

ISSN 1608-6228 (Print)  
ISSN 2541-9544 (Online)

# КУБАНСКИЙ НАУЧНЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ ВЕСТНИК

Том  
**32**  
Vol.

№ 5, 2025



# KUBAN SCIENTIFIC MEDICAL BULLETIN



ФГБОУ ВО «КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
МИНИСТЕРСТВА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ  
МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ АДЫГЕЯ

# КУБАНСКИЙ НАУЧНЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ ВЕСТНИК

ЖУРНАЛ ИЗДАЕТСЯ С 1920 г.  
ПЕРИОДИЧНОСТЬ: 6 ВЫПУСКОВ В ГОД

## ТЕМАТИЧЕСКИЙ ВЫПУСК

«СТОМАТОЛОГИЯ: ИННОВАЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ В КЛИНИЧЕСКУЮ ПРАКТИКУ»

**ТОМ 32, № 5, 2025**

KUBAN STATE MEDICAL UNIVERSITY  
OF THE MINISTRY OF HEALTH OF THE RUSSIAN FEDERATION  
MINISTRY OF HEALTH OF THE KRASNODAR KRAI  
MINISTRY OF HEALTH OF THE REPUBLIC OF ADYGEA

# KUBAN SCIENTIFIC MEDICAL BULLETIN

THE JOURNAL HAS BEEN PUBLISHED SINCE 1920.  
FREQUENCY: BI-MONTHLY

## THEMATIC ISSUE

“DENTISTRY: INNOVATIONS AND PROSPECTS FOR IMPLEMENTATION IN CLINICAL PRACTICE”

**VOL. 32, No 5, 2025**

# КУБАНСКИЙ НАУЧНЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ ВЕСТНИК

Kubanskii Nauchnyi Meditsinskii Vestnik

<b>История издания журнала:</b>	Журнал издается с 1920 г.
<b>Периодичность:</b>	6 выпусков в год
<b>Префикс DOI:</b>	10.25207
<b>ISSN</b>	1608-6228 (Print) 2541-9544 (Online)
<b>Свидетельство о регистрации СМИ:</b>	Свидетельство о регистрации средства массовой информации серия ПИ № ФС77-75243 от 25.03.2019 выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (РОСКОМНАДЗОР)
<b>Стоимость одного выпуска:</b>	Свободная цена
<b>Условия распространения материалов:</b>	Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.
<b>Реклама:</b>	Редакция несет ответственность за размещение рекламных материалов в пределах, установленных рекламной политикой журнала «Кубанский научный медицинский вестник», располагающейся по адресу < <a href="https://ksma.elpub.ru/jour/about/editorialPolicies#custom-1">https://ksma.elpub.ru/jour/about/editorialPolicies#custom-1</a> >. Редакция предпринимает все установленные законом меры для публикации правомерной и корректной рекламы.
<b>Учредители:</b>	ФГБОУ ВО «Кубанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации ул. им. Митрофана Седина, д. 4, г. Краснодар, Краснодарский край, 350063 Министерство здравоохранения Краснодарского края ул. Коммунаров, д. 276, г. Краснодар, Краснодарский край, 350020 Министерство здравоохранения Республики Адыгея ул. Советская, д. 176, г. Майкоп, Республика Адыгея, 385000
<b>Издатель:</b>	ФГБОУ ВО «Кубанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации ул. им. Митрофана Седина, д. 4, г. Краснодар, Краснодарский край, 350063
<b>Адрес редакции:</b>	ул. им. Митрофана Седина, д. 4, г. Краснодар, Краснодарский край, 350063 E-mail: <a href="mailto:kubmedvestnik@ksma.ru">kubmedvestnik@ksma.ru</a>
<b>Тираж:</b>	500 экземпляров
<b>Типография:</b>	Отпечатано в ООО «БЕАН» ул. Баррикад, д. 1, корп. 5, Нижний Новгород, 603003
<b>Подписано в печать:</b>	17.10.2025
<b>Дата выхода в свет:</b>	30.10.2025

## ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ

Цель журнала — содействие развитию фундаментальных и научно-практических медицинских исследований в области медико-биологических наук, клинической медицины и профилактической медицины, а также ознакомление широкой врачебной аудитории с инновационными медицинскими технологиями. Целевая аудитория включает медицинских ученых и практиков, специалистов в области управления здравоохранения, студентов и аспирантов медицинских специальностей, врачей-ординаторов. Каждый выпуск посвящен нескольким областям медицинской науки, включая специальности: Акушерство и гинекология; Оториноларингология; Внутренние болезни; Кардиология; Педиатрия; Дерматовенерология; Неврология; Онкология, лучевая терапия; Стоматология; Хирургия; Анестезиология и реаниматология; Сердечно-сосудистая хирургия; Общественное

здоровье, организация и социология здравоохранения; Патологическая анатомия; Патологическая физиология; Судебная медицина; Фармакология, Клиническая фармакология.

Особенное внимание уделяется региональным особенностям диагностики и лечения заболеваний, а также специфике организации здравоохранения на территории Юга России.

Журнал открыт для сотрудничества с российскими специалистами и специалистами ближнего и дальнего зарубежья, включая страны Европы, Азии, Африки и Америки. Редакция принимает статьи на английском и русском языке. Лучшие по мнению редакционной коллегии русскоязычные статьи переводятся на английский язык. Статьи, поступившие в редакцию на английском языке, публикуются в сопровождении русскоязычных метаданных.

## РЕДАКЦИЯ

### Главный редактор

**Почешхова Эльвира Аслановна** — доктор медицинских наук, доцент, заведующая кафедрой биологии и медицинских технологий федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Краснодар, Россия)

### Заместитель главного редактора

**Сирак Сергей Владимирович** — доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой стоматологии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения «Ставропольский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Ставрополь, Россия)

### Ответственный редактор выпуска

**Салеев Ринат Ахмедуллович** — доктор медицинских наук, профессор, декан стоматологического факультета, профессор кафедры ортопедической стоматологии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации; президент Ассоциации общественных объединений «Стоматологическая ассоциация России» (СтАР) (Казань, Россия)

### Заведующая редакцией

**Ковалева Лида Константиновна** — кандидат биологических наук, доцент кафедры гистологии с эмбриологией федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Краснодар, Россия)

### Специалист по этике научных публикаций

**Ковелина Татьяна Афанасьевна** — доктор философских наук, профессор, профессор кафедры философии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Краснодар, Россия)

### Специалист по медицинской статистике (биоestatistik)

**Зобенко Владимир Яковлевич** — кандидат технических наук, доцент (Краснодар, Россия)

### Ответственный секретарь

**Веревкин Александр Александрович** — кандидат медицинских наук, заведующий кафедрой гистологии с эмбриологией, доцент кафедры патологической анатомии, научный сотрудник лаборатории фундаментальных исследований в области регенеративной медицины федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Краснодар, Россия)

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

### Клиническая медицина

**Алексеева Татьяна Михайловна** — доктор медицинских наук, профессор, заведующая кафедрой неврологии и психиатрии с клиникой института медицинского образования федерального государственного бюджетного образовательного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр им. В.А. Алмазова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Санкт-Петербург, Россия) [Неврология];

**Аникин Игорь Анатольевич** — доктор медицинских наук, профессор, заведующий научно-исследовательским отделом патологии наружного, среднего и внутреннего уха федерального государственного бюджетного образовательного учреждения «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт уха, горла, носа и речи» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Санкт-Петербург, Россия) [Оториноларингология];

**Ашрафян Левон Андреевич** — доктор медицинских наук, профессор, академик Российской академии наук, заместитель директора; директор института онкогинекологии и маммологии федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр акушерства, гинекологии и перинатологии им. академика В.И. Кулакова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Москва, Россия) [Акушерство и гинекология; Онкология, лучевая терапия];

**Гордеев Михаил Леонидович** — доктор медицинских наук, профессор, заведующий научно-исследовательским отделом кардиоторакальной хирургии института сердца и сосудов, заведующий кафедрой сердечно-сосудистой хирургии института медицинского образования федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр им. В.А. Алмазова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Санкт-Петербург, Россия) [Сердечно-сосудистая хирургия];

**Гурмиков Беслан Нуралиевич** — доктор медицинских наук, доцент, заведующий онкологическим отделением хирургических методов лечения федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр хирургии имени А.В. Вишневского» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Москва, Россия) [Онкология, лучевая терапия; Хирургия];

**Дурново Евгения Александровна** — доктор медицинских наук, профессор, заведующая кафедрой хирургической стоматологии и челюстно-лицевой хирургии, директор Института стоматологии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Приволжский исследовательский медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Нижний Новгород, Россия) [Стоматология];

**Лопатин Юрий Михайлович** — доктор медицинских наук, профессор, член-корреспондент Российской академии наук, заведующий кафедрой кардиологии, сердечно-сосудистой и торакальной хирургии Института непрерывного медицинского и фармацевтического образования федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Волгоград, Россия) [Кардиология];

**Мазурок Вадим Альбертович** — доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой анестезиологии и реаниматологии с клиникой федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр им. В.А. Алмазова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Санкт-Петербург, Россия) [Анестезиология и реаниматология];

**Маявская Светлана Ивановна** — доктор медицинских наук, профессор, заведующая кафедрой педиатрии федерального го-

сударственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Северный государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Архангельск, Россия) [Педиатрия];

**Мурашкин Николай Николаевич** — доктор медицинских наук, профессор; заведующий отделением дерматологии и аллергологии федерального государственного автономного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр здоровья детей» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Москва, Россия) [Дерматовенерология; Педиатрия];

**Попов Вадим Анатольевич** — доктор медицинских наук, профессор, заведующий отделением кардиохирургии центра сердечно-сосудистой хирургии федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр хирургии им. А.В. Вишневского» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Москва, Россия) [Сердечно-сосудистая хирургия];

**Сенча Александр Николаевич** — доктор медицинских наук, заведующий отделом визуальной диагностики федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр акушерства, гинекологии и перинатологии им. академика В.И. Кулакова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Москва, Россия) [Лучевая диагностика];

**Скибицкий Виталий Викентьевич** — доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой госпитальной терапии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Краснодар, Россия) [Внутренние болезни; Кардиология];

**Харитоновна Любовь Алексеевна** — доктор медицинских наук, профессор, заведующая кафедрой педиатрии с инфекционными болезнями у детей факультета дополнительного постдипломного образования федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Москва, Россия) [Педиатрия];

**Черноусов Александр Федорович** — доктор медицинских наук, профессор, академик Российской академии наук, директор клиники факультетской хирургии им. Н.Н. Бурденко, профессор кафедры факультетской хирургии № 1 лечебного факультета федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Москва, Россия) [Хирургия]

## Профилактическая медицина

**Концевая Анна Васильевна** — доктор медицинских наук, заместитель директора по научной и аналитической работе федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр терапии и профилактической медицины» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Москва, Россия) [Общественное здоровье, организация и социология здравоохранения; Кардиология];

**Сепиашвили Реваз Исмаилович** — доктор медицинских наук, профессор, член-корреспондент Российской академии наук, член Грузинской национальной академии наук, директор автономной некоммерческой организации «Институт иммунофизиологии» (Москва, Россия) [Клиническая иммунология, аллергология]

## Медико-биологические науки

**Быков Илья Михайлович** — доктор медицинских наук, профессор заведующий кафедрой фундаментальной и клинической биохимии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Краснодар, Россия) [Патологическая физиология; Биохимия];

**Воронина Татьяна Александровна** — доктор медицинских наук, профессор, руководитель отдела нейробиофармакологии федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр оригинальных и перспективных биомедицинских и фармацевтических технологий» (Москва, Россия) [Фармакология, клиническая фармакология];

**Зефирова Андрей Львович** — доктор медицинских наук, профессор, академик Российской академии наук, профессор кафедры нормальной физиологии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образова-

ния «Казанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Казань, Россия) [Патологическая физиология; Физиология человека и животных];

**Надеев Александр Петрович** — доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой патологической анатомии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Новосибирск, Россия) [Патологическая анатомия];

**Пиголкин Юрий Иванович** — доктор медицинских наук, профессор, член-корреспондент Российской академии наук, заведующий кафедрой судебной медицины федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Москва, Россия) [Судебная медицина]

## ИНОСТРАННЫЕ ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОЙ КОЛЛЕГИИ

**Ахмеджанова Наргиза Исмаиловна** — доктор медицинских наук, доцент, исполняющая обязанности профессора кафедры педиатрии № 2 Самаркандского государственного медицинского университета (Самарканд, Узбекистан);

**Бизунок Наталья Анатольевна** — доктор медицинских наук, профессор, заведующая кафедрой фармакологии учреждения образования «Белорусский государственный медицинский университет» (Минск, Республика Беларусь);

**Диль Фридрихс** — профессор, заведующий лабораторией кафедры экотрофологии Фульдского университета прикладных наук (Фульда, Германия);

**Ди Ренцо Жан Карло** — профессор, заведующий Центром перинатологии и репродуктивной медицины, Университет Перуджи (Перуджа, Италия);

**Жадкевич Михаил Михайлович** — кандидат медицинских наук, PhD, сердечно-сосудистый торакальный хирург Self Regional Hospital, Greenwood, SC (Калифорния, США);

**Каноника Джорджио Вальтер** — доктор медицинских наук, профессор больницы Университета исследований заболеваний респираторной системы «Humanitas» (Рощано-Милан, Италия);

**Монни Джованни** — профессор, заведующий кафедрой акушерства, гинекологии, пренатальной и преимплантационной

генетической диагностики, Детская больница «А. Сао», (Кальяри, Сардиния, Италия);

**Ноймайер Кристоф** — доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры хирургии, отделение сосудистой хирургии, Венский медицинский университет (Вена, Австрия);

**Ризаев Жасур Алимджанович** — доктор медицинских наук, профессор, ректор, профессор кафедры общественного здоровья и здравоохранения Самаркандского государственного медицинского университета (Самарканд, Узбекистан);

**Рубникович Сергей Петрович** — доктор медицинских наук, профессор, член-корреспондент Национальной академии наук Беларуси, ректор учреждения образования «Белорусский государственный медицинский университет» (Минск, Республика Беларусь);

**Червенек Франк** — профессор, заведующий кафедрой акушерства и гинекологии в колледже Уэйлл Медикал Корнелльского университета (Нью-Йорк, США);

**Щетгле Филипп Бастиан** — профессор, директор института Ortho Health (Мюнхен, Германия);

**Шомуродов Кахрамон Эркинвич** — доктор медицинских наук, профессор, проректор по научной работе и инновациям, заведующий кафедрой челюстно-лицевой хирургии Ташкентского государственного стоматологического института (Ташкент, Узбекистан)

## РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

### Председатель

**Алексеев Сергей Николаевич** — доктор медицинских наук, профессор, ректор, заведующий кафедрой профилактики заболеваний, здорового образа жизни и эпидемиологии федераль-

ного государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Краснодар, Россия) [Общественное здоровье, организация и социология здравоохранения]

### Клиническая медицина

**Абдулкеримов Хийр Тагирович** — доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой хирургической стоматологии, оториноларингологии и челюстно-лицевой хирургии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уральский государственный медицинский университет» Министерства здравоохране-

ния Российской Федерации (Екатеринбург, Россия) [Оториноларингология];

**Базин Игорь Сергеевич** — доктор медицинских наук, доцент, ведущий научный сотрудник отделения противоопухолевой лекарственной терапии № 2 федерального государственного

бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии имени Н.Н. Блохина» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Москва, Россия) [Онкология, лучевая терапия];

**Барбухатти Кирилл Олегович** — доктор медицинских наук, доцент, заведующий кафедрой кардиохирургии и кардиологии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Краснодар, Россия) [Сердечно-сосудистая хирургия];

**Бурлуцкая Алла Владимировна** — доктор медицинских наук, доцент, заведующая кафедрой педиатрии № 2 федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Краснодар, Россия) [Педиатрия; Кардиология];

**Быков Анатолий Тимофеевич** — доктор медицинских наук, профессор, член-корреспондент Российской академии наук, заведующий кафедрой медицинской реабилитации федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сочи, Россия) [Внутренние болезни];

**Гайворонская Татьяна Владимировна** — доктор медицинских наук, профессор, проректор по учебной работе, заведующая кафедрой хирургической стоматологии челюстно-лицевой хирургии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Краснодар, Россия) [Стоматология; Патологическая физиология];

**Иванова Наталья Евгеньевна** — доктор медицинских наук, профессор, заведующая научным отделом Российского научно-исследовательского нейрохирургического института имени профессора А.Л. Поленова федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр имени В.А. Алмазова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Санкт-Петербург, Россия) [Неврология];

**Канорский Сергей Григорьевич** — доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой терапии № 2 федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Краснодар, Россия) [Внутренние болезни; Кардиология];

**Киров Михаил Юрьевич** — доктор медицинских наук, профессор, член-корреспондент Российской академии наук, заведующий кафедрой анестезиологии и реаниматологии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Северный государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Архангельск, Россия) [Анестезиология и реаниматология];

**Коваленко Юрий Алексеевич** — доктор медицинских наук, старший научный сотрудник онкологического отделения хирургических методов лечения федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр хирургии имени А.В. Вишневского» Ми-

нистерства здравоохранения Российской Федерации (Москва, Россия) [Онкология, лучевая терапия; Хирургия];

**Кузовлев Артем Николаевич** — доктор медицинских наук, доцент, заместитель директора, руководитель научно-исследовательского института общей реаниматологии им. В.А. Неговского федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научно-клинический центр реаниматологии и реабилитологии» (Москва, Россия) [Анестезиология и реаниматология];

**Куценко Ирина Игоревна** — доктор медицинских наук, профессор, заведующая кафедрой акушерства, гинекологии и перинатологии № 1 федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Краснодар, Россия) [Акушерство и гинекология];

**Ломоносов Константин Михайлович** — доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры кожных и венерических болезней имени В.А. Рахманова, специалист лечебно-диагностического отделения № 2 (с функциями приемного отделения) клиники кожных и венерических болезней им. В.А. Рахманова университетской клинической больницы № 2 федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Москва, Россия) [Дерматовенерология];

**Мартов Алексей Георгиевич** — доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой урологии и андрологии института последипломного профессионального образования государственного научного центра Российской Федерации федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна» Федерального медико-биологического агентства [Урология и андрология];

**Пенжоян Григорий Артемович** — доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой акушерства, гинекологии и перинатологии № 2 федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Краснодар, Россия) [Акушерство и гинекология];

**Попандопуло Константин Иванович** — доктор медицинских наук, доцент; заведующий кафедрой факультетской и госпитальной хирургии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Краснодар, Россия) [Хирургия; Общественное здоровье, организация и социология здравоохранения];

**Семёнов Фёдор Вячеславович** — доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой лор-болезней федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Краснодар, Россия) [Оториноларингология];

**Теплюк Наталия Павловна** — доктор медицинских наук, профессор кафедры кожных и венерических болезней имени В.А. Рахманова, специалист лечебно-диагностического отделе-

ния № 2 (с функциями приемного отделения) клиники кожных и венерических болезней им. В.А. Рахманова университетской клинической больницы № 2 федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Первый Московский государственный медицинский университет им. И. М. Сеченова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Москва, Россия) [Дерматовенерология];

## Профилактическая медицина

**Редько Андрей Николаевич** — доктор медицинских наук, профессор, проректор по научно-исследовательской работе, заведующий кафедрой общественного здоровья и здравоохранения № 2 федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Краснодар, Россия) [Общественное здоровье, организация и социология здравоохранения];

## Медико-биологические науки

**Мартусевич Андрей Кимович** — доктор биологических наук, доцент, руководитель лаборатории медицинской биофизики Университетской клиники федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Приволжский исследовательский медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации; заведующий лабораторией интегрального здоровья человека, профессор кафедры спортивной медицины и психологии федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского» (Нижний Новгород, Россия) [Патологическая физиология; Физиология человека и животных];

