переписки: dianamakedonova@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-3291-9526>

**Olga Yu. Afanaseva**, DMD, PhD, Associate Professor, Department of Dentistry, Institute of Continuing Medical and Pharmaceutical Education, Volgograd State Medical University, Volgograd, Russian Federation

For correspondence: afanaseva-olga75@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8577-2939>

**Irina V. Didenko**, DMD, PhD student, Department of Dentistry, Institute of Continuing Medical and Pharmaceutical Education, Volgograd State Medical University, Volgograd, Russian Federation

For correspondence: iuliia.makedonova@volgmed.ru

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-0756-4186>

**Македонова Диана Михайловна**, student, Dental School, Volgograd State Medical University, Volgograd, Russian Federation

For correspondence: dianamakedonova@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-3291-9526>

**Поступила / Article received 24.12.2024**

*Поступила после рецензирования / Revised 20.03.2025*

*Принята к публикации / Accepted 23.03.2025*

**Authors' contribution.** All authors confirm that their contributions comply with the international ICMJE criteria and agrees to take responsibility for all aspects of the work.