**Породенко Валерий Анатольевич** — доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой судебной медицины федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Краснодар, Россия) [Судебная медицина];

**Славинский Александр Александрович** — доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой патологической анатомии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубан-

**Чарчян Эдуард Рафаэлович** — доктор медицинских наук, профессор, член-корреспондент Российской академии наук, заведующий кардиохирургическим отделением I (отделение реконструктивно-восстановительной сердечно-сосудистой хирургии) федерального государственного бюджетного научного учреждения «Российский научный центр хирургии им. академика Б.В. Петровского» (Москва, Россия) [Сердечно-сосудистая хирургия]

**Ханферьян Роман Авакович** — доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры дерматовенерологии, аллергологии и косметологии Медицинского института федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет дружбы народов» (Москва, Россия) [Аллергология и иммунология]

ский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Краснодар, Россия) [Патологическая анатомия];

**Смирнов Алексей Владимирович** — доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой патологической анатомии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Волгоград, Россия) [Патологическая анатомия];

**Толмачев Игорь Анатольевич** — доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой судебной медицины и медицинского права федерального государственного бюджетного военного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» Министерства обороны Российской Федерации (Санкт-Петербург, Россия) [Судебная медицина];

**Чередник Ирина Леонидовна** — доктор медицинских наук, профессор, заведующая кафедрой нормальной физиологии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Краснодар, Россия) [Фармакология, клиническая фармакология; Физиология человека и животных]

# KUBAN SCIENTIFIC MEDICAL BULLETIN

<b>Journal publishing history:</b>	The journal has been published since 1920
<b>Frequency:</b>	Bi-monthly
<b>DOI Prefix:</b>	10.25207
<b>ISSN</b>	1608-6228 (Print) 2541-9544 (Online)
<b>Mass media registration certificate:</b>	Certificate of mass media registration, series ПИ No. ФС77-75243 dated March 25, 2019 issued by the Federal Service for Supervision of Communications, Information Technology and Mass Media (ROSKOMNADZOR)
<b>The cost of one issue:</b>	Free price
<b>Content distribution terms:</b>	Content is distributed under Creative Commons Attribution 4.0 License.
<b>Advertising:</b>	The editorial board is responsible for the placement of advertising materials within the limits established by the advertising policy of the Kuban Scientific Medical Bulletin journal, located at < <a href="https://ksma.elpub.ru/jour/about/editorialPolicies#custom-1">https://ksma.elpub.ru/jour/about/editorialPolicies#custom-1</a> >. The editorial board takes all measures prescribed by law to publish legitimate and correct advertising.
<b>Founders:</b>	Kuban State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation Mitrofana Sedina str., 4, Krasnodar, Krasnodar Krai, 350063, Russian Federation Ministry of Health of the Krasnodar Krai Kommunarov str., 276, Krasnodar, Krasnodar Krai, 350020, Russian Federation Ministry of Health of the Republic of Adygea Sovetskaya str., 176, Maykop, Republic of Adygea, 385000, Russian Federation
<b>Publisher:</b>	Kuban State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation Mitrofana Sedina str., 4, Krasnodar, Krasnodar Krai, 350063, Russian Federation
<b>Editorial office:</b>	Mitrofana Sedina str., 4, Krasnodar, Krasnodar Krai, 350063, Russian Federation E-mail: <a href="mailto:kubmedvestnik@ksma.ru">kubmedvestnik@ksma.ru</a>
<b>Circulation:</b>	500 copies
<b>Printing house:</b>	Printed at BEAN, LCC Barrikad str., 1, building 5, Nizhny Novgorod, 603003
<b>Signed for printing:</b>	17.10.2025
<b>Date of publication:</b>	30.10.2025

## AIM AND SCOPE

*Kuban Scientific Medical Bulletin* aims to contribute to the development of fundamental and applied knowledge in the field of medical sciences, including clinical and preventive medicine, innovative medical technologies. The target audience includes medical researchers, clinicians, practitioners, health care providers, medical students and PhD researchers. Each issue focuses on several areas of medical research: Obstetrics and Gynecology; Otorhinolaryngology; Internal Medicine; Cardiology; Pediatrics; Dermatovenereology; Neurology; Oncology and Radiation Therapy; Dentistry; Surgery; Anesthesiology and Resuscitation; Cardiovascular Surgery; Public Health, Organization and

Sociology of Health Care; Pathological Anatomy; Pathological Physiology; Forensic Medicine; Pharmacology, Clinical Pharmacology.

Particular attention is paid to regional aspects in the diagnostics and treatment of various diseases, as well as health care organization in the South of Russia.

The journal welcomes contributions from medical researchers and practitioners working in Russia and other countries. The Journal publishes articles in Russian and English. The most significant studies presented in Russian are translated into English. Articles submitted in English are published with Russian-language metadata.

## EDITORIAL TEAM

### Editor-in-Chief

**Elvira A. Pocheshkhova** — Dr. Sci. (Med.), Assoc. Prof., Head of the Department of Biology and Medical Technologies, Kuban State Medical University (Krasnodar, Russia)

### Deputy Editor-in-Chief

**Sergey V. Sirak** — Dr. Sci. (Med.), Prof., Head of the Department of Dentistry, Stavropol State Medical University (Stavropol, Russia)

### Guest Editor

**Rinat A. Saleev** — Dr. Sci. (Med.), Prof., Dean of the Faculty of Dentistry, Professor of the Department of Orthopedic Dentistry, Kazan State Medical University; President of the Association of Public Organizations "Dental Association of Russia" (StAR) (Kazan, Russia)

### Editorial Manager

**Lida K. Kovaleva** — Cand. Sci. (Biology), Assoc. Prof., Department of Histology and Embryology, Kuban State Medical University (Krasnodar, Russia)

### Academic Publication Ethician

**Tatyana A. Kovelina** — Dr. Sci. (Philos.), Prof., Prof. of the Department of Philosophy, Kuban State Medical University (Krasnodar, Russia)

### Medical Statistician (Biostatistician)

**Vladimir Ya. Zobenko** — Cand. Sci. (Engineering), Assoc. Prof. (Krasnodar, Russia)

### Executive Secretary

**Alexandr A. Verevkin** — Cand. Sci. (Med.), Head of the Department of Histology and Embryology, Assoc. Prof. of the Department of Pathological Anatomy, Researcher at the Laboratory of Basic Research in Regenerative Medicine, Kuban State Medical University (Krasnodar, Russia)

## EDITORIAL BOARD

### Clinical Medicine

**Tatyana M. Alekseeva** — Dr. Sci. (Med.), Prof., Head of the Department of Neurology and Psychiatry with the Clinic of the Medical Education Institute, V.A. Almazov National Medical Research Centre (St. Petersburg, Russia) [Nervous Diseases];

**Igor A. Anikin** — Dr. Sci. (Med.), Prof., Head of the Research Department of the External, Middle and Internal Ear Pathology, St. Petersburg Research Institute of Ear, Throat, Nose and Speech (St. Petersburg, Russia) [Ear, Nose and Throat Diseases];

**Levon A. Ashrafyan** — Dr. Sci. (Med.), Prof., Academician of the Russian Academy of Sciences, Deputy Director; Director of the Institute of Cancer Gynecology and Breast Care, V.I. Kulakov National Medical Research Centre of Obstetrics, Gynecology and Perinatology [Obstetrics and Gynecology; Oncology and Radiation Therapy];

**Aleksandr F. Chernousov** — Dr. Sci. (Med.), Prof., Academician of the Russian Academy of Sciences, Director of the N.N. Burdenko Clinic of Theoretical Surgery No. 1 of the Faculty of General Medicine, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Moscow, Russia) [Surgery];

**Evgenia A. Durnovo** — Dr. Sci. (Med.), Prof., Head of the Department of Surgical Dentistry and Maxillofacial Surgery, Director of the Institute of Dentistry, Privolzhskiy Research Medical University (Nizhny Novgorod, Russia) [Dentistry];

**Mikhail L. Gordeev** — Dr. Sci. (Med.), Prof., Head of the Research Department of Cardiothoracic Surgery of the Institute of Heart and Vessels, Head of the Department of Cardiovascular Surgery of the Institute of Medical Education, V.A. Almazov National Medical Research Centre (St. Petersburg, Russia) [Cardiovascular Surgery];

**Beslan N. Gurmikov** — Dr. Sci. (Med.), Assoc. Prof., Head of the Department of Surgical Oncology Treatment Methods, A.V. Vishnevsky National Medical Research Center for Surgery (Moscow, Russia) [Oncology, Radiation Therapy; Surgery];

**Lyubov A. Kharitonova** — Dr. Sci. (Med.), Prof., Head of the Department of Pediatrics with the Course of Children Infectious Diseases of the Faculty of Post-Graduate Education, N.I. Pirogov Russian National Research Medical University (Moscow, Russia) [Pediatrics];

**Yuriy M. Lopatin** — Dr. Sci. (Med.), Prof., Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Head of the Department of Cardiology, Cardiovascular and Thoracic Surgery of the Institute

# KUBAN SCIENTIFIC MEDICAL BULLETIN

for Continuing Medical and Pharmaceutical Education, Volgograd State Medical University (Volgograd, Russia) [Cardiology];

**Svetlana I. Malyavskaya** — Dr. Sci. (Med.), Prof., Head of the Department of Pediatrics, Northern State Medical University (Arkhangelsk, Russia) [Pediatrics];

**Vadim A. Mazurok** — Dr. Sci. (Med.), Prof., Head of the Department of Anesthesiology and Resuscitation Science with the Clinic, V.A. Almazov National Medical Research Centre (St. Petersburg, Russia) [Anesthesiology and Resuscitation];

**Nikolay N. Murashkin** — Dr. Sci. (Med.), Prof., Head of the Department of Skin Diseases and Allergology, National Medical Research Center for Children's Health (Moscow, Russia) [Skin and Venereal Diseases; Pediatrics];

**Vadim A. Popov** — Dr. Sci. (Med.), Prof., Head of the Department of Cardiac Surgery, A.V. Vishnevskiy National Medical Research Center for Surgery (Moscow, Russia) [Cardiovascular Surgery];

**Aleksandr N. Sencha** — Dr. Sci. (Med.), Head of the Department of Visual Diagnostics, V.I. Kulakov National Medical Research Centre of Obstetrics, Gynecology and Perinatology (Moscow, Russia) [Radiation Diagnostics];

**Vitaliy V. Skibitskiy** — Dr. Sci. (Med.), Prof., Head of the Department of Hospital Therapy, Kuban State Medical University (Krasnodar, Russia) [Internal Medicine; Cardiology]

## Preventive Medicine

**Anna V. Kontsevaya** — Dr. Sci. (Med.), Deputy Director for Science and Analytical Work, National Medical Research Centre of Therapy and Disease Prevention (Moscow, Russia) [Public Health, Organization and Social Science in Medicine; Cardiology];

**Revaz I. Sepiashvili** — Dr. Sci. (Med.), Prof., Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Academician of the Georgian Academy of Sciences, Head of the Institute of Immunophysiology (Moscow, Russia) [Clinical Immunology and Allergology]

## Medical and Biological Sciences

**Ilya M. Bykov** — Dr. Sci. (Med.), Prof., Head of the Department of Fundamental and Clinical Biochemistry, Kuban State Medical University (Krasnodar, Russia) [Pathological Physiology; Biochemistry];

**Alexandr P. Nadeev** — Dr. Sci. (Med.), Prof., Head of the Department of Pathological Anatomy, Novosibirsk State Medical University (Novosibirsk, Russia) [Pathological Anatomy];

**Yuriy I. Pigolkin** — Dr. Sci. (Med.), Prof., Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Head of the Department of Forensic Medicine, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Moscow, Russia) [Forensic Medicine];

**Tatyana A. Voronina** — Dr. Sci. (Med.), Prof., Head of the Department of Neuropsychopharmacology, Federal Research Centre of Original and Prospective Biomedical and Pharmaceutical Technologies (Moscow, Russia) [Pharmacology, Clinical Pharmacology];

**Andrey L. Zefirov** — Dr. Sci. (Med.), Prof., Academician of the Russian Academy of Sciences, Professor of the Department of Human Physiology, Kazan State Medical University (Kazan, Russia) [Pathological Physiology: Human and Animal Physiology]

## INTERNATIONAL EDITORIAL BOARD

**Nargiza I. Axmedjanova** — Dr. Sci. (Med.), Assoc. Prof., Acting Professor of the Department of Pediatrics No. 2, Samarkand State Medical University (Samarkand, Uzbekistan);

**Natalya A. Bizunok** — Dr. Sci. (Med.), Prof., Head of the Department of Pharmacology, Belarusian State Medical University (Minsk, Republic of Belarus);

**Giorgio Walter Canonica** — Dr. Sci. (Med.), Prof. of Respiratory Medicine, Humanitas University & Research Hospital (Rozzano-Milano, Italy);

**Frank A. Chervenak** — Prof., Head of the Department of Obstetrics and Gynecology, Weill Medical College of the Cornell University (New York, USA);

**Friedhelm Diehl** — Prof., Head of Laboratory, Department of Ecotrophology, Fulda University of Applied Sciences (Fulda, Germany);

**Gian C. Di Renzo** — Prof., Head of the Centre of Perinatology and Reproductive Care, University of Perugia (Perugia, Italy);

**Giovanni Monni** — Prof., Head of the Department of Obstetrics, Gynecology, Prenatal and Preimplantational Genetic Diagnosis of the A. Cao Pediatric Hospital (Cagliari, Italy);

**Christoph Neumayer** — Dr. Sci. (Med.), Prof., Prof. of the Department of Surgery, Division of Vascular Surgery, Vienna Medical University (Vienna, Austria);

**Zhasur A. Rizaev** — Dr. Sci. (Med.), Prof., Rector, Prof. of the Department of Public Health and Health Care, Samarkand State Medical University (Samarkand, Uzbekistan);

**Sergey P. Rubnikovich** — Dr. Sci. (Med.), Prof., Corresponding Member of the National Academy of Sciences of Belarus, Rector, Belarusian State Medical University (Minsk, Republic of Belarus);

**Philipp B. Schoettle** — Prof., Director of the Ortho Health Institute (Munich, Germany);

**Kakhramon E. Shomurodov** — Dr. Sci. (Med.), Prof., Vice-Rector for Research and Innovation, Head of the Department of Maxillofacial Surgery, Vice-Rector for Academic Research and Innovation, Tashkent State Dental Institute (Tashkent, Uzbekistan)

**Mikhail M. Zhadkevich** — Cand. Sci. (Med.), PhD, Cardiovascular Thoracic Surgeon at the Self Regional Hospital, Greenwood, SC (CA, USA)

# KUBAN SCIENTIFIC MEDICAL BULLETIN

## EDITORIAL COUNCIL

### Chairman

**Sergey N. Alekseenko** — Dr. Sci. (Med.), Prof., Rector, Head of the Department of Disease Prevention, Healthy Life Style and Epidemi-

ology, Kuban State Medical University (Krasnodar, Russia) [Public Health, Organization and Social Science in Medicine]

### Clinical Medicine

**Khiyir T. Abdulkerimov** — Dr. Sci. (Med.), Prof., Head of the Department of Surgical Dentistry, Ear, Nose and Throat Diseases and Maxillofacial Surgery, Ural State Medical University (Ekaterinburg, Russia) [Ear, Nose and Throat Diseases];

**Yuriy A. Kovalenko** — Dr. Sci. (Med.), Senior Researcher of the Department of Surgical Oncology Treatment Methods, A.V. Vishnevsky National Medical Research Center for Surgery (Moscow, Russia) [Oncology and Radiation Therapy; Surgery];

**Kirill O. Barbukhatti** — Dr. Sci. (Med.), Assoc. Prof., Head of the Department of Cardiac Surgery and Cardiology, Kuban State Medical University (Krasnodar, Russia) [Cardiovascular Surgery];

**Irina I. Kutsenko** — Dr. Sci. (Med.), Prof., Head of the Department of Obstetrics, Gynecology and Perinatology No. 1, Kuban State Medical University (Krasnodar, Russia) [Obstetrics and Gynecology];

**Igor S. Bazin** — Dr. Sci. (Med.), Assoc. Prof., Leading Research Fellow of the Department of Antitumor Drug Therapy No. 2, N.N. Blokhin National Medical Research Center of Oncology (Moscow, Russia) [Oncology and Radiation Therapy];

**Artyem N. Kuzovlyev** — Dr. Sci. (Med.), Assoc. Prof., Deputy Director, Head of the V.A. Negovskiy Research Institute of General Resuscitation Science, Federal Research and Clinical Centre of Reanimatology and Resuscitation (Moscow, Russia) [Anesthesiology and Resuscitation];

**Alla V. Burlutskaya** — Dr. Sci. (Med.), Assoc. Prof., Head of the Department of Pediatrics No. 2, Kuban State Medical University (Krasnodar, Russia) [Pediatrics; Cardiology];

**Konstantin M. Lomonosov** — Dr. Sci. (Med.), Prof., Prof. of the V.A. Rakhmanov Department of Skin and Venereal Diseases, Specialist of the University Clinical Hospital No. 2 (with the Functions of an Admission Unit) of the Clinic of Skin and Venereal Diseases, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Moscow, Russia) [Skin and Venereal Diseases];

**Anatoliy T. Bykov** — Dr. Sci. (Med.), Prof., Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Head of the Department of Medical Rehabilitation, Kuban State Medical University (Sochi, Russia) [Internal Medicine];

**Eduard R. Charchyan** — Dr. Sci. (Med.), Prof., Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Head of the Department of Cardiac Surgery No. 1 (Restorative Cardiovascular Surgery), B.V. Petrovskiy Russian Research Centre of Surgery (Moscow, Russia) [Cardiovascular Surgery];

**Aleksey G. Martov** — Dr. Sci. (Med.), Prof., Head of the Department of Urology and Andrology of the Institute of Post-Graduate Education, A.I. Burnasyan Federal Medical Biophysical Centre of Federal Medical Biological Agency (Moscow, Russia) [Urology and Andrology];

**Tatyana V. Gayvoronskaya** — Dr. Sci. (Med.), Prof., Vice-Rector for Academic Affairs, Head of the Department of Surgical Dentistry and Maxillofacial Surgery, Kuban State Medical University (Krasnodar, Russia) [Dentistry; Pathological Physiology];

**Grigoriy A. Penzhoyan** — Dr. Sci. (Med.), Prof., Head of the Department of Obstetrics, Gynecology and Perinatology No. 2, Kuban State Medical University (Krasnodar, Russia) [Obstetrics and Gynecology];

**Natalya E. Ivanova** — Dr. Sci. (Med.), Prof., Head of the Research Department, A.L. Polenov Russian Scientific Research Neurosurgical Institute (Branch of V.A. Almazov National Medical Research Centre) (St. Petersburg, Russia) [Nervous Diseases];

**Konstantin I. Popandopulo** — Dr. Sci. (Med.), Assoc. Prof.; Head of the Department of Faculty and Hospital Surgery, Kuban State Medical University (Krasnodar, Russia) [Surgery; Public Health, Organization and Social Science in Medicine];

**Sergey G. Kanorskiy** — Dr. Sci. (Med.), Prof., Head of the Department of Therapy No. 2, Kuban State Medical University (Krasnodar, Russia) [Internal Medicine; Cardiology];

**Fedor V. Semenov** — Dr. Sci. (Med.), Prof., Head of the Department of Ear, Nose, and Throat Diseases, Kuban State Medical University (Krasnodar, Russia) [Ear, Nose and Throat Diseases];

**Mikhail Yu. Kirov** — Dr. Sci. (Med.), Prof., Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Head of the Department of Anesthesiology and Resuscitation Science, Northern State Medical University (Arkhangelsk, Russia) [Anesthesiology and Resuscitation];

**Natalia P. Teplyuk** — Dr. Sci. (Med.), Prof. of the V.A. Rakhmanov Department of Skin and Venereal Diseases; Specialist of the Diagnostic and Treatment Department No. 2 (with the Functions of an Admission Unit), V.A. Rakhmanov Clinic of Skin and Venereal Diseases, University Clinical Hospital No. 2, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Moscow, Russia) [Skin and Venereal Diseases];

### Preventive Medicine

**Roman A. Khanferyan** — Dr. Sci. (Med.), Prof., Prof. of the Department of Skin and Venereal Diseases, Allergology, and Cosmetology, Medical Institute of the Peoples' Friendship University of Russia (Moscow, Russia) [Allergology and Immunology];

**Andrey N. Redko** — Dr. Sci. (Med.), Prof., Vice-Rector for Scientific and Research Work, Head of the Department of Public Health and Health Care No. 2, Kuban State Medical University (Krasnodar, Russia) [Public Health, Organization and Social Science in Medicine];

### Medical and Biological Sciences

**Irina L. Cherednik** — Dr. Sci. (Med.), Prof., Head of the Department of Human Physiology, Kuban State Medical University (Krasnodar, Russia) [Pharmacology, Clinical Pharmacology; Human and Animal Physiology];

Laboratory; Prof. of the Department of Sports Medicine and Psychology, N.I. Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod (Nizhny Novgorod, Russia) [Pathophysiology; Animal and Human Physiology];

**Andrey K. Martusevich** — Dr. Sci. (Biol.), Assoc. Prof., Head of the Medical Biophysics Laboratory, University Clinic of Privolzhskiy Research Medical University; Head of Integral Human Health

**Valeriy A. Porodenko** — Dr. Sci. (Med.), Prof., Head of the Department of Forensic Medicine, Kuban State Medical University (Krasnodar, Russia) [Forensic Medicine];

# KUBAN SCIENTIFIC MEDICAL BULLETIN

**Aleksandr A. Slavinskiy** — Dr. Sci. (Biology), Prof., Head of the Department of Pathological Anatomy, Kuban State Medical University (Krasnodar, Russia) [Pathological Anatomy];

**Aleksey V. Smirnov** — Dr. Sci. (Med.), Prof., Head of the Department of Pathological Anatomy, Volgograd State Medical University (Volgograd, Russia) [Pathological Anatomy];

**Igor A. Tolmachev** — Dr. Sci. (Med.), Prof., Head of the Department of Forensic Medicine and Medical Law, S.M. Kirov Military Medical Academy (St. Petersburg, Russia) [Forensic Medicine] Preventive Medicine

## Medical and Biological Sciences

**Irina L. Cherednik** — Dr. Sci. (Med.), Prof., Head of the Department of Human Physiology Kuban State Medical University (Krasnodar, Russia) [Pharmacology, Clinical Pharmacology; Human and Animal Physiology];

**Andrey K. Martusevich** — Dr. Sci. (Biol.), Assoc. Prof., Head of Medical Biophysics Laboratory, University Clinic of Privolzhsky Research Medical University; Head of Postgraduate Study and Support of Dissertation Council Department; Head of Integral Human Health Laboratory; Prof., Department of Sports Medicine and Psychology, Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod (Nizhny Novgorod, Russia) [Pathophysiology; Animal and Human Physiology];

**Andrey N. Redko** — Dr. Sci. (Med.), Prof., Head of the Department of Public Health, Health Care and the History of Medicine, Kuban State Medical University (Krasnodar, Russia) [Public Health, Organization and Social Science in Medicine];

**Roman A. Khanferyan** — Dr. Sci. (Med.), Prof., Professor of the Department of Skin and Venereal Diseases and Allergology With a Course of Cosmetology; Prof., Department of Nursing Management, Medical Institute of the Peoples' Friendship University of Russia (Moscow, Russia) [Allergology and Immunology]

**Valeriy A. Porodenko** — Dr. Sci. (Med.), Prof., Head of the Department of Forensic Medicine, Kuban State Medical University (Krasnodar, Russia) [Forensic Medicine];

**Aleksandr A. Slavinskiy** — Dr. Sci. (Biology), Prof., Head of the Department of Pathological Anatomy, Kuban State Medical University (Krasnodar, Russia) [Pathological Anatomy];

**Aleksey V. Smirnov** — Dr. Sci. (Med.), Prof., Head of the Department of Pathological Anatomy, Volgograd State Medical University (Volgograd, Russia) [Pathological Anatomy];

**Igor A. Tolmachev** — Dr. Sci. (Med.), Prof., Head of the Department of Forensic Medicine and Medical Law, S.M. Kirov Military Medical Academy (St. Petersburg, Russia) [Forensic Medicine]

## СОДЕРЖАНИЕ

### ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

#### КЛИНИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА

- Багрянцева Н.В.** Мультилокусные модели полиморфных генов и их роль в оценке риска хронического апикального периодонтита: проспективное одноцентровое исследование «случай-контроль» . . . . . 18
- Лосев Ф.Ф., Брайловская Т.В., Абаев А.З., Троицкий С.С.** Совершенствование метода одномоментной дентальной имплантации в эстетической зоне верхней челюсти при атрофии альвеолярной кости: стратифицированное клиническое исследование . . . . . 32

#### МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

- Адамчик А.А., Дорогань В.В., Таиров В.В., Быкова Н.И., Запорожская-Абрамова Е.С., Стамов Д.А.** Исследование прочностных свойств вращающихся никель-титановых эндодонтических инструментов на основании устойчивости к циклической усталости: нерандомизированное экспериментальное исследование . . . . . 47
- Бажутова И.В., Тимченко П.Е., Тимченко Е.В., Трунин Д.А., Глубоков Д.Г., Хамадеева А.М.** Применение спектроскопии комбинационного рассеяния для оценки состояния костной ткани при пародонтите: нерандомизированное клиничко-лабораторное исследование . . . . . 64
- Ермакова Г.А., Устинова Е.С., Любченко Д.А., Завгородняя А.Г., Быков И.М., Попов К.А.** Особенности состояния маркеров окислительного стресса в смешанной слюне больных наркологического профиля: наблюдательное контролируемое исследование . . . . . 74

#### КЛИНИЧЕСКИЕ СЛУЧАИ

- Ашурко И.П., Тунева Н.О., Трофимов А.Э., Соседкин Д.Ю.** Тотальная реабилитация верхней челюсти с применением цифрового протокола: клинический случай . . . . . 85

#### ИСТОРИЯ И СОЦИОЛОГИЯ МЕДИЦИНЫ

- Кузьмин К.В., Петрова Л.Е., Харченко В.С.** Организационная приверженность среднего медицинского персонала: определение понятия и специфика измерений (обзор зарубежных публикаций) . . . . . 96

## CONTENTS

### ORIGINAL ARTICLES

#### CLINICAL MEDICINE

- Natalya V. Bagryantseva.** Multilocus models of polymorphic genes and their role in assessing the risk of chronic apical periodontitis: A prospective single-center case control study ..... 18
- Fedor F. Losev, Tatiana V. Brailovskaya, Alan Z. Abaev, Sergey S. Troitsky.** Refinement of the immediate dental implantation method in the maxillary aesthetic zone in cases of alveolar bone atrophy: A stratified clinical study ..... 32

#### BIOMEDICAL SCIENCES

- Anatoly A. Adamchik, Vladislav V. Dorogan, Valerii V. Tairov, Natalya I. Bykova, Ekaterina S. Zaporozhskaya-Abramova, Dmitrii A. Stamov.** Strength properties of rotating nickel-titanium endodontic instruments in terms of resistance to cyclic fatigue: A nonrandomized experimental study ..... 47
- Irina V. Bazhutova, Pavel E. Timchenko, Elena V. Timchenko, Dimitry A. Trunin, Dmitrii G. Glubokov, Alfiya M. Khamadeeva.** Raman spectroscopy for assessing bone tissue in periodontitis: A nonrandomized clinical and laboratory study ..... 64
- Galina A. Ermakova, Ekaterina S. Ustinova, Dmitry A. Lubchenko, Anna G. Zavgorodnyaya, Iliya M. Bykov, Konstantin A. Popov.** Features of oxidative stress markers in mixed saliva of patients with substance use disorders: An observational controlled study ..... 74

#### CLINICAL CASES

- Igor P. Ashurko, Natalia O. Tuneva, Artem E. Trofimov, Dmitriy Y. Sosedkin.** Total maxillary rehabilitation using a digital protocol: A clinical case study ..... 85

#### HISTORY AND SOCIOLOGY OF MEDICINE

- Konstantin V. Kuzmin, Larisa E. Petrova, Vera S. Kharchenko.** Organizational commitment of nursing staff: Definition of the concept and specifics of measurement (review of foreign publications) ..... 96

## Уважаемые читатели!

В тематическом номере журнала представлены передовые научные исследования в стоматологии, результаты которых актуальны для практического здравоохранения. Выпуск приурочен к преобразованию стоматологического факультета Кубанского государственного медицинского университета с 60-летней историей в Институт стоматологии. Данное событие выводит на новый уровень развития и возможности как в педагогическом развитии, так и в сфере научно-технологического лидерства в рамках программы «Приоритет-2030».

Несмотря на то что большинство стоматологических заболеваний можно предотвратить, они остаются одной из самых распространенных проблем в мире: по оценкам, ежегодно ими страдают 3,5 миллиарда человек. Согласно последним данным Всемирной организации здравоохранения, количество случаев заболеваний полости рта в мире превышает на миллиард суммарное число случаев психических расстройств, сердечно-сосудистых заболеваний, диабета, хронических респираторных заболеваний и всех видов рака. За последние три десятилетия рост числа заболеваний полости рта в мире опережал рост населения, причем наибольший относительный прирост наблюдался в странах с экономикой с низким уровнем дохода. Распространенность стоматологических заболеваний растет, и даже с учетом их влияния на смертность и заболеваемость они продолжают входить в десятку основных заболеваний в глобальном масштабе<sup>1</sup>.

Изменение распространенности и числа случаев заболеваний полости рта варьируется в зависимости от географического региона и уровня дохода страны. Например, кариес и заболевания пародонта наиболее быстро распространяются в странах с низким уровнем дохода. Заболевания пародонта, поражающие примерно каждого пятого человека в мире, тесно связаны с неинфекционными заболеваниями, выходящими за рамки ротовой полости. Число случаев заболеваний пародонта в странах с низким и ниже среднего уровнем дохода увеличилось более чем вдвое в период с 1990 по 2019 год, тогда как в странах с высоким уровнем дохода этот показатель вырос примерно на 50%. Что касается кариеса постоянных зубов, то число случаев во всем мире увеличилось на 46%, или примерно на 640 миллионов, в период с 1990 по 2019 год. Это в основном связано с ростом населения в странах с низ-

ким и ниже среднего уровнем дохода. В то же время в целом по миру наблюдалось незначительное снижение распространенности кариеса постоянных зубов. Наибольший рост числа случаев за этот период (120%) был зафиксирован в Африканском регионе ВОЗ<sup>2</sup>.

В современном мире неинфекционные болезни рассматриваются как серьезнейший вызов для благополучия людей и устойчивого прогресса в XXI веке. Болезни ротовой полости, являясь наиболее распространенным типом неинфекционных болезней, затрагивают около 50% мирового населения на разных этапах жизни — от детства до старости. Необходимо акцентировать внимание на том, что противодействие заболеваниям полости рта, наряду с другими неинфекционными патологиями, представляет собой глобальную задачу общественного здравоохранения первостепенной важности.

ВОЗ разработала Глобальную стратегию по здоровью полости рта в 2022 году<sup>3</sup> и Глобальный план действий по здоровью полости рта (2023–2030 гг.) в мае 2023 года<sup>4</sup>. План действий представляет собой набор из 100 конкретных мер по улучшению здоровья полости рта в шести стратегических областях: подход к здоровью полости рта с точки зрения общественного здравоохранения; интеграция здоровья полости рта в первичную медико-санитарную помощь; инновационные модели кадровых ресурсов для удовлетворения потребностей населения в здоровье полости рта; ориентация на человека в сфере здравоохранения полости рта; индивидуальные вмешательства в области здоровья полости рта на протяжении всей жизни; оптимизированные цифровые технологии для здоровья полости рта. Глобальный план действий по здоровью полости рта содержит 11 глобальных целей, подкрепленных набором показателей для отслеживания реализации и прогресса плана действий. Он служит руководством для правительств, гражданского общества, частного сектора и других ключевых заинтересованных сторон, которому нужно следовать для улучшения здоровья полости рта.

В последние годы стоматология переживает время значительных перемен, обусловленных как внедрением искусственного интеллекта, так и повсеместной цифровизацией. Эти инновации открывают новые горизонты для повышения эффективности лечения, улучшения здоровья пациентов и расширения возможностей стоматологических

<sup>1</sup> World Health Organization. *Global oral health status report: towards universal health coverage for oral health by 2030*. Geneva. 2022. Available: <https://www.who.int/team/noncommunicable-diseases/global-status-report-on-oral-health-2022>

<sup>2</sup> Там же.

<sup>3</sup> Всемирная организация здравоохранения. *Последующие меры в контексте политической декларации третьего совещания высокого уровня Генеральной Ассамблеи по профилактике неинфекционных заболеваний и борьбе с ними*. 2022. Available: [https://apps.who.int/gb/ebwha/pdf\\_files/WHA75/A75\\_10Add1-ru.pdf](https://apps.who.int/gb/ebwha/pdf_files/WHA75/A75_10Add1-ru.pdf)

<sup>4</sup> Всемирная организация здравоохранения. *Политическая декларация третьего совещания высокого уровня Генеральной Ассамблеи по профилактике неинфекционных заболеваний и борьбе с ними и охрана психического здоровья. Проект Глобального плана действий по охране здоровья полости рта (2023–2030 гг.)*. Available: [https://cdn.who.int/media/docs/default-source/ncds/mnd/oral-health/eb152-draft-global-oral-health-action-plan-2023-2030-ru.pdf?sfvrsn=2f348123\\_19&download=true](https://cdn.who.int/media/docs/default-source/ncds/mnd/oral-health/eb152-draft-global-oral-health-action-plan-2023-2030-ru.pdf?sfvrsn=2f348123_19&download=true)

технологий. В условиях постоянного развития и изменяющихся потребностей клиентов, определяющих будущее стоматологической практики, крайне важно быть в курсе последних тенденций, чтобы обеспечить высочайшее качество услуг и профессиональный рост. Стоматологические клиники должны непрерывно адаптировать свою работу, совершенствуя процессы и отвечая растущим запросам пациентов, что позволит оптимизировать деятельность и обеспечить соответствие потребностям пациентов.

Н. В. Багрянцева представила исследование роли межгенных ассоциаций ключевых генов модуляции воспалительных и иммунных реакций в наследственной предрасположенности к развитию хронического апикального периодонтита. По результатам исследования выявлены значимые межгенные взаимодействия, связанные с развитием хронического апикального периодонтита, с использованием MDR-анализа. Трехлокусная модель  $IL-1\beta \times TNF-\alpha \times MMP-9$  показала наибольшую прогностическую ценность (сбалансированная точность 79,8%, перекрестная проверка 10/10), подчеркивая синергию воспалительных цитокинов и протеолитических процессов. Полученные данные свидетельствуют о мультигенной природе предрасположенности к хроническому апикальному периодонтиту и открывают возможности для персонализированной диагностики и терапии, учитывающей комбинированный эффект генов.

Современная дентальная имплантология требует не только высокого уровня хирургической техники, но и понимания закономерностей регенерации тканей после одномоментной имплантации. Ф. Ф. Лосев и соавт. провели сравнительный анализ изменений параметров слизистой оболочки, альвеолярного гребня и вестибулярной стенки после одномоментной имплантации у пациентов с различным состоянием вестибулярной стенки. По результатам исследования у пациентов с неповрежденной вестибулярной стенкой лунки (группа I) исходные клинические условия были наилучшими: толщина слизистой оболочки —  $1,53 \pm 0,11$  мм, ширина альвеолярного гребня —  $9,80 \pm 0,13$  мм. Однако через 12 месяцев отмечено снижение ширины альвеолярного гребня на 11,0%. В группе II (дефект  $>1/3$  лунки) наблюдалось наибольшее увеличение толщины слизистой оболочки (+65,2%) и улучшение параметров альвеолярного гребня (+10,3%) через 12 месяцев. В группе III (дефект  $>1/3$  лунки) также отмечалась положительная динамика (толщина слизистой оболочки +58,9%; ширина гребня +12,2%), однако результаты были менее выраженными. В контрольной группе IV наблюдалось снижение всех показателей: толщина слизистой оболочки — с 1,41 до 1,10 мм, ширина альвеолярного гребня — с 6,16 до 4,34 мм, глубина преддверия полости рта — с 6,4 до 4,8 мм. Наилучшие исходные клинические параметры отмечены в I группе, однако наиболее выраженные положительные изменения получены у пациентов II группы при применении методик костной регенерации.

В современной эндодонтической практике представлен обширный выбор ротационных Ni-Ti-файлов. Однако конкретные рекомендации относительно времени использования файла в корневом канале отсутствуют. При этом

продолжительность использования может существенно варьироваться в зависимости от угла изгиба корневого канала и радиуса кривизны корневого канала. А. А. Адамчик и соавт. провели изучение прочностных свойств вращающихся никель-титановых эндодонтических инструментов РМ-файл («Русмед», Россия) и ProTaper Universal (Dentsply Sirona, США) путем проведения сравнительного экспериментального исследования стойкости к циклической усталости. По результатам исследования системы РМ-файл инструмент S1 показал среднее количество циклов вращения  $292,00 \pm 38,45$  при минимальном значении 227 циклов и максимальном 340 циклов. Инструмент S2 продемонстрировал более высокие показатели со средним значением  $345,00 \pm 62,72$  цикла, варьируя от 266 до 438 циклов. Инструмент F1 имел среднюю стойкость  $256,00 \pm 31,92$  цикла с разбросом от 188 до 291 цикла. Наименьшие показатели среди инструментов РМ-файл были зафиксированы у F2 ( $111,00 \pm 48,34$  цикла, диапазон 40–184) и F3 ( $82,00 \pm 26,55$  цикла, диапазон 43–130). В системе Protaper Universal инструмент S1 показал наилучшие результаты со средним значением  $395,00 \pm 38,12$  цикла при минимальном показателе 306 циклов и максимальном 450 циклов. Инструмент S2 этой системы имел среднюю стойкость  $170,00 \pm 21,55$  цикла с разбросом от 144 до 202 циклов. Инструменты F-серии Protaper Universal продемонстрировали относительно низкие показатели: F1 —  $72,00 \pm 10,75$  цикла (58–91), F2 —  $86,00 \pm 22,06$  цикла (60–120), F3 —  $79,00 \pm 26,33$  цикла (38–116).

Оценка состояния костной ткани челюстей при определении стоматологического статуса пациента, определение объема костных структур является актуальным направлением. И. В. Бажутова и соавт. проводят оценку спектральных изменений костной ткани альвеолярной части нижней челюсти при пародонтите. По результатам клинико-лабораторного нерандомизированного исследования при пародонтите наблюдаются спектральные изменения костной ткани, связанные с изменением относительной интенсивности линий комбинационного рассеяния. При линейном дискриминантном анализе (LDA) основные спектральные изменения наблюдаются для спектров комбинационного рассеяния костной ткани на линиях  $850 \text{ см}^{-1}$  (бензольное кольцо пролина),  $956 \text{ см}^{-1}$  ( $\nu_1$  P–O симметричное валентное ( $\text{PO}_4^{3-}$ )),  $1069 \text{ см}^{-1}$  (C–O плоскостное валентное ( $\text{CO}_3^{2-}\nu_1$ )),  $1172 \text{ см}^{-1}$  (тирозин, фенилаланин, C–H-связь (белок)),  $1315 \text{ см}^{-1}$  (амид III ( $\alpha$ -спираль)),  $1385\text{--}1441 \text{ см}^{-1}$  (ножничные колебания  $\text{CH}_2$  и изгибные колебания  $\text{CH}_3$  в липидах и белках),  $1555 \text{ см}^{-1}$  (амид II N–H),  $1665 \text{ см}^{-1}$  (амид I),  $1745 \text{ см}^{-1}$  (фосфолипиды), которые соответствуют минеральной и органической составляющей.

В качестве наиболее перспективных показателей биохимического ответа на употребление психоактивных веществ рассматриваются лабораторный мониторинг, в том числе биомаркеры окислительного стресса в смешанной слюне. В исследовании Г. А. Ермакова и соавт. изучали особенности изменений профиля маркеров окислительного стресса в смешанной слюне больных с синдромом зависимости от психостимуляторов или алкоголя на реа-

билитационном этапе. По результатам наблюдательного исследования проведен анализ смешанной слюны на реабилитационном этапе больных наркологического профиля, который позволил выявить дисбаланс окислительного гомеостаза. Маркеры окислительного стресса смешанной слюны положительно и статистически значимо коррелировали с аналогичными маркерами крови: общая антиоксидантная способность  $R = 0,35-0,46$ , активность супероксиддисмутазы  $R = 0,51-0,46$ , активность глутатионпероксидазы  $R = 0,83$  для пациентов с синдромом зависимости от психостимуляторов и алкоголя.

Возможность объединения конусно-лучевой компьютерной томографии с данными внутривитового сканирования позволяет точно планировать операции в виртуальном формате и сводить к минимуму отклонения при установке имплантатов. И. П. Ашурко и соавт. представили клинический случай по тотальному восстановлению верхнего зубного ряда пациента. Пациенту провели диагностику, был поставлен диагноз по МКБ-10: K08.1, K05.3. Было проведено удаление зуба 1.3, установка шести имплантатов с применением навигационного шаблона, установка супраструктур (мультиюнит-абатментов) с последующим внутривитовым сканированием челюстей для изготовления временной ортопедической конструкции. Через 6 месяцев было проведено повторное внутривитовое сканирование и изготовлена постоянная ортопедическая конструкция на винтовой фиксации из диоксида циркония (без титановых оснований).

Рубрика «История и социология медицины» затрагивает актуальный вопрос организационной приверженности среднего медицинского персонала. Этому вопросу в российской исследовательской литературе уделяется пока крайне мало внимания, что создает значительный пробел в понимании факторов, влияющих на лояльность

и вовлеченность данной ключевой категории работников, а также последствий их низкой приверженности для качества медицинской помощи, текучести кадров и общей эффективности медицинских организаций. К. В. Кузьмин и соавт. провели анализ зарубежных публикаций, систематизировали и критически осмыслили основные подходы к пониманию организационной приверженности среднего медицинского персонала, выявили основные этапы развития данной темы в историографии, основные компоненты и механизмы формирования приверженности в медицинских организациях. По результатам обзора зарубежных публикаций выделены четыре хронологических этапа изучения вопросов организационной приверженности в зарубежной литературе, отличающиеся как по своему содержанию, так и по направленности научных публикаций. Результаты обзора позволяют не только совершенствовать существующие подходы к оценке организационной приверженности, но и разрабатывать комплексные программы организационного развития, ориентированные на удержание, мотивацию и профессиональное развитие среднего медицинского персонала в российских медицинских учреждениях.

В завершение необходимо подчеркнуть, что статьи, включенные в тематический выпуск, освещают наиболее значимые области современной стоматологической науки. Исследователи из передовых стоматологических институтов, факультетов и клиник России поделились результатами своих научных изысканий, охватывающих разнообразные темы. Представленные в статьях вопросы могут послужить стимулом для будущих научных исследований и найти применение в практической стоматологии.

*Ответственный редактор выпуска  
профессор Ринат Ахмедулович Салеев*

## Dear Readers!

This themed issue presents cutting-edge research in dentistry, the results of which are relevant to practical health care. Although most dental diseases are preventable, they remain one of the common problems worldwide affecting an estimated 3.5 billion people annually. According to the latest data from the World Health Organization, the number of oral disease cases globally exceeds the combined number of cases of mental disorders, cardiovascular diseases, diabetes, chronic respiratory diseases, and all types of cancer by a billion. Over the past three decades, the incidence of oral diseases worldwide has outpaced population growth with the greatest relative increase observed in low-income countries. The prevalence of dental diseases is increasing, and even taking into account their impact on mortality and morbidity, they continue to rank among the top ten leading diseases globally<sup>5</sup>.

The articles included in this themed issue explore the most significant areas of modern dental science. Researchers from leading dental institutes and clinics across Russia share the results of their research covering a variety of topics. The “History and Sociology of Medicine” section examines the pressing issue of organizational commitment among nursing staff. This topic has received very little attention in the Russian research literature creating a significant gap in understanding the factors influencing the loyalty and engagement of this key employee category, as well as the consequences of their low commitment for the quality of medical care, staff turnover, and the overall effectiveness of health care organizations.

The issues presented in the articles may serve as inspiration for future research and find application in practical dentistry.

*Guest Editor  
Prof. Rinat Saleev*

<sup>5</sup> World Health Organization. *Global oral health status report: towards universal health coverage for oral health by 2030*. Geneva. 2022. Available: <https://www.who.int/team/noncommunicable-diseases/global-status-report-on-oral-health-2022>

<https://doi.org/10.25207/1608-6228-2025-32-5-18-31>

УДК: 616.314.17-008.1-036.12:575.174.015.3



## Мультилокусные модели полиморфных генов и их роль в оценке риска хронического апикального периодонтита: проспективное одноцентровое исследование «случай-контроль»

Н.В. Багрянцева

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ярославский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, ул. Революционная, д. 5, г. Ярославль, 150000, Россия

### АННОТАЦИЯ

**Введение.** Хронический апикальный периодонтит — это воспалительное заболевание, ассоциированное с инфекцией корневых каналов, которое представляет значительную проблему в стоматологии. Его распространенность стремительно растет среди взрослого населения. Заболеванию свойственна вариабельность воспалительных реакций и резорбция костной ткани. Генетические факторы играют центральную роль в патогенезе. Однонуклеотидные полиморфизмы оказывают значительное влияние на экспрессию генов и функциональную активность белков. Современные исследования подчеркивают необходимость интеграции генетических данных в клиническую стоматологию. **Цель исследования:** определение роли межгенных ассоциаций ключевых генов модуляции воспалительных и иммунных реакций в наследственной предрасположенности к развитию хронического апикального периодонтита. **Методы.** Проспективное одноцентровое исследование «случай-контроль» проведено с ноября 2024 по апрель 2025 года на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ярославский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации и общества с ограниченной ответственностью «Медицинский центр диагностики и профилактики «Содружество». Участвовали 200 пациентов: 150 с хроническим апикальным периодонтитом и 50 здоровых (контроль). Диагноз подтвержден клинически и рентгенологически. Изучены однонуклеотидные полиморфизмы 8 генов: IL-10, IL-1 $\beta$ , TNF- $\alpha$ , GSTP1, CYP1A2, TP53, COL1A1, MMP-9 методом полимеразной цепной реакции в реальном времени. Статистический анализ выполнен с использованием программ JMP Pro v.18.0 (SAS Institute Inc., <https://www.jmp.com>, 2024), Haplostats v.1.9.7 (Schaid, D. J., & Sinnwell, J. P., Software for haplotype-based association analysis, США) и MDR v.3.0.2 (Multifactor Dimensionality Reduction, Source Forge, США). Выявлялись наилучшие модели для различных сочетаний полиморфизмов, имеющие наибольший показатель согласованности (CVC) и наименьшую ошибку предсказания (Testing Balanced Accuracy). Критический уровень значимости при проверке статистических гипотез принимался равным 0,05. **Результаты.** Исследование выявило значимые межгенные взаимодействия, связанные с развитием хронического апикального периодонтита, с использованием MDR-анализа. Трехлокусная модель IL-1 $\beta$ ×TNF- $\alpha$ ×MMP-9 показала наибольшую прогностическую ценность (сбалансированная точность 79,8%, перекрестная проверка 10/10), подчеркивая синергию воспалительных цитокинов и протеолитических процессов. Анализ равновесия Харди — Вайнберга выявил отклонения для CYP1A2 и TP53 в группе с хроническим апикальным периодонтитом, указывающие на влияние средовых факторов. Граф Фрюхтермана — Рейнгольда подтвердил сильное взаимодействие между IL-1 $\beta$  и TNF- $\alpha$ , тогда как COL1A1 демонстрировал умеренную связь. Полученные данные свидетельствуют о мультигенной природе предрасположенности к хроническому апикальному периодонтиту и открывают возможности для персонализированной диагностики и терапии, учитывающей комбинированный эффект генов. **Заключение.** Результаты исследования могут стать основой для разработки персонализированных стратегий диагностики и лечения, учитывающих генетический профиль пациентов. Интеграция таких подходов позволит улучшить прогнозирование течения заболевания, оптимизировать лечебные подходы и снизить риск развития осложнений патологического процесса.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** периодонтит, генотипирование, полиморфизм, ассоциации, экстрацеллюлярный матрикс

**ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:** Багрянцева Н.В. Мультилокусные модели полиморфных генов и их роль в оценке риска хронического апикального периодонтита: проспективное одноцентровое исследование «случай-контроль». *Кубанский научный медицинский вестник*. 2025;32(5):18–31. <https://doi.org/10.25207/1608-6228-2025-32-5-18-31>

**ИСТОЧНИКИ ФИНАНСИРОВАНИЯ:** исследование не имело спонсорской поддержки.

**КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ:** автору неизвестно о каком-либо потенциальном конфликте интересов, связанном с этой рукописью.

**ДЕКЛАРАЦИЯ О НАЛИЧИИ ДАННЫХ:** данные, подтверждающие выводы этого исследования, можно получить у контактного автора по обоснованному запросу. Данные и статистические методы, представленные в статье, прошли статистическое рецензирование редактором журнала — сертифицированным специалистом по биостатистике.

**СООТВЕТСТВИЕ ПРИНЦИПАМ ЭТИКИ:** проведенное исследование соответствует стандартам Хельсинкской декларации, одобрено Этическим комитетом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ярославский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (ул. Революционная, д. 5, г. Ярославль, 150000, Россия), протокол № 71/2024 от 28.10.2024.

**БЛАГОДАРНОСТИ:** автор выражает благодарность за помощь в организации и проведении исследования генеральному директору общества с ограниченной ответственностью «Медицинский центр диагностики и профилактики «Содружество» кандидату медицинских наук Крюковой Татьяне Владимовне и заместителю генерального директора по науке кандидату медицинских наук Мельниковой Екатерине Владимировне.

© Багрянцева Н.В., 2025

**ВКЛАД АВТОРА:** Багрянцева Н. В. — разработка концепции и дизайна исследования, сбор данных, анализ и интерпретация результатов, обзор литературы, проведение статистического анализа, составление черновика рукописи и формирование его окончательного варианта. Автор одобряет финальную версию статьи перед публикацией, выражает согласие нести ответственность за все аспекты работы, подразумевающую надлежащее изучение и решение вопросов, связанных с точностью и добросовестностью любой части работы.

**КОРРЕСПОНДИРУЮЩИЙ АВТОР:** Багрянцева Наталья Владимировна, кандидат медицинских наук, доцент кафедры клинической стоматологии и челюстно-лицевой хирургии № 1 федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ярославский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации. Адрес: ул. Революционная, д. 5, г. Ярославль, 150000, Россия. E-mail: nbogryantseva@mail.ru

Получена: 17.04.2025 / Получена после доработки: 22.08.2025 / Принята к публикации: 17.09.2029

## Multilocus models of polymorphic genes and their role in assessing the risk of chronic apical periodontitis: A prospective single-center case control study

*Natalya V. Bagryantseva*

Yaroslavl State Medical University, Revolutsionnaya St., 5, Yaroslavl, 150000, Russia

### ABSTRACT

**Background.** Chronic apical periodontitis is an inflammatory disease associated with infection of the root canal and represents a major challenge in dentistry. Its prevalence is rapidly increasing among the adult population. The condition is characterized by variability in inflammatory responses and bone resorption. Genetic factors play a central role in its pathogenesis. Single-nucleotide polymorphisms (SNPs) significantly affect gene expression and protein activity. Recent studies highlight the importance of integrating genetic data into clinical dentistry. **Objective.** To determine the role of intergenic associations of key genes involved in the modulation of inflammatory and immune responses in hereditary predisposition to chronic apical periodontitis. **Methods.** A prospective single-center case control study was conducted from November 2024 to April 2025 at the Yaroslavl State Medical University (Ministry of Health of the Russian Federation) and the Medical Center for Diagnostics and Prevention “Sodruzhestvo.” The study involved 200 participants: 150 patients with chronic apical periodontitis and 50 healthy controls. The diagnosis was confirmed clinically and radiographically. Single-nucleotide polymorphisms of eight genes (IL-10, IL-1 $\beta$ , TNF- $\alpha$ , GSTP1, CYP1A2, TP53, COL1A1, and MMP-9) were analyzed using real-time polymerase chain reaction (PCR). Statistical analysis was performed using JMP Pro v.18.0 (SAS Institute Inc., <https://www.jmp.com>, 2024), Haplostats v.1.9.7 (Schaid, D.J., & Sinnwell, J.P., Software for haplotype-based association analysis, USA), and MDR v.3.0.2 (Multifactor Dimensionality Reduction, SourceForge, USA). The optimal models were identified based on the highest cross-validation consistency (CVC) and lowest testing balanced accuracy error. The significance level was set at  $p < 0.05$ . **Results.** MDR analysis revealed significant intergenic interactions associated with the development of chronic apical periodontitis. The three-locus model IL-1 $\beta$ ×TNF- $\alpha$ ×MMP-9 demonstrated the highest predictive value (balanced accuracy 79.8%, cross-validation consistency 10/10), highlighting the synergistic effect of inflammatory cytokines and proteolytic processes. Hardy–Weinberg equilibrium analysis showed deviations for CYP1A2 and TP53 in the chronic apical periodontitis group, suggesting an influence of environmental factors. The Fruchterman–Reingold graph confirmed a strong interaction between IL-1 $\beta$  and TNF- $\alpha$ , whereas COL1A1 displayed a moderate association. These findings indicate the multigenic nature of predisposition to chronic apical periodontitis and enable personalized diagnostics and therapy based on the combined genetic effects. **Conclusion.** The results of this study may lay a foundation for developing personalized diagnostic and treatment strategies that account for individual genetic profiles. Integrating such approaches into clinical practice could improve disease outcome prediction, optimize therapeutic interventions, and reduce the risk of complications related to the pathological process.

**KEYWORDS:** periodontitis, genetic typing, polymorphism, associations, extracellular matrix

**FOR CITATION:** Bagryantseva N.V. Multilocus models of polymorphic genes and their role in assessing the risk of chronic apical periodontitis: A prospective single-center case control study. *Kuban Scientific Medical Bulletin*. 2025;32(5):18–31. <https://doi.org/10.25207/1608-6228-2025-32-5-18-31>

**FUNDING:** The study was conducted without financial support.

**CONFLICT OF INTEREST:** The author declares no known conflict of interest connected with this manuscript.

**DATA AVAILABILITY STATEMENT:** Data supporting the findings of this study are available from the corresponding author upon reasonable request. The data and statistical methods presented in the paper have been statistically reviewed by the journal editor, a certified biostatistician.

**COMPLIANCE WITH ETHICAL STANDARDS:** The study complies with the standards of the Helsinki Declaration, approved by the Independent Committee for Ethics of Yaroslavl State Medical University (Revolutsionnaya str., 4, Yaroslavl, 150000, Russia), Minutes No. 71/2024 of October 28, 2024.

**ACKNOWLEDGEMENTS:** The author is grateful to Tatyana Vadimovna Kryukova, Doctor of Medical Science and CEO of the Center for Diagnostics and Prevention “Sodruzhestvo”, Ltd., and to Yekaterina Vladimirovna Melnikova, Doctor of Medical Science and deputy director.

**AUTHOR CONTRIBUTIONS:** N.V. Bagryantseva — concept statement and study design, data collection, analysis and interpretation of the results, literature review, statistical analysis, drafting of the manuscript and preparation of its final version. The author approved the final version of the manuscript prior to publication, agreeing to be accountable for all aspects of the work, meaning that issues related to the accuracy and integrity of any part of the work are appropriately examined and resolved.

\*CORRESPONDING AUTHOR: Natalya V. Bagryantseva, Doctor of Medical Science, associate professor of the Department of Clinical Dentistry and Maxillofacial surgery No 1, Yaroslavl State Medical University. Address: Revolutsionnaya str., 5, Yaroslavl, 150000, Russia. E-mail: nbogryantseva@mail.ru

Received: April 17, 2025 / Revised: August 22, 2025 / Accepted: September 17, 2025

## ВВЕДЕНИЕ

Хронический апикальный периодонтит (ХАП) — воспалительное заболевание периапикальных тканей, ассоциированное с инфекцией корневых каналов, представляет значительную проблему в стоматологической практике. Его распространенность достигает 52% среди взрослого населения, при этом у 5% пациентов наблюдаются клинически выраженные формы патологии [1, 2]. Заболевание развивается как результат сложного взаимодействия микробной инфекции корневых каналов и генетической предрасположенности, что определяет вариабельность воспалительных реакций, иммунного ответа и резорбции костной ткани. ХАП не только снижает качество жизни пациентов, но и требует комплексных терапевтических подходов, учитывающих индивидуальные особенности патогенеза [3–5].

Генетические факторы играют центральную роль в модуляции патологических процессов при ХАП. Особое внимание уделяется кандидатным генам, таким как провоспалительные цитокины (IL-1 $\beta$  (интерлейкин), TNF- $\alpha$  (фактор некроза опухоли)), противовоспалительные медиаторы (IL-10), матриксные металлопротеиназы (ММР) и регуляторы костного метаболизма [3, 6]. Например, полиморфизмы в генах IL-1 $\beta$  и TNF- $\alpha$  ассоциированы с повышенной продукцией провоспалительных маркеров, что усиливает деструкцию тканей [1, 4]. Напротив, вариации в гене IL-10 могут ограничивать избыточный иммунный ответ, замедляя прогрессирование заболевания [7]. Экспериментальные данные на моделях животных подтверждают эти наблюдения: блокировка рецептора IL-17RA приводит к выраженной потере костной массы, что подчеркивает роль цитокинов в регуляции остеокластогенеза [2, 8].

Однонуклеотидные полиморфизмы (SNPs) — наиболее распространенная форма генетических вариаций, оказывают значимое влияние на экспрессию генов и функциональную активность белков [2, 5, 7]. Так, SNPs в гене CYP2D6, участвующем в метаболизме ксенобиотиков, могут снижать эффективность лекарственной терапии за счет изменения фармакокинетики препаратов [9]. Полиморфизмы TP53, регулирующего апоптоз и репарацию ДНК, ассоциированы с нарушением элиминации поврежденных клеток, что способствует хронизации воспаления [10]. Вариации в гене COL1A1, ответственном за синтез коллагена I типа, влияют на структурную целостность периодонтальной связки и регенерацию костной ткани [11]. Интересен парадоксальный эффект SNPs в гене MMP-9: снижение протеолитической активности фермента может приводить к накоплению поврежденных белков, усиливая воспалительный ответ, несмотря на теоретическое замедление резорбции кости [12].

Современные исследования подчеркивают необходимость интеграции генетических данных в клиническую

практику. Анализ равновесия Харди — Вайнберга (HWE) для SNPs выявил значимые отклонения в контрольных группах, что может отражать влияние внешних факторов, таких как воздействие токсинов, на распределение генотипов [4, 13]. Например, для CYP1A2 отклонения от HWE в контрольной популяции указывают на связь его полиморфизмов с метаболизмом ксенобиотиков, что требует учета при интерпретации данных [14].

**Цель исследования** — определение роли межгенных ассоциаций ключевых генов модуляции воспалительных и иммунных реакций в наследственной предрасположенности к развитию хронического апикального периодонтита.

## МЕТОДЫ

### Дизайн исследования

Проведено одноцентровое проспективное исследование типа «случай-контроль». Исследование включало две группы пациентов: группу пациентов с хроническим апикальным периодонтитом ( $n = 150$ ) и контрольную группу ( $n = 50$ ) здоровых пациентов без признаков воспалительных заболеваний. Лечение ХАП заключалось в удалении пораженного зуба.

### Условия проведения исследования

Работа выполнена на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ярославский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (ФГБОУ ВО ЯГМУ Минздрава России) на кафедре клинической стоматологии и челюстно-лицевой хирургии № 1 и стоматологического отделения общества с ограниченной ответственностью «Медицинский центр диагностики и профилактики «Содружество» с ноября 2024 по апрель 2025 года.

### Критерии соответствия

#### Критерии включения

*Для всех исследуемых групп:* пациенты обоего пола в возрасте от 18 до 65 лет; добровольное согласие на участие в исследовании;

— *для основной группы:* наличие верифицированного диагноза «хронический апикальный периодонтит»; возможность удаления пораженного зуба;

— *для контрольной группы:* санированная полость рта (отсутствие зубов с пульпитом или хроническим апикальным периодонтитом).

#### Критерии исключения

*Для всех исследуемых групп:* пациенты с острым апикальным периодонтитом; присутствие стоматита или других инфекционных воспалений полости рта; курение; наличие сахарного диабета и/или хронических воспалительных заболеваний; беременность или период лактации; прием антибиотиков, кортикостероидов или нестероидных про-

тивовоспалительных средств (НПВС) за месяц до начала исследования; история химиотерапии или предшествующего облучения головы/шеи; ранее выполненная операция резекции верхушки корня или наличие перелома корня на пораженном зубе, осложнения в процессе заживления.

#### **Критерии исключения**

Для всех исследуемых групп: отказ от участия в исследовании; расстройства личности, которые могли затруднить понимание и выполнение рекомендаций врача; пациенты, у которых изменилось состояние здоровья или были проведены хирургические вмешательства на момент исследования.

#### **Описание критериев соответствия (диагностические критерии)**

Отбор пациентов включал наличие диагноза «хронический апикальный периодонтит», который был верифицирован клинически и рентгенологически. Заболевание характеризовалось деструкцией костной ткани в области верхушки одного или нескольких корней пораженного зуба. Пораженный зуб удалялся ввиду невозможности терапевтического лечения. Контрольная группа состояла из пациентов без признаков воспалительных заболеваний периодонта, которые регулярно проходили стоматологические осмотры и имели полностью санированную полость рта.

#### **Подбор участников в группы**

В исследование были включены 200 пациентов, которые были разделены на две группы. Основную группу (случай) составили 150 пациентов, которые имели верифицированный хронический апикальный периодонтит (ХАП). Одновременно была сформирована группа контроля (контроль), представленная условно здоровыми добровольцами в количестве 50 человек. В описании критериев соответствия приведена детализация в подборе участников.

#### **Целевые показатели исследования**

##### **Основные показатели исследования**

Определение роли межгенных ассоциаций ключевых генов модуляции воспалительных и иммунных реакций в наследственной предрасположенности к развитию хронического апикального периодонтита. Выявление наилучших моделей для различных сочетаний полиморфизмов, имеющих наибольший показатель согласованности (CVC) и наименьшую ошибку предсказания (Testing Balanced Assay).

##### **Дополнительные показатели исследования**

Оценка различий распределения генотипов полиморфных вариантов изучаемых генов.

##### **Методы измерения целевых показателей**

Путем венопункции локтевой вены у всех пациентов проводился забор крови в вакуумную пробирку Lab-Vac (Shandong Chengwu Medical Products Factory, Китай) объемом 6 мл. Транспортировка и хранение материала осуществлялись в течение 12 часов после взятия. Далее проводился анализ однонуклеотидных полиморфизмов (SNP) методом полимеразной цепной реакции с флуоресцентной схемой детекции продуктов в режиме реального времени (ПЦР-РВ). Для анализа выделенной из лейкоцитов

цельной крови геномной ДНК человека использовались наборы реагентов для ПЦР-РВ «ДНК-экспресс-кровь» (ООО НПФ «Литех», Россия) и «ДНК-Экстран 1» (НПК ЗАО «Синтол», Россия). Реакция амплификации проводилась с использованием «Амплификатора детектирующего «ДТпрайм» модификации 5М3» (ООО «НПО ДНК-Технология», Россия) без стадии электрофореза. Проводились две реакции амплификации с двумя парами аллель-специфичных праймеров для каждого полиморфизма. Для флуоресцентной детекции амплифицированного фрагмента ДНК применялся интеркалирующий асимметричный цианиновый краситель SYBR (Synthetic Bromide) Green I (Molecular Probes Inc., США). Анализ накопления флуоресцентного сигнала по 6-карбоксихлорофлуоресцеин (FAM) каналу осуществляли с использованием программного обеспечения «DT-Master» (ООО «НПО ДНК-Технология», Россия). При наличии гомозиготного генотипа сигнал наблюдался только по одному каналу флуоресценции, в то время как гетерозиготный генотип давал сигнал по обоим каналам. Результаты анализа позволяли определить три типа заключений: гомозигота по аллели 1, гетерозигота и гомозигота по аллели 2. Изучались следующие однонуклеотидные полиморфизмы:

- *rs1800896 (c.-1082G>A)* гена интерлейкин-10 (*IL-10*, хромосома 1 в локусе 1q32.1), характеризующийся заменой гуанина на аденин в позиции –1082 относительно транскрипционной стартовой точки (TSS) промоторной области, который ассоциирован с повышенным уровнем экспрессии *IL-10*;

- *rs1143627 (c.-31T>C)* гена интерлейкин-1 β (*IL-1 β*, хромосома 2 в локусе 2q14.1), характеризующийся заменой тимина на цитозин в позиции –31 относительно TSS промоторной области, который ассоциирован со снижением транскрипционной активности и уровня экспрессии *IL-1 β*;

- *rs1800629 (c.-308G>A)* гена фактор некроза опухоли альфа (*TNF-α*, хромосома 6 в локусе 6q21.3), характеризующийся заменой гуанина на аденин в позиции –308 относительно транскрипционной стартовой точки промоторной области, который ассоциирован с повышенной экспрессией *TNF-α*;

- *rs1695 (p.Ile105Val)* гена глутатион-S-трансфераза P1 (*GSTP1*, хромосома 11 в локусе 11q13.2), характеризующийся заменой изолейцина на валин в позиции 105 относительно старт-кодона, который ассоциирован со снижением ферментативной активности *GSTP1*;

- *rs2069522 (c.-2015T>C)* гена, кодирующего цитохром P450 1A2 (*CYP1A2*, хромосома 7 в локусе 7q22.1), характеризующийся заменой тимина на цитозин в позиции 2015 относительно транскрипционной стартовой точки (TSS) промоторной области, который ассоциирован с изменением активности фермента *CYP1A2*, участвующего в метаболизме ксенобиотиков;

- *rs17884159 (c. 215C>T)* гена супрессора опухоли P53 (*TP53*, хромосома 17 в локусе 17q13.1), характеризующийся заменой цитозина на тимин в позиции 215 кодирующей области, что приводит к замене аминокислоты

(p.Pro72Arg) и ассоциировано с нарушением функции белка p53;

• *rs1107946* (с. 1997G>T) гена, кодирующего коллаген тип 1 A1 (*COL1A1*, хромосома 17 в локусе 17q21.33), характеризующийся заменой гуанина на тимин в позиции 1997 кодирующей области, что связано с изменением структуры коллагена;

• *rs17576* (p.Gln279Arg) гена, кодирующего матриксную металлопептидазу 9 (*MMP-9*, хромосома 20 в локусе 20q11.2), характеризующийся заменой глутамина на аргинин в позиции 279, которая ассоциирована со снижением протеолитической активности MMP-9.

### **Переменные (предикторы, конфаундеры, модификаторы эффекта)**

Предикторы: неучтенные генетические полиморфизмы.

Конфаундеры: возраст, пол, курение, сопутствующие заболевания.

Модификаторы эффекта: прием лекарственных препаратов, хирургические вмешательства, инфекции полости рта.

Таким образом, переменные, которые бы могли исказить результаты, исходно были отнесены к критериям исключения и отсутствовали в исследуемых группах.

### **Статистические процедуры**

#### **Принципы расчета размера выборки**

Размер выборки был рассчитан с учетом мощности исследования, установленной на уровне 80% при  $\alpha < 0,05$ . Рассчитанный минимальный объем выборки составил 45 наблюдений для каждой из групп, учитывая возможное непосещение или позднее исключение.

#### **Статистические методы**

Статистический анализ проводился с использованием пакета прикладных программ JMP Pro Statistical Discovery v. 18.0 (SAS Institute Inc., <https://www.jmp.com>, 2024). Результаты генотипирования были статистически обработаны для проверки их соответствия равновесию Харди — Вайнберга. Категориальные данные описывались через абсолютные и относительные частоты. При многопольной кросс-табуляции для сравнения долей применялся, в зависимости от числа наблюдений, критерий хи-квадрат Пирсона либо точный двусторонний критерий Фишера. Статистическая значимость особенности распределения исследуемых генотипов в изучаемых группах проверялась с помощью оценки показателей отношения шансов (ОШ) и их доверительных интервалов (ДИ). Оценка характера распределения количественных данных осуществлялась с помощью критерия Шапиро — Уилка. В зависимости от полученного результата оценивания рассчитывали либо среднее арифметическое ( $M$ ), стандартное отклонение (SD), либо медиану (Me), нижнюю и верхнюю квантили [ $LQ$ ,  $HQ$ ]. Этим же принципом руководствовались при выборе критериев для статистического сопоставления двух исследуемых независимых групп: t-теста и теста Манна — Уитни. Для углубленного анализа ассоциаций и уменьшения многофакторной размерности в исследуемых группах было использовано программное обеспечение Haplostats v. 1.9.7 (Schaid, D.J., & Sinnwell,

J.P., Software for haplotype-based association analysis, США) и MDR (Multifactor Dimensionality Reduction, Source Forge, США) v. 3.0.2, предназначенное для статистического анализа гаплотипов с признаками и ковариатами, когда фаза сцепления неоднозначна. Метод MDR дает возможность оценивать ген-генные и генно-средовые взаимодействия, ассоциированные с качественными фенотипами с учетом коррекции на качественные ковариаты и проводить их валидацию с помощью пермутационного теста. Также он позволяет проводить кросс-валидацию моделей, оценивать характер (synergy, additive, redundancy) и силу (доля вклада в энтропию) этих взаимодействий и их визуализировать графически. Критический уровень значимости при проверке статистических гипотез принимался равным 0,05.

### **РЕЗУЛЬТАТЫ**

#### **Формирование выборки (групп) исследования**

С целью повышения обобщающей способности (внешней валидности) результатов исследования, пациенты, обратившиеся за медицинской помощью, включались в исследование после первичного приема на основе случайной выборки. Отбор осуществлялся с использованием компьютерной программы для генерации случайных чисел: из каждых 10 обратившихся в исследование включались 5, отобранных по данному принципу. Всего участники были распределены на две группы – исследуемая (случай) группа с ХАП ( $n = 150$ ) и контрольная ( $n = 50$ ) (рис. 1).

Контрольная группа формировалась из добровольцев, соответствующих критериям включения и не имеющих признаков воспалительных заболеваний полости рта. Такая методология обеспечила строгую стандартизацию выборки и минимизацию потенциальных источников смещения данных. Конфиденциальность данных была обеспечена анонимизацией образцов и шифрованием электронных записей. Информированное согласие участников включало право на отказ от участия в любой момент без объяснения причин.

#### **Характеристики выборки (групп) исследования**

Между возрастными показателями двух групп,  $t$ -критерием, статистически значимых различий не выявлено ( $p > 0,05$ ). Средний возраст в исследуемой группе составил  $33,6 \pm 9,2$  года; в контрольной —  $31,5 \pm 8,4$  года. Не обнаружено статистически значимых различий в половом составе групп. В исследуемой группе мужчин и женщин было равное количество — по 75 человек. Такая же пропорция наблюдалась в контрольной группе — по 25 человек обоего пола.

#### **Основные результаты исследования**

В рамках настоящего исследования, направленного на углубленное понимание сложных молекулярно-генетических механизмов, лежащих в основе развития хронического апикального периодонтита (ХАП), была поставлена задача определить роль специфических межгенных ассоциаций ключевых генов в модуляции воспалительных и иммунных реакций. Хронический апикальный периодонтит представляет собой персистирующее воспалительное заболевание тканей, окружающих верхушку кор-

ня зуба, характеризующееся деструкцией костной ткани и формированием периапикальных очагов поражения. Патогенез этого состояния является многофакторным, где значительное взаимодействие генетической предрасположенности и факторов окружающей среды играет критическую роль. Для решения поставленной задачи был проведен комплексный анализ распределения частот генотипов и аллелей в четко определенных исследуемых группах: группе пациентов с верифицированным диагнозом ХАП и контрольной группе лиц, сопоставимых по основным демографическим параметрам. Анализ охватил восемь предварительно отобранных полиморфных маркеров (однонуклеотидных полиморфизмов, SNP), расположенных в генах, кодирующих белки, непосредственно участвующие в регуляции иммунного ответа, воспалительных каскадах, метаболизме ксенобиотиков и контроле клеточного цикла. Детальные результаты первичного распределения генотипов для всех изученных локусов в сравниваемых группах представлены в сводной таблице 1.

Первым этапом анализа стал традиционный однолокусный анализ, целью которого была оценка потенциальных ассоциаций отдельных исследуемых однонуклеотидных полиморфизмов с индивидуальным риском развития хронического апикального периодонтита. Этот метод позволяет выявить статистически значимые различия в частоте встречаемости определенных генотипов или аллелей между группой больных и контрольной группой, что может указывать на вклад конкретного генетического варианта в предрасположенность к заболеванию или, наоборот, на его защитную функцию. Среди восьми проанализированных полиморфных маркеров статистически значимые различия в распределении генотипов были надежно установлены для нескольких ключевых генов, что подчеркивает их потенциальную вовлеченность в патогенез ХАП.

Так, при анализе полиморфизма *rs1800896* (с.-1082G>A), расположенного в промоторной области гена интерлейкина-10 (IL-10), кодирующего важнейший противовоспалительный цитокин, было обнаружено, что гомозиготный генотип А/А встречался статистически достоверно чаще в группе пациентов, страдающих хроническим апикальным периодонтитом (10% случаев), по сравнению с лицами из контрольной группы (всего 4% случаев). Статистическая значимость этой разницы была подтверждена критерием хи-квадрат Пирсона ( $\chi^2 = 3,92$ ,  $p = 0,048$ ). Эта находка позволяет предполагать, что генотип А/А полиморфизма *rs1800896* гена IL-10 может ассоциироваться с повышенной восприимчивостью к развитию ХАП. Напротив, гомозиготный генотип G/G для того же самого полиморфного маркера *rs1800896* наблюдался статистически достоверно чаще в контрольной группе здоровых индивидов (78%) по сравнению с группой пациентов с ХАП (51%;  $\chi^2 = 5,14$ ,  $p = 0,023$ ). Такое распределение указывает на возможное протективное значение генотипа G/G, то есть его носители могут иметь сниженный риск развития хронического воспаления периапикальных тканей.

Аналогично, значимые ассоциации были выявлены и для полиморфизма *rs1143627* (с.-31T>C) гена интерлейкина-1



Рис. 1. Блок-схема дизайна исследования

Примечание: блок-схема выполнена автором (согласно рекомендациям STROBE). Сокращения: *rs* — эталонный однонуклеотидный полиморфизм; *c.* — позиция относительно стартового кодона гена; *p.* — изменение на уровне белка; *IL-10* — интерлейкин-10; *IL-1β* — интерлейкин-1 бета; *GSTP1* — глутатион-S-трансфераза III; *TNF-α* — фактор некроза опухоли-альфа; *CYP1A2* — цитохром P450 1A2; *TP53* — опухолевый супрессор P53; *COL1A1* — коллаген тип 1 A1; *MMP-9* — матриксная металлопептидаза 9.

Fig. 1. Study design

Notes: The flow diagram was made by the author (with accordance with STROBE guidelines). Abbreviations: *rs* — reference single nucleotide polymorphism; *c.* — position relative to start codon; *p.* — protein polymorphism; *IL-10* — interleukin-10; *IL-1β* — interleukin-1β; *GSTP-1* — glutathione-S-transferase P1; *TNF-α* — tumor necrosis factor α; *CYP1A2* — cytochrome P450 1A2; *TP53* — tumor suppressor P53; *COL1A1* — type 1A1 collagen; *MMP9* — matrix metal peptidase 9.

Таблица 1. Распределение генотипов по полиморфным маркерам в исследуемых группах  
Table 1. Distribution of genotypes across polymorphic markers in trial groups

Полиморфизм	Генотип	Все наблюдения		Группа			
				Контроль		Случай	
		<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%
<i>rs1800896</i> ( <i>c.-1082G&gt;A</i> ) <i>IL-10</i>	<i>A/A</i>	17	8	2	4	15	10
	<i>G/A</i>	68	34	9	18	59	39
	<i>G/G</i>	115	57	39	78	76	51
<i>rs1143627</i> ( <i>c.-31T&gt;C</i> ) <i>IL-1β</i>	<i>C/C</i>	23	12	4	8	19	13
	<i>T/C</i>	82	41	12	24	70	47
	<i>T/T</i>	95	48	34	68	61	41
<i>rs1800629</i> ( <i>c.-308G&gt;A</i> ) <i>TNF-α</i>	<i>A/A</i>	75	38	30	60	45	30
	<i>A/G</i>	95	48	14	28	81	54
	<i>G/G</i>	30	15	6	12	24	16
<i>rs1695</i> ( <i>p.Ile105Val</i> ) <i>GSTP1</i>	<i>A/A</i>	80	40	12	24	68	45
	<i>A/G</i>	75	38	21	42	54	36
	<i>G/G</i>	45	22	17	34	28	19
<i>rs2069522</i> ( <i>c.-2015T&gt;C</i> ) <i>CYP1A2</i>	<i>C/C</i>	12	6	0	0	12	8
	<i>T/C</i>	10	5	2	4	8	5
	<i>T/T</i>	178	89	48	96	130	87
<i>rs17884159</i> ( <i>c. 215C&gt;T</i> ) <i>TP53</i>	<i>C/C</i>	174	87	47	94	127	85
	<i>C/T</i>	20	10	3	6	17	11
	<i>T/T</i>	6	3	0	0	6	4
<i>rs1107946</i> ( <i>c. 1997G&gt;T</i> ) <i>COL1A1</i>	<i>A/A</i>	10	5	3	6	7	5
	<i>C/A</i>	45	22	10	20	35	23
	<i>C/C</i>	145	72	37	74	108	72
<i>rs17576</i> ( <i>p.Gln279Arg</i> ) <i>MMP-9</i>	<i>A/A</i>	80	40	23	46	57	38
	<i>A/G</i>	82	41	21	42	61	41
	<i>G/G</i>	38	19	6	12	32	21

Примечание: таблица составлена автором. Сокращения: *rs* — эталонный однонуклеотидный полиморфизм; *c.* — позиция относительно стартового кодона гена; *p.* — изменение на уровне белка; *IL-10* — интерлейкин-10; *IL-1β* — интерлейкин-1 бета; *GSTP1* — глутатион-S-трансфераза П1; *TNF-α* — фактор некроза опухоли-альфа; *CYP1 A2* — цитохром P450 1 A2; *TP53* — опухолевый супрессор P53; *COL1A1* — коллаген тип 1 A1; *MMP-9* — матриксная металлопротеиназа 9.

Note: The table is compiled by the author. Abbreviations: *rs* — reference single nucleotide polymorphism; *c.* — position relative to start codon; *p.* — protein polymorphism; *IL-10* — interleukin-10; *IL-1β* — interleukin-1β; *GSTP-1* — glutathione-S-transferase P1; *TNF-α* — tumor necrosis factor α; *CYP1A2* — cytochrome P450 1A2; *TP53* — tumor suppressor P53; *COL1A1* — type 1A1 collagen; *MMP9* — matrix metal peptidase 9.

бета (*IL-1β*), кодирующего мощный провоспалительный цитокин, играющий центральную роль в инициации и поддержании воспалительной реакции, в том числе в тканях пародонта. Гомозиготный вариант *T/T* данного SNP был статистически достоверно чаще распространен среди здоровых лиц контрольной группы (68% против 41% в группе ХАП;  $\chi^2 = 6,87$ ,  $p = 0,009$ ), что также позволяет рассматривать его как потенциально защитный генотип. В противоположность этому гетерозиготный вариант *T/C* полиморфизма *rs1143627* наблюдался статистически достоверно чаще у пациентов с установленным диагнозом хронического апикального периодонтита (47% против 24% в контроле;

$\chi^2 = 5,93$ ,  $p = 0,015$ ), что свидетельствует о его возможной ассоциации с повышенным риском развития данного заболевания. Полученные данные хорошо согласуются с обширным массивом литературных сведений, подчеркивающих провоспалительную активность *IL-1β* как фактора, способствующего деструкции костной ткани, и противовоспалительный, иммуносупрессивный эффект *IL-10*. Эта конвергенция результатов независимых исследований существенно подтверждает фундаментальную важность дисбаланса в системе этих цитокинов в сложном патогенезе хронических воспалительных заболеваний пародонта, включая и апикальный периодонтит [4, 15].

Для получения более целостной картины взаимосвязей между изучаемыми генетическими факторами и их потенциальным взаимодействием с факторами окружающей среды (условно обозначенными как Disease), была применена современная методика визуализации сетей ген-средовых и ген-генных связей. Эта визуализация была реализована с использованием силового алгоритма Камада и Каваи (Kamada—Kawai algorithm), который эффективно размещает узлы (гены, факторы) на плоскости таким образом, чтобы длины связей между ними максимально соответствовали заданным силам притяжения или отталкивания, отражающим силу взаимодействия. Результирующая графическая модель, представленная на рисунке 2, во многом подтверждает и наглядно отражает закономерности, установленные в ходе предшествующего однолокусного анализа, демонстрируя относительную близость или удаленность ключевых генетических маркеров друг от друга и от узла Disease.

Однако важно подчеркнуть, что одноранговое (парное) взаимодействие, на котором фокусируется однолокусный анализ, зачастую не способно дать полного и исчерпывающего представления о всей сложности существующих взаимосвязей в рамках изучаемых биологических явлений, особенно когда речь идет о многофакторных заболеваниях, таких как ХАП, где вероятны сложные эпистатические эффекты и нелинейные взаимодействия между множеством генов и средовыми триггерами.

Важным этапом в любом генетико-ассоциативном исследовании является проверка соответствия наблюдаемых частот генотипов в изучаемых популяциях ожидаемым частотам, предсказываемым законом равновесия Харди — Вайнберга (Hardy—Weinberg Equilibrium, HWE). Это фундаментальное правило популяционной генетики гласит, что при отсутствии влияния внешних факторов (мутаций, миграций, отбора, дрейфа генов и неслучайного скрещивания) частоты генотипов по одному аутосомному локусу остаются постоянными из поколения в поколение. Отклонения от HWE в контрольной группе могут указывать на проблемы с качеством генотипирования или на нерепрезентативность выборки, в то время как отклонения только в группе пациентов могут сигнализировать о влиянии самого заболевания на структуру популяции. Результаты данного анализа для всех восьми исследованных однонуклеотидных полиморфизмов представлены в таблице 2.

Анализ показал, что в контрольной группе здоровых индивидов все исследуемые однонуклеотидные полиморфизмы находились в состоянии равновесия Харди — Вайнберга ( $p > 0,05$  для всех тестов). Это является важным индикатором репрезентативности контрольной выборки и отсутствия существенных систематических ошибок при проведении генотипирования. В группе пациентов с хроническим апикальным периодонтитом ситуация была иной. Статистически значимые отклонения от ожидаемого равновесия Харди — Вайнберга были надежно выявлены для трех конкретных полиморфных маркеров:

— *rs1695* (*p.Ile105Val*) в гене глутатион-S-трансферазы Пи 1 (GSTP1), фермента, играющего ключевую роль в детоксикации реактивных кислородных видов и ксенобиотиков;

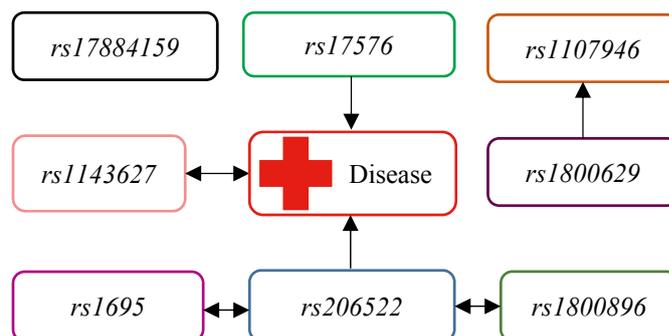


Рис. 2. Одноранговое ген-средовое и ген-генное взаимодействие по алгоритму Камада — Каваи

Примечание: рисунок выполнен автором. Сокращение: rs — эталонный однонуклеотидный полиморфизм.

Fig. 2. Single-layer gene-environment and gene-gene interaction using Kamada—Kawai algorithm

Note: the figure is made by the author. Abbreviation: rs — reference single nucleotide polymorphism.

— *rs2069522* (*c.-2015T>C*) в промоторной области гена цитохрома P450 1A2 (CYP1A2), важного фермента метаболизма различных веществ, включая потенциально токсичные;

— *rs17884159* (*c.215C>T*) в гене опухолевого супрессора p53 (TP53), белка — «стража генома», регулирующего клеточный цикл, апоптоз и ответ на повреждение ДНК.

Обнаруженные отклонения от HWE исключительно в группе больных ХАП для этих специфических локусов не могут быть объяснены артефактами генотипирования или неслучайным подбором выборки, учитывая соблюдение HWE в контроле по этим же маркерам. Следовательно, наиболее вероятными причинами таких отклонений являются либо влияние специфических факторов окружающей среды (например, курение, особенности питания, воздействие токсинов), которые могут по-разному влиять на носителей определенных генотипов в условиях хронического воспаления, либо действие селективного давления со стороны самого персистирующего воспалительного процесса в периапикальных тканях. Такое давление может опосредованно влиять на жизнеспособность или репродуктивный успех носителей определенных генетических вариантов на протяжении времени, хотя для подтверждения этого требуются специальные популяционно-генетические исследования. Этот результат подчеркивает принципиальную необходимость учета статуса равновесия Харди — Вайнберга и, в частности, выявленных отклонений для полиморфизмов генов GSTP1, CYP1A2 и TP53 при последующей интерпретации данных ассоциаций и взаимодействий в контексте ХАП [2, 16].

Учитывая ограниченность информации, которую можно получить из анализа отдельных локусов, и высокую вероятность сложных нелинейных взаимодействий между множественными генетическими факторами и средой в развитии многофакторных заболеваний, для углубленного изучения этих взаимосвязей при хроническом апикальном периодонтите был применен метод Multifactor

Таблица 2. Результаты точного теста на равновесие Харди — Вайнберга  
Table 2. Sensitive test results for Hardy—Weinberg equilibrium

Полиморфизм	Группа	Гетерозиготы		Гомозиготы	Общее кол-во		p-уровень
		1-й аллель	2-й аллель		1-й аллель	2-й аллель	
<i>rs1800896</i> (c.-1082G>A) <i>IL-10</i>	Все	115	17	68	298	102	0,1400
	Контроль	39	2	9	87	13	0,1700
	Случай	76	15	59	211	89	0,5600
<i>rs1143627</i> (c.-31T>C) <i>IL-1β</i>	Все	95	23	82	272	128	0,4200
	Контроль	34	4	12	80	20	0,0830
	Случай	61	19	70	192	108	1,0000
<i>rs1800629</i> (c.-308G>A) <i>TNF-α</i>	Все	75	30	95	245	155	1,0000
	Контроль	30	6	14	74	26	0,0650
	Случай	45	24	81	171	129	0,2500
<i>rs1695</i> (p.Ile105Val) <i>GSTP1</i>	Все	80	45	75	235	165	0,0014
	Контроль	12	17	21	45	55	0,2700
	Случай	68	28	54	190	110	0,0079
<i>rs2069522</i> (c.-2015T>C) <i>CYP1A2</i>	Все	178	10	12	366	34	0,0001
	Контроль	48	2	0	98	2	1,0000
	Случай	130	8	12	268	32	0,0001
<i>rs17884159</i> (c. 215C>T) <i>TP53</i>	Все	174	20	6	368	32	0,0004
	Контроль	47	3	0	97	3	1,0000
	Случай	127	17	6	271	29	0,0006
<i>rs1107946</i> (c. 1997G>T) <i>COL1A1</i>	Все	145	45	10	335	65	0,0190
	Контроль	37	10	3	84	16	0,0890
	Случай	108	35	7	251	49	0,0760
<i>rs17576</i> (p.Gln279Arg) <i>MMP-9</i>	Все	80	82	38	242	158	0,0540
	Контроль	23	21	6	67	33	0,7500
	Случай	57	61	32	175	125	0,0450

Примечание: таблица составлена автором. Сокращения: rs — эталонный однонуклеотидный полиморфизм; c. — позиция относительно стартового кодона гена; p. — изменение на уровне белка; *IL-10* — интерлейкин-10; *IL-1β* — интерлейкин-1 бета; *GSTP1* — глутатион-S-трансфераза П1; *TNF-α* — фактор некроза опухоли-альфа; *CYP1 A2* — цитохром П450 1 A2; *TP53* — опухолевый супрессор П53; *COL1A1* — коллаген тип 1 A1; *MMP-9* — матриксная металлопротеиназа 9.

Note: The table is compiled by the author. Abbreviations: rs — reference single nucleotide polymorphism; c. — position relative to start codon; p. — protein polymorphism; *IL-10* — interleukin-10; *IL-1β* — interleukin-1β; *GSTP-1* — glutathione-S-transferase P1; *TNF-α* — tumor necrosis factor α; *CYP1A2* — cytochrome P450 1A2; *TP53* — tumor suppressor P53; *COL1A1* — type 1A1 collagen; *MMP9* — matrix metal peptidase 9.

Dimensionality Reduction (MDR). MDR представляет собой непараметрический и модельно-свободный подход, специально разработанный для выявления и характеристики сложных взаимодействий высокого порядка в данных с высокой размерностью (множеством переменных) при ограниченном размере выборки. Суть метода заключается в редукции размерности данных путем объединения комбинаций многоуровневых переменных (генотипов, факторов среды) в новые бинарные переменные (высокий/низкий риск), что позволяет эффективно визуализировать и оценивать многомерные паттерны взаимодействий.

MDR-анализ был последовательно проведен для всех исследуемых однонуклеотидных полиморфизмов и узла

Disease (Заболевание), представляющего совокупность средовых факторов. Этот анализ позволил выявить и охарактеризовать несколько статистически значимых многофакторных моделей, описывающих комбинированное действие ключевых генов и их взаимодействие со средой, ассоциированное с риском развития ХАП. Процесс построения и валидации моделей в MDR включает следующие ключевые шаги: 1) разделение исходных данных на обучающую и тестовую части (кросс-валидация); 2) оценку всех возможных комбинаций факторов (вплоть до заданного порядка взаимодействия, например 2-факторные, 3-факторные модели); 3) выбор оптимальной комбинации факторов на обучающей выборке; 4) оценка

предсказательной способности выбранной модели на тестовой выборке. Все полученные модели были тщательно отобраны и оценены по строгим наглядным критериям.

Основными критериями качества модели в MDR являются согласованность при кросс-валидации и сбалансированная точность тестирования. Согласованность при кросс-валидации (Cross-Validation Consistency — CVC): показатель, отражающий, насколько стабильно данная комбинация факторов выбирается как лучшая в разных подвыборках при кросс-валидации (максимальное значение 10 при 10-fold CV). Высокий CVC (близкий к 10) указывает на надежность и воспроизводимость модели. Сбалансированная точность тестирования (Testing Balanced Accuracy — TBA): среднее значение чувствительности (доля верно предсказанных больных) и специфичности (доля верно предсказанных здоровых) на тестовой выборке. Высокое значение TBA (близкое к 1,0, или 100%) и, соответственно, низкая ошибка предсказания свидетельствуют о хорошей предсказательной силе модели.

Одновременно с этим для оценки информативности и силы выявленных взаимодействий в рамках построенных моделей оценивался уровень энтропии (I). В контексте теории информации энтропия измеряет степень неопределенности или количество информации, содержащейся во взаимодействии. В MDR-анализе энтропийный анализ позволяет количественно определить вклад каждой отдельной переменной (гена, фактора) и их парных взаимодействий в общую предсказательную способность модели. Чем выше значение энтропии для взаимодействия, тем больший вклад оно вносит в объяснение фенотипической изменчивости (в данном случае риска ХАП). Детальные результаты MDR-анализа, включая лучшие модели, их CVC, TBA и значения энтропии для отдельных эффектов и взаимодействий, представлены в таблице 3.

Для наглядного представления сложной структуры выявленных взаимосвязей между генетическими факторами и их комбинациями были использованы два типа специализированных визуализаций, построенных на основе результатов MDR-анализа и энтропийных оценок.

Первой была дендрограмма (рис. 3). Эта визуализация отображает иерархическую структуру связей между различными однонуклеотидными полиморфизмами и их многокомпонентными сочетаниями. Дендрограмма, построенная с использованием алгоритма, учитывающего значения энтропии из MDR-анализа, позволяет увидеть

«близость» факторов с точки зрения их взаимодействия в контексте риска заболевания. Основная информация представлена на дендрограмме в виде узлов (листьев) и ветвей (линий). Каждый лист дендрограммы представляет собой один конкретный однонуклеотидный полиморфизм или средовый фактор (в данном случае узел Disease). Высота ветвей, соединяющих листья, является ключевым показателем: она указывает на степень связи (силу взаимодействия) между соответствующими генетическими факторами. Короткие ветви свидетельствуют о том, что однонуклеотидные полиморфизмы расположены близко друг к другу в иерархии взаимодействий, что предполагает более тесную функциональную или эпистатическую связь между ними в патогенезе ХАП. Более длинные ветви, напротив, указывают на слабую связь или отсутствие значимого взаимодействия между данными факторами в рамках построенной модели.

Для более детального отображения характера и направления взаимодействий был построен граф ген-средовых и межгенных связей (рис. 4), ассоциированных с развитием хронического апикального периодонтита. Этот граф визуализирует не только факт наличия связи, но и ее силу, выраженную через долю вклада в общую энтропию (информативность) модели. Граф был сконструирован с использованием алгоритма Фрюхтермана — Рейнгольда (Fruchterman—Reingold algorithm). Этот алгоритм позиционирует узлы графа (представляющие гены/SNP или фактор Disease) на плоскости таким образом, чтобы минимизировать пересечение связей и равномерно распределить узлы, притягивая связанные узлы и отталкивая несвязанные. Ребра графа (связи между узлами) могут быть направленными или ненаправленными (в зависимости от модели) и часто имеют толщину, пропорциональную силе взаимодействия (вкладу в энтропию). Ключевым преимуществом алгоритма Фрюхтермана — Рейнгольда является его способность хорошо справляться с «шумом» в данных и эффективно визуализировать даже сложные графы, содержащие большое количество узлов и разнообразных связей, при этом сохраняя относительную читаемость и наглядность.

Таким образом, рисунок 4 предоставляет комплексное графическое представление паттернов взаимодействий, выявленных MDR-анализом, показывая, какие гены наиболее тесно координируют свое действие друг с другом и с факторами среды, формируя предрасположенность к ХАП.

Таблица 3. Основные характеристики MDR-моделей  
Table 3. Characteristics of MDR-models

Модель	CVC	TBA	I
rs1143627 × rs1800629	9/10	73,2	4,5%
rs1143627 × rs1800629 × rs17576	10/10	79,8	6,2%
rs1143627 × rs1800629 × rs17576 × rs1107946	8/10	71,4	5,1%

Примечание: таблица составлена автором. Сокращения: rs — эталонный однонуклеотидный полиморфизм; CVC — согласованность перекрестной проверки; TBA — тест сбалансированной точности; I — доля вклада в энтропию.

Note: the table is compiled by the author. Abbreviations: rs — reference single nucleotide polymorphism; CVC — cross-validation comparison; TBA — test for balanced accuracy; I — entropy contribution.

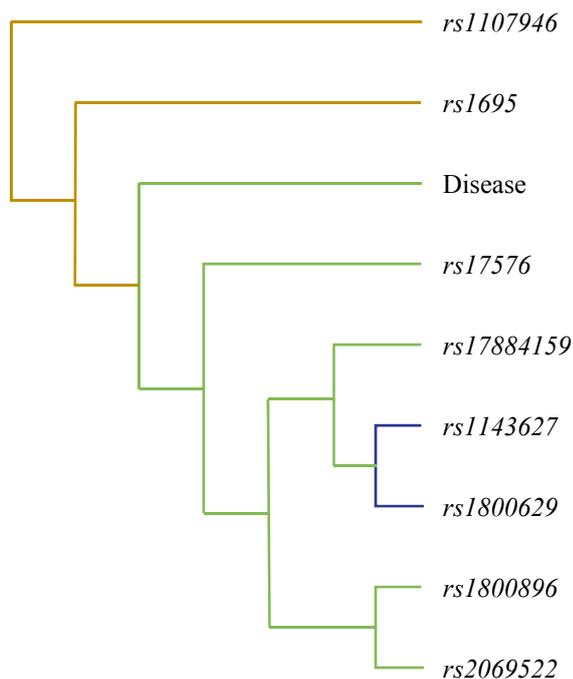


Рис. 3. Дендрограмма ген-средовых и межгенных взаимодействий при хроническом апикальном периодонтите

Примечания: рисунок выполнен автором; названия узлов, представленных на дендрограмме в последовательности сверху-вниз — rs1107946 (с. 1997G>T) COL1A1, rs1695 (p.Ile105Val) GSTP1, Disease, rs17576 (p.Gln279Arg) MMP-9, rs17884159 (с. 215C>T) TP53, rs1143627 (с.-31T>C) IL-1  $\beta$ , rs1800629 (с.-308G>A) TNF- $\alpha$ , rs1800896 (с.-1082G>A) IL-10, rs2069522 (с.-2015T>C) CYP1A2. Сокращение: rs — эталонный однонуклеотидный полиморфизм.

Fig. 3. Tree diagram of gene-environment and gene-gene interaction in chronic apical periodontitis

Notes: The figure is made by the author. Tree node labels from top to bottom: rs1107946 (с. 1997G>T) COL1A1, rs1695 (p.Ile105Val) GSTP1, Disease, rs17576 (p.Gln279Arg) MMP-9, rs17884159 (с. 215C>T) TP53, rs1143627 (с.-31T>C) IL-1  $\beta$ , rs1800629 (с.-308G>A) TNF- $\alpha$ , rs1800896 (с.-1082G>A) IL-10, rs2069522 (с.-2015T>C) CYP1A2. Abbreviation: rs — reference single nucleotide polymorphism.

### Дополнительные результаты исследования

В ходе выполнения данного комплексного исследования, помимо описанных выше основных результатов, связанных с выявлением ассоциаций отдельных полиморфизмов, анализом HWE, применением MDR-метода и визуализацией взаимодействий, проводился поиск других потенциальных закономерностей или значимых эффектов. Это включало, помимо прочего, анализ распределения аллельных частот, проверку ассоциаций в подгруппах (например, по полу) и оценку других статистических моделей. Однако на основании проведенного анализа и примененных статистических критериев значимости дополнительных результатов, выходящих за рамки уже представленных основных результатов, в ходе данного исследования выявлено не было. Все

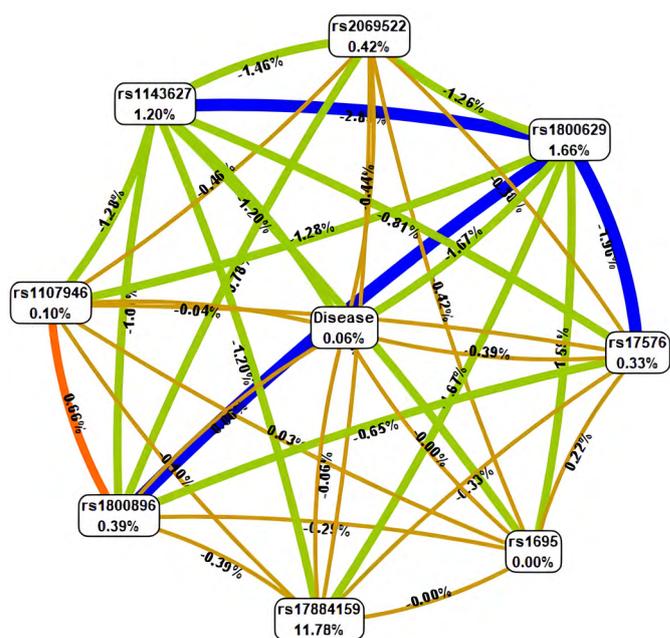


Рис. 4. Граф ген-генных и генно-средовых взаимодействий полиморфных локусов изучаемых генов с наличием хронического апикального периодонтита

Примечания: рисунок выполнен автором; направленность взаимодействий между генами-кандидатами и наличием хронического апикального периодонтита (Disease) обозначаются линиями разного цвета: синего — выраженный синергизм, зеленого — умеренный синергизм, оранжевого — выраженный антагонизм, красного — умеренный антагонизм, коричневого — аддитивное взаимодействие. Сила и направленность взаимодействий представлены в % энтропии. Сокращение: rs — эталонный однонуклеотидный полиморфизм.

Fig. 4. Gene-gene and gene-environment interactions of polymorphic loci of the analyzed genes in chronic apical periodontitis

Notes: The figure is made by the author. Interactions between candidate genes and the presence of chronic apical periodontitis (Disease) are marked by different color lines: blue stands for pronounced synergism; green represents moderate synergism; orange denotes pronounced antagonism; red moderate antagonism; brown additive interaction. Force and direction of interactions are represented in entropy ratios (%). Abbreviation: rs — reference single nucleotide polymorphism.

значимые ассоциации и взаимодействия были описаны в предыдущем разделе.

### ОБСУЖДЕНИЕ

#### Резюме основного результата исследования

Исследование выявило значимые межгенные взаимодействия, связанные с развитием хронического апикального периодонтита (ХАП), с использованием MDR-анализа. Трехлокусная модель IL-1 $\beta$ ×TNF- $\alpha$ ×MMP-9 показала наибольшую прогностическую ценность (сбалансированная точность 79,8%, перекрестная проверка 10/10), подчеркивая синергию воспалительных цитокинов и протеолитических процессов. Анализ равновесия Харди — Вайнберга выявил отклонения для CYP1A2 и TP53 в группе ХАП, указывающие на влияние средовых факторов. Граф Фрюхтермана — Рейнгольда подтвердил сильное взаи-

модействие между IL-1 $\beta$  и TNF- $\alpha$ , тогда как COL1A1 демонстрировал умеренную связь. Полученные данные свидетельствуют о мультигенной природе предрасположенности к ХАП и открывают возможности для персонализированной диагностики и терапии, учитывающей комбинированный эффект генов.

### Ограничения исследования

В исследовании анализировался лишь определенный набор однонуклеотидных полиморфизмов, выбранных на основе предыдущих знаний. Это означает, что исследование не охватывает все генетические варианты, которые могут влиять на риск возникновения ХАП. Относительно небольшой размер выборки может ограничить статистическую мощность исследования и затруднить выявление слабых ассоциаций. Хотя метод MDR выявляет важные комбинации SNP, понимание биологических механизмов, лежащих в основе этих взаимодействий, может быть сложным.

### Интерпретация результатов исследования

Полученные данные демонстрируют мультигенную природу наследственной предрасположенности к хроническому апикальному периодонтиту (ХАП), где ключевую роль играют не отдельные полиморфизмы, а их комбинированное действие. Наиболее информативной моделью стал трехлокусный вариант IL-1 $\beta$ ×TNF- $\alpha$ ×MMP-9, характеризующийся идеальной перекрестной проверкой (10/10) и высокой сбалансированной точностью (79,8%). Этот результат подчеркивает синергию провоспалительных цитокинов (IL-1 $\beta$ , TNF- $\alpha$ ) и протеолитического фермента MMP-9, участвующих в деструкции внеклеточного матрикса и периапикальной кости. Такая комбинация согласуется с данными литературы, где аналогичные взаимодействия описаны при воспалительных заболеваниях пародонта [2, 5, 7].

Анализ равновесия Харди — Вайнберга (HWE) показал стабильность генетического фона в контрольной группе, что подтверждает репрезентативность выборки. В группе ХАП отклонения наблюдались для полиморфизмов CYP1A2 (*rs2069522*) и TP53 (*rs17884159*) ( $p < 0,001$ ), что может быть связано с влиянием воспалительного процесса или экзогенных факторов, модифицирующих метаболизм ксенобиотиков [2, 4]. Эти наблюдения перекликаются с исследованиями, где отклонения от HWE в основной группе указывали на ген-средовые взаимодействия при перинатальных осложнениях гестационного сахарного диабета [13].

Подобные эффекты ранее описывались при анализе генов, связанных с перинатальными осложнениями, что подчеркивает общие механизмы ген-средовых взаимодействий при мультифакторных патологиях [1, 6, 17].

Граф Фрехтермана — Рейнгольда позволил визуализировать силу межгенных взаимодействий. Самые толстые линии (синий цвет) соответствовали выраженному синергизму между IL-1 $\beta$  и TNF- $\alpha$ , что согласуется с их ролью в запуске воспалительной реакции. Зеленые линии (умеренный синергизм) связывали TNF- $\alpha$  с MMP-9, усиливая деструкцию тканей, тогда как оранжевые (антагонизм) от-

ражали противовоспалительное действие IL-10, ограничивающее чрезмерную активацию TNF- $\alpha$ . Коричневые линии (аддитивное взаимодействие) касались генов структурных белков, таких как COL1A1, что коррелирует с их меньшим влиянием на воспалительный процесс по сравнению с цитокинами. Визуализация подтверждает, что синергия между IL-1 $\beta$  и TNF- $\alpha$  является критической для патогенеза ХАП, что согласуется с данными других исследований, демонстрирующих аналогичные закономерности при воспалительных заболеваниях пародонта [3, 8, 18].

Трехлокусная модель IL-1 $\beta$ ×TNF- $\alpha$ ×MMP-9 превосходит двух- и четырехлокусные варианты по всем метрикам (чувствительность 79,8%, специфичность 84,4%), что делает ее предпочтительной для клинического применения. Ее эффективность сопоставима с трехлокусной моделью ESR1×FSHR×CYP19A1, разработанной в исследовании для прогнозирования снижения овариального резерва [11].

Это свидетельствует об универсальности MDR-анализа в выявлении эпистатических эффектов при сложных заболеваниях [6, 19]. Четырехлокусная модель (IL-1 $\beta$ ×TNF- $\alpha$ ×MMP-9×COL1A1) продемонстрировала снижение прогностической ценности (сбалансированная точность 71,4%), вероятно, из-за меньшего вклада COL1A1, ответственного за структурную целостность коллагена I типа, в воспалительный ответ по сравнению с активацией цитокинов и металлопротеиназ [10, 11]. Подобная тенденция наблюдалась в работе, где добавление генов регуляторов ангиогенеза (VEGF-A, eNOS) в модель PPAR $\gamma$ ×eNOS×TCF7L2 повысило чувствительность, но усложнило интерпретацию [5].

Особого внимания заслуживает парадоксальный эффект снижения активности MMP-9, который теоретически должен замедлять резорбцию кости, но в реальности способствует накоплению поврежденных белков и усугублению воспаления [1, 4, 20]. Эта закономерность перекликается с наблюдениями, где снижение протеолитической активности ассоциировалось с повышенным риском аутоиммунных реакций [10].

Практическая значимость исследования заключается в возможности создания персонализированных алгоритмов диагностики и терапии ХАП. Генетический скрининг, включающий комбинации SNP (например, IL-1 $\beta$ ×TNF- $\alpha$ ), позволит заранее выявлять пациентов с высоким риском, как это уже применяется в репродуктивной медицине для прогнозирования перинатальных осложнений. Интеграция таких данных в клиническую практику может улучшить исходы лечения за счет раннего вмешательства и коррекции факторов риска, например метаболизма ксенобиотиков (CYP1A2) или апоптоза (TP53) [1, 5].

Полученные результаты открывают перспективы для внедрения MDR-анализа в стоматологическую практику, обеспечивая переход от массового подхода к персонализированной медицине. Дальнейшие исследования должны быть направлены на уточнение роли COL1A1 и TP53 в ремоделировании тканей, а также на интеграцию средовых факторов в прогностические модели, чтобы повысить их клиническую релевантность. Полученные данные подтвер-

ждают, что ХАП развивается вследствие сложных ген-генных и ген-средовых взаимодействий, недоступных для анализа классическими методами, и открывают новые пути для управления этой патологией [2, 3, 18, 20].

Клиническая значимость трехлокусной модели IL-1 $\beta$ ×TNF- $\alpha$ ×MMP-9 заключается в ее способности учитывать не только воспалительные, но и деструктивные процессы, что особенно важно при планировании комплексного лечения ХАП. Интеграция таких данных в стоматологическую практику может улучшить прогнозирование течения ХАП, оптимизировать терапевтические схемы и снизить риск развития тяжелых форм заболевания. Полученные результаты согласуются с современными тенденциями в биомедицинских исследованиях, где акцент делается на персонализированный подход, учитывающий

комбинированный эффект генов и средовых факторов [1, 3, 16, 18].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, исследование подтверждает, что ХАП развивается вследствие сложных ген-генных и ген-средовых взаимодействий, недоступных для анализа классическими методами. Полученные данные открывают перспективы для внедрения MDR-анализа в стоматологическую практику, обеспечивая переход от массового подхода к персонализированной медицине. Интеграция таких моделей в клиническую практику может улучшить исходы лечения за счет раннего выявления пациентов с высоким риском развития хронического воспаления и коррекции факторов риска, таких как метаболизм ксенобиотиков (CYP1A2) или апоптоз (TP53).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

- Inchingolo F, Martelli FS, Gargiulo Isacco C, Borsani E, Cantore S, Corcioli F, Boddi A, Nguyễn KCD, De Vito D, Aityan SK, Pham VH, Dipalma G, Ballini A. Chronic Periodontitis and Immunity, Towards the Implementation of a Personalized Medicine: A Translational Research on Gene Single Nucleotide Polymorphisms (SNPs) Linked to Chronic Oral Dysbiosis in 96 Caucasian Patients. *Biomedicines*. 2020;8(5):115. <https://doi.org/10.3390/biomedicines8050115>
- Liu X, Li H. A Systematic Review and Meta-Analysis on Multiple Cytokine Gene Polymorphisms in the Pathogenesis of Periodontitis. *Front Immunol*. 2022;12:713198. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2021.713198>
- Heidari Z, Moudi B, Mahmoudzadeh-Sagheb H. Immunomodulatory factors gene polymorphisms in chronic periodontitis: an overview. *BMC Oral Health*. 2019;19:29. <https://doi.org/10.1186/s12903-019-0715-7>
- Руденкова Т.В., Костюк С.А., Полуян О.С., Юдина Н.А., Яковлева-Малых М.О. Оптимизация молекулярно-биологического анализа для идентификации нуклеотидных последовательностей генетических детерминант IL-1 $\beta$ , COL2A1, MMP-8 у пациентов с заболеваниями пародонта. *Современная стоматология*. 2020;3:54–59. Rudenkova T, Kostyuk S, Poluyan O, Yudina N, Iakovleva-Malykh M. Optimization of molecular biological analysis to identify the nucleotide sequences of the genetic determinants of IL-1 $\beta$ , COL2A1, MMP-8 in patients with periodontal diseases. *Sovremennaya Stomatologiya*. 2020;3:54–59 (In Russ.).
- Kriauciunas A, Zekonis G, Liutkeviciene R. Periodontitis association with IL-8 gene polymorphisms. *Biomed Pap Med Fac Univ Palacky Olomouc Czech Repub*. 2022;166(1):28–39. <https://doi.org/10.5507/bp.2021.066>
- Falatah AM, Alturki SA, Aldahami AI, Alrashidi NA, Sinnah Y, Aldgeel RM, Alanazi KZ, Alkhaled AS, Aljuaid TS, Alotaibi NH, Altwijri WJ. Exploring the Influence of Genetic Single-Nucleotide Polymorphism (SNPs) on Endodontic Pathologies: A Comprehensive Review. *Cureus*. 2024;16(11):e74389. <https://doi.org/10.7759/cureus.74389>
- Saremi L, Esmaili S, Ghaffari ME, Shahbazi S, Lotfipannah S, Kadkhodazadeh M. Evaluation of matrix metalloproteinase-1, -2, -3, -7, and -13 gene polymorphisms in patients with chronic periodontitis and healthy controls. *Clin Oral Investig*. 2023;27(12):7417–7423. <https://doi.org/10.1007/s00784-023-05331-5>
- Юдина Н.А., Яковлева-Малых М.О., Костюк С.А., Руденкова Т.В. Микробный фактор, генетическая предрасположенность и новая классификация заболеваний пародонта. *Современная стоматология*. 2021;1:43–50. Yudina N, Iakovleva-Malykh M, Kostyuk S, Rudenkova T. Microbial factor, genetic predisposition and a new classification of periodontal diseases. *Sovremennaya stomatologiya*. 2021;1:43–50 (In Russ.).
- da Silva FRP, Pessoa LDS, Shin JI, Alves EHP, Koga RS, Smith CV, Vasconcelos DFP, Pereira ACTDC. Polymorphisms in the interleukin genes and chronic periodontitis: A field synopsis and reevaluation by Bayesian approaches. *Cytokine*. 2021;138:155361. <https://doi.org/10.1016/j.cyt.2020.155361>
- Brodzikowska A, Górski B. Polymorphisms in Genes Involved in Inflammation and Periodontitis: A Narrative Review. *Biomolecules*. 2022;12(4):552. <https://doi.org/10.3390/biom12040552>
- Тихомирова Е.А. Генетические предикторы развития пародонтита: проблемы и перспективы (обзор литературы). *Пародонтология*. 2022;27(1):32–60. <https://doi.org/10.33925/1683-3759-2022-27-1-32-59> Tikhomirova EA. Genetic predictors of periodontitis development: problems and prospects (a literature review). *Parodontologiya*. 2022;27(1):32–60 (In Russ.). <https://doi.org/10.33925/1683-3759-2022-27-1-32-59>
- Казеко Л.А., Бенеш Ю.Д. Матриксные металлопротеиназы как потенциальный диагностический маркер воспалительных и неопластических процессов в полости рта. *Современная стоматология*. 2019;2:17–20. Kazeko L, Benesh J. Matrix metalloproteinases as a potential diagnostic marker of inflammatory and neoplastic processes in the oral cavity. *Sovremennaya stomatologiya*. 2019;2:17–20 (In Russ.).
- Chatterjee S, Rajasekar A. Association Analysis of MMP-13 (rs2252070) Gene Polymorphism and the Susceptibility to Chronic Periodontitis. *Cureus*. 2024;16(4):e57426. <https://doi.org/10.7759/cureus.57426>
- Alotaibi DH, Altalhi AM, Sambawa ZM, Koppolu P, Alsinaidi AA, Krishnan P. The association of matrix metalloproteinase gene polymorphisms and periodontitis: an overview. *J Pharm Bioallied Sci*. 2020;12(Suppl 1):S37–S42. [https://doi.org/10.4103/jpbs.JPBS\\_136\\_20](https://doi.org/10.4103/jpbs.JPBS_136_20)
- Loka AM, Ponnaiyan D, Parthasarathy H, Tadepalli A, Victor DJ. Association of the CASP3 rs4647602 Gene Polymorphism with Periodontitis in South Indians of Tamil Ethnicity. *Genet Test Mol Biomarkers*. 2022;26(7-8):391–397. <https://doi.org/10.1089/gtmb.2020.0334>
- Sarfaraz D, Karimian M, Farmohammadi A, Yaghini J. The -592C>A variation of IL-10 gene and susceptibility to chronic periodontitis: A genetic association study and in-silico analysis. *J Oral Biosci*. 2021;63(4):378–387. <https://doi.org/10.1016/j.job.2021.09.005>
- Abasijiang A, Lin J, Ma T, Zhao J. Evaluation of the Genetic Association and Methylation of Immune Response Pathway Genes with the Risk of Chronic Periodontitis in the Uighur Population. *Genet Test Mol Biomarkers*. 2021;25(5):317–324. <https://doi.org/10.1089/gtmb.2020.0334>
- Lee CY, Chang CH, Teng NC, Chang HM, Huang WT, Huang YK. Associations between the phenotype and genotype of MnSOD and catalase in periodontal disease. *BMC Oral Health*. 2019;19(1):201. <https://doi.org/10.1186/s12903-019-0877-3>
- Peteian IBF, Silva-Sousa AC, Marañón-Vásquez GA, Paula-Silva FWG, Küchler EC, Antunes LS, Segato RAB, da Silva LAB, Mazzi-Chaves JF, Lopes-Olhê FC, Sousa-Neto MD. Interaction between polymorphisms in TNF- $\alpha$  and RANKL genes is associated with the development of persistent apical periodontitis, in Brazilian subjects. *Arch Oral Biol*. 2025;169:106106. <https://doi.org/10.1016/j.archoralbio.2024.106106>
- Majumder P, Panda SK, Ghosh S, Dey SK. Interleukin gene polymorphisms in chronic periodontitis: A case-control study in the Indian population. *Arch Oral Biol*. 2019;101:156–164. <https://doi.org/10.1016/j.archoralbio.2019.03.015>

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ**

**Багрянцева Наталья Владимировна** — кандидат медицинских наук, доцент кафедры клинической стоматологии и челюстно-лицевой хирургии № 1 федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ярославский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

<https://orcid.org/0009-0008-9627-8184>

**INFORMATION ABOUT THE AUTHOR**

**Natalya V. Bagryantseva** — Dr. Sci. (Med.), Assoc. Prof., Department of Clinical Dentistry and Maxillofacial surgery No 1, Yaroslavl State Medical University.

<https://orcid.org/0009-0008-9627-8184>

<https://doi.org/10.25207/1608-6228-2025-32-5-32-46>

УДК: 616.314:57.089.67



## Совершенствование метода одномоментной дентальной имплантации в эстетической зоне верхней челюсти при атрофии альвеолярной кости: стратифицированное клиническое исследование

Ф.Ф. Лосев<sup>1,2</sup>, Т.В. Брайловская<sup>1,2</sup>✉, А.З. Абаев<sup>1</sup>, С.С. Троицкий<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Федеральное государственное бюджетное учреждение Национальный медицинский исследовательский центр «Центральный научно-исследовательский институт стоматологии и челюстно-лицевой хирургии» Министерства здравоохранения Российской Федерации, ул. Тимура Фрунзе, д. 16, г. Москва, 119021, Россия

<sup>2</sup> Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет), ул. Трубецкая, д. 8, стр. 2, г. Москва, 119048, Россия

### АННОТАЦИЯ

**Введение.** Современная дентальная имплантология требует не только высокого уровня хирургической техники, но и понимания закономерностей регенерации тканей после одномоментной имплантации. Особое значение имеет сохранность вестибулярной стенки альвеолы и ее влияние на морфометрические параметры слизистой оболочки, ширину альвеолярного гребня и глубину преддверия полости рта. Данное исследование направлено на оценку клинической динамики этих показателей у пациентов с различными исходными условиями. **Цель исследования:** провести сравнительный анализ изменений параметров слизистой оболочки, альвеолярного гребня и вестибулярной стенки после одномоментной имплантации у пациентов с различным состоянием вестибулярной стенки. **Методы.** В стратифицированное клиническое исследование включены 80 пациентов, которые обратились в период с января 2020 по январь 2024 года в федеральное государственное бюджетное учреждение Национальный медицинский исследовательский центр «Центральный научно-исследовательский институт стоматологии и челюстно-лицевой хирургии» Министерства здравоохранения Российской Федерации с различными клиническими диагнозами для проведения дентальной имплантации во фронтальном отделе верхней челюсти. Перед проведением вмешательства по степени повреждения вестибулярной стенки и в зависимости от тактики проведения процедуры дентальной имплантации пациенты были разделены на три группы по 20 человек в каждой: группа I — лунки с неповрежденной вестибулярной стенкой, проведена классическая одномоментная дентальная имплантация без костной пластики, с использованием соединительнотканного аутоотрансплантата; группа II — лунки с повреждением вестибулярной стенки до 1/3 длины, выполнена дентальная имплантация с костной пластикой и использованием соединительнотканного аутоотрансплантата; группа III — лунки с повреждением более 1/3 длины, также проведена дентальная имплантация с костной пластикой и регенеративными материалами. В контрольную группу (группа IV) входило 20 пациентов, у которых удаление зубов выполнено за 5–6 месяцев до дентальной имплантации. Осуществлялась оценка толщины слизистой оболочки, ширины альвеолярного гребня, расстояний от шейки и тела имплантата до вестибулярной стенки, а также глубины преддверия полости рта до операции, сразу после вмешательства, через 1, 4, 6 и 12 месяцев. Статистическая обработка данных включала расчет средних значений и оценку достоверности различий. Считали статистически значимые различия при  $p \leq 0,05$ . **Результаты.** У пациентов группы I исходные клинические условия были наилучшими: толщина слизистой оболочки —  $1,53 \pm 0,11$  мм, ширина альвеолярного гребня —  $9,80 \pm 0,13$  мм. Однако через 12 месяцев отмечено снижение ширины альвеолярного гребня на 11,0% ( $p < 0,001$ ). В группе II (дефект  $< 1/3$ ) наблюдалось наибольшее увеличение толщины слизистой оболочки (+65,2%) ( $p < 0,001$ ) и улучшение параметра «ширина альвеолярного гребня» в сторону увеличения на (+8,9%) через 12 месяцев ( $p < 0,001$ ). В группе III (дефект  $> 1/3$ ) также отмечалась положительная динамика толщины слизистой оболочки с увеличением на +58,9% и ширины гребня с увеличением на +12,2% (для каждого из показателей  $p < 0,001$ ). В контрольной группе IV наблюдалось снижение всех показателей: толщина слизистой оболочки — с 1,41 до 1,10 мм, ширина альвеолярного гребня — с 6,16 до 4,34 мм, глубина преддверия полости рта — с 6,4 до 4,8 мм, для всех случаев отличия статистически значимы ( $p < 0,001$ ). **Заключение.** Наилучшие исходные клинические параметры отмечены в I группе, однако наиболее выраженные положительные изменения получены у пациентов II группы при применении методик костной регенерации. Это подтверждает высокую эффективность одномоментной имплантации в сочетании с пластикой при дефектах вестибулярной стенки менее 1/3. Результаты демонстрируют, что исходные клинические условия пациентов существенно влияют на результаты послеоперационного периода, что подчеркивает необходимость комплексной оценки состояния тканей на этапе планирования лечения.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** дентальная имплантация, костная регенерация, вестибулярная стенка лунки, альвеолярная костная ткань, толщина слизистой оболочки

**ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:** Лосев Ф.Ф., Брайловская Т.В., Абаев А.З., Троицкий С.С. Совершенствование метода одномоментной дентальной имплантации в эстетической зоне верхней челюсти при атрофии альвеолярной кости: стратифицированное клиническое исследование. *Кубанский научный медицинский вестник*. 2025;32(5):32–46. <https://doi.org/10.25207/1608-6228-2025-32-5-32-46>

**ИСТОЧНИКИ ФИНАНСИРОВАНИЯ:** авторы заявляют об отсутствии спонсорской поддержки при проведении исследования.

© Лосев Ф.Ф., Брайловская Т.В., Абаев А.З., Троицкий С.С., 2025

**КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ:** авторам неизвестно о каком-либо потенциальном конфликте интересов, связанном с этой рукописью. **ДЕКЛАРАЦИЯ О НАЛИЧИИ ДАННЫХ:** данные, подтверждающие выводы этого исследования, можно получить у контактного автора по обоснованному запросу. Данные и статистические методы, представленные в статье, прошли статистическое рецензирование редактором журнала — сертифицированным специалистом по биостатистике.

**СООТВЕТСТВИЕ ПРИНЦИПАМ ЭТИКИ:** этическая экспертиза протокола исследования не проводилась. Соответствие выполненного исследования этическим принципам было подтверждено Независимым этическим комитетом федерального государственного бюджетного учреждения Национальный медицинский исследовательский центр «Центральный научно-исследовательский институт стоматологии и челюстно-лицевой хирургии» Министерства здравоохранения Российской Федерации (ул. Тимура Фрунзе, д. 16, г. Москва, 119021, Россия), протокол № 2/24 от 19.12.2024.

**ВКЛАД АВТОРОВ:** Ф. Ф. Лосев, Т. В. Брайловская, А. З. Абаев, С. С. Троицкий — разработка концепции и дизайна исследования; А. З. Абаев, С. С. Троицкий — сбор данных; Ф. Ф. Лосев, Т. В. Брайловская — анализ и интерпретация результатов; А. З. Абаев, С. С. Троицкий — обзор литературы, проведение статистического анализа; Т. В. Брайловская, А. З. Абаев, С. С. Троицкий — составление черновика рукописи и формирование его окончательного варианта; Ф. Ф. Лосев — критический пересмотр черновика рукописи с внесением ценного замечания интеллектуального содержания. 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), выразили согласие нести ответственность за все аспекты работы, подразумевающую надлежащее изучение и решение вопросов, связанных с точностью и добросовестностью любой части работы.

✉ **КОРРЕСПОНДИРУЮЩИЙ АВТОР:** Брайловская Татьяна Владиславовна, доктор медицинских наук, профессор, врач — стоматолог-хирург, руководитель управления образовательной деятельности отделения клинической и экспериментальной имплантологии федерального государственного бюджетного учреждения Национальный медицинский исследовательский центр «Центральный научно-исследовательский институт стоматологии и челюстно-лицевой хирургии» Министерства здравоохранения Российской Федерации; профессор кафедры стоматологии федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Первый Московский государственный медицинский университет имени И. М. Сеченова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет). Адрес: ул. Тимура Фрунзе, д. 16, г. Москва, 119021, Россия. E-mail: brailovsktv@mail.ru

Получена: 11.03.2025 / Получена после доработки: 27.08.2025 / Принята к публикации: 19.09.2025

## Refinement of the immediate dental implantation method in the maxillary aesthetic zone in cases of alveolar bone atrophy: A stratified clinical study

*Fedor F. Losev<sup>1,2</sup>, Tatiana V. Brailovskaya<sup>1,2</sup>✉, Alan Z. Abaev<sup>1</sup>, Sergey S. Troitsky<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> National Medical Research Center “Central Research Institute of Dentistry and Maxillofacial Surgery,” Timur Frunze str., 16, Moscow, 119021, Russia

<sup>2</sup> I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Trubetskaya str., 8, bld. 2, Moscow, 119048, Russia

### ABSTRACT

**Background.** Advanced dental implantology requires not only a high level of surgical skill, but also comprehension on the patterns of tissue regeneration following immediate implantation. Particular emphasis should be placed on preserving the vestibular wall of the alveolus, as it affects the morphometric parameters of the mucous membrane, the width of the alveolar ridge, and the depth of the oral vestibule. This study aims to evaluate the clinical dynamics of these parameters in patients with different initial conditions. **Objective.** To conduct a comparative analysis of changes in the parameters of the mucous membrane, alveolar ridge, and vestibular wall after immediate implantation in patients with different vestibular wall conditions. **Methods.** A stratified clinical study included 80 patients who applied between January 2020 and January 2024 to the National Medical Research Center “Central Research Institute of Dentistry and Maxillofacial Surgery” with various clinical diagnoses for dental implantation in the maxillary anterior region. The patients were divided into three groups of 20 people each based on the degree of damage to the vestibular wall and the tactics used for dental implantation: Group I — sockets with an intact vestibular wall, conventional immediate dental implantation without bone grafting, using a connective tissue autograft; Group II — sockets with damage to the vestibular wall up to 1/3 of the length, dental implantation with bone grafting and the use of connective tissue autograft; Group III — sockets with damage to more than 1/3 of the length, dental implantation with bone grafting and regenerative materials was also performed. The control group (Group IV) included 20 patients who had teeth extracted 5–6 months prior to dental implantation. Assessments were made of the thickness of the mucous membrane, the width of the alveolar ridge, the distances from the neck and body of the implant to the vestibular wall, and the depth of the oral cavity vestibule before surgery, immediately after surgery, and at 1, 4, 6, and 12 months. Statistical data processing included calculating average values and assessing the reliability of differences. Differences were considered statistically significant at  $p \leq 0.05$ . **Results.** Patients in Group I had the optimal initial clinical conditions, with a mucosal thickness of  $1.53 \pm 0.11$  mm and an alveolar ridge width of  $9.80 \pm 0.13$  mm. However, after 12 months, a decrease in alveolar ridge width by 11.0% ( $p < 0.001$ ) was observed. Group II (defect  $< 1/3$ ) showed the highest increase in mucosal thickness (+65.2%) ( $p < 0.001$ ) and improvement in the alveolar ridge width parameter (+8.9%) after 12 months ( $p < 0.001$ ). Similarly, Group III (defect  $> 1/3$ ) showed positive dynamics in mucosal thickness, with an increase of +58.9%, and alveolar ridge width, with an increase of +12.2% (for each indicator,  $p < 0.001$ ). Meanwhile, the control Group IV exhibited a decrease in all indicators: mucosal thickness decreased from 1.41 to 1.10 mm, alveolar ridge width decreased from 6.16 to 4.34 mm, and oral cavity depth decreased from 6.4 to 4.8 mm. All differences were statistically

significant ( $p < 0.001$ ). **Conclusion.** While the most favorable initial clinical parameters were observed in Group I, the most pronounced positive changes were achieved in Group II patients using bone regeneration techniques. These data confirm the high effectiveness of immediate implantation combined with plastic surgery for defects of the vestibular wall less than 1/3. Furthermore, the considerable impact of the initial clinical condition of patients on postoperative outcomes has been demonstrated, which emphasizes the relevance of a comprehensive assessment of tissue condition on the stage of treatment planning.

**KEYWORDS:** dental implantation, bone regeneration, vestibular wall of the socket, alveolar bone tissue, mucosal thickness

**FOR CITATION:** Losev F.F., Brailovskaya T.V., Abaev A.Z., Troitsky S.S. Refinement of the immediate dental implantation method in the maxillary aesthetic zone in cases of alveolar bone atrophy: A stratified clinical study. *Kuban Scientific Medical Bulletin*. 2025;32(5):32–46. <https://doi.org/10.25207/1608-6228-2025-32-5-32-46>

**FUNDING:** The authors declare that no funding was received for this study.

**CONFLICT OF INTEREST:** The authors declare no conflict of interest.

**DATA AVAILABILITY STATEMENT:** Data supporting the findings of this study are available from the corresponding author upon reasonable request. The data and statistical methods presented in the paper have been statistically reviewed by the journal editor, a certified biostatistician.

**COMPLIANCE WITH ETHICAL STANDARDS:** No ethical review of the study protocol was conducted. The compliance of the study with ethical principles was confirmed by the Independent Ethics Committee of the National Medical Research Center “Central Research Institute of Dentistry and Maxillofacial Surgery” (Timur Frunze str., 16, Moscow, 119021, Russia), Minutes No. 2/24 of December 19, 2024.

**AUTHOR CONTRIBUTIONS:** F.F. Losev, T.V. Brailovskaya, A.Z. Abaev, S.S. Troitsky — concept statement and study design; A.Z. Abaev, S.S. Troitsky — data collection; F.F. Losev, T.V. Brailovskaya — analysis and interpretation of the results; A.Z. Abaev, S.S. Troitsky — literature review and statistical analysis; T.V. Brailovskaya, A.Z. Abaev, S.S. Troitsky — drafting of the manuscript and preparation of its final version; F.F. Losev — critical review of the manuscript with introduction of valuable intellectual content. All authors confirm that their authorship meets the ICMJE international criteria (all authors have made substantial contributions to the conception, research and preparation of the paper, and have read and approved the final version before publication), have agreed to be responsible for all aspects of the work, which implies proper study and resolution of issues related to the accuracy and integrity of any part of the work.

✉ **CORRESPONDING AUTHOR:** Tatiana V. Brailovskaya, Dr. Sci. (Med.), Professor, Dental Surgeon, Head of Educational Activities Department, Division of Clinical and Experimental Implantology, National Medical Research Center “Central Research Institute of Dentistry and Maxillofacial Surgery”; Professor at the Department of Dentistry, E.V. Borovsky Institute of Dentistry, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University). Address: Timur Frunze str., 16, Moscow, 119021, Russia. E-mail: brailovsktv@mail.ru

**Received:** 11.03.2025 / **Revised:** 27.08.2025 / **Accepted:** 19.09.2025

## ВВЕДЕНИЕ

На современном этапе развития дентальной имплантации в центре внимания находится одномоментная дентальная имплантация с немедленной нагрузкой, которая обладает существенными преимуществами перед традиционными двухэтапными методиками [1–3]. Данный подход позволяет не только сократить сроки лечения и количество хирургических вмешательств, но и способствует сохранению объема альвеолярной кости и архитектоники мягких тканей после удаления зуба, что является критически важным для достижения предсказуемого эстетического результата в зоне улыбки [4–6].

Однако, как показывают данные современной литературы, успех одномоментной имплантации в эстетически значимой области верхней челюсти напрямую зависит от целого ряда анатомических факторов, ключевым из которых является состояние вестибулярной костной стенки лунки удаленного зуба. Многочисленные исследования подтверждают, что толщина вестибулярной стенки в переднем отделе верхней челюсти в среднем составляет около 0,6 мм и часто является тонкой (менее 1 мм) [7–10]. Эта кость, состоящая преимущественно из пучковой кости с шарпеевскими волокнами, подвержена быстрой и необратимой резорбции после экстракции зуба [11], что зачастую приводит к выраженной атрофии альвеолярного гребня.

Существующие протоколы одномоментной имплантации в большинстве своем рассчитаны на установку имплантата в лунку с неповрежденными стенками альвеолы.

Однако в клинической практике, особенно после травматичного удаления или на фоне воспалительных процессов, вестибулярная костная стенка нередко оказывается дефектной или полностью отсутствует. Это создает значительные трудности для позиционирования имплантата и достижения его первичной стабильности, а также многократно увеличивает риск таких эстетических осложнений, как рецессия десны [1, 12–15], особенно у пациентов с тонким биотипом мягких тканей [16, 17].

В подобных ситуациях стандартные методики оказываются неэффективными и требуют применения сложных методов направленной костной регенерации (НКР) и пластики мягких тканей [18–20]. Несмотря на активное развитие хирургических протоколов и регенеративных материалов, отсутствует унифицированный алгоритм действий при сочетании одномоментной имплантации с одновременной аугментацией обширных дефектов вестибулярной костной пластинки.

Таким образом, в настоящее время существует насущная потребность в разработке и научном обосновании усовершенствованного метода одномоментной дентальной имплантации, предназначенного для применения в эстетической зоне верхней челюсти в условиях дефицита альвеолярной кости, вызванного дефектом вестибулярной стенки. Разработка такого метода, включающего надежные способы стабилизации костнопластического материала, создания контура мягких тканей и обеспечения первичной стабильности имплантата, позволит минимизировать

вероятность возникновения эстетических и функциональных осложнений, стандартизировать подход к сложным клиническим случаям и в конечном счете повысить предсказуемость и долгосрочный успех лечения, что и определило актуальность настоящего исследования.

**Цель исследования** — провести сравнительный анализ изменений параметров слизистой оболочки, альвеолярного гребня и вестибулярной стенки после одномоментной имплантации у пациентов с различным состоянием вестибулярной стенки.

## МЕТОДЫ

### Дизайн исследования

В стратифицированное клиническое исследование включены 80 пациентов, которые обратились в федеральное государственное бюджетное учреждение Национальный медицинский исследовательский центр «Центральный научно-исследовательский институт стоматологии и челюстно-лицевой хирургии» Министерства здравоохранения Российской Федерации (ФГБУ НМИЦ «ЦНИИСиЧЛХ» Минздрава России) или направленные из других медицинских учреждений стоматологического профиля с различными клиническими диагнозами для проведения дентальной имплантации во фронтальном отделе верхней челюсти.

### Условия проведения исследования

Обследование и хирургическое лечение пациентов выполнялись на базе ФГБУ НМИЦ «ЦНИИСиЧЛХ» Минздрава России. Период проведения исследования: с января 2020 по январь 2024 г. Последующее наблюдение за пациентами осуществлялось в течение 12 месяцев с контрольными осмотрами до операции, сразу после нее, а также через 1, 4, 6 и 12 месяцев.

### Критерии соответствия

#### Критерии включения

Пациенты мужского и женского пола старше 18 лет; необходимость дентальной имплантации во фронтальном отделе верхней челюсти; отсутствие тяжелых общесоматических заболеваний; подписанное информированное согласие на медицинское вмешательство и обработку персональных данных.

#### Критерии невключения

Наличие в анамнезе диабета 1-го типа, психических расстройств; аллергические реакции на используемые материалы; наличие вредных привычек.

#### Критерии исключения

Несоблюдение рекомендаций исследователя; пациенты с декомпенсированной формой хронических заболеваний; отказ от продолжения лечения; непредвиденные осложнения, нарушающие целостность исследования.

### Описание критериев соответствия (диагностические критерии)

Выбирая пациентов для немедленной имплантации, придерживались тех же принципов, что и при традицион-

ной отложенной имплантации: межкоронковое пространство — 6 мм; буккально-лингвальный размер кости — 6 мм; минимальная «длина» — 6 мм; межжюккюзюонное расстояние должно составлять 6 мм, чтобы можно было установить идеальные компоненты и протезы без функциональных или эстетических нарушений; имплантаты должны быть установлены в определенном положении относительно мягких тканей в области десневого зенита, в частности граница между имплантатом и абатментом должна располагаться на 3 мм выше и на 2 мм ближе к небу, чем десневой зенит планируемой коронки. Эти рекомендации могут обеспечить клинически воспроизводимый успех при установке одного имплантата, эстетичный вид и стабильность [21].

Обязательна компьютерная томография, должны быть соблюдены следующие рентгенологические критерии: неповрежденная или минимально поврежденная вестибулярная кость, наличие достаточного количества костной ткани для обеспечения первичной стабильности в идеальном трехмерном положении, здоровые соседние зубы. Минимально травматичное удаление зуба без отслаивания десны, при этом следует приложить все усилия для сохранения целостности кости и мягких тканей.

### Подбор участников в группы

Образованы три группы сравнения по 20 пациентов и контрольная группа. В контрольную группу входили 20 пациентов, у которых удаление зубов выполнено за 5–6 месяцев до дентальной имплантации. В сравниваемых группах использовался протокол одномоментной дентальной имплантации с учетом наличия или отсутствия повреждений вестибулярной стенки лунки [22].

По степени повреждения вестибулярной стенки пациенты разделены на три группы по 20 человек в каждой: группа I — лунки с неповрежденной вестибулярной стенкой, проведена классическая одномоментная дентальная имплантация без костной пластики с использованием соединительнотканного аутоотрансплантата; группа II — лунки с повреждением вестибулярной стенки до 1/3 длины, выполнена дентальная имплантация с костной пластикой и использованием соединительнотканного аутоотрансплантата; группа III — лунки с повреждением более 1/3 длины, также проведена дентальная имплантация с костной пластикой и регенеративными материалами. Группа IV — контрольная группа.

В I группе пациентов при наличии интактной вестибулярной стенки проводилась одномоментная имплантация по традиционному протоколу, но с использованием комбинированного аутоотрансплантата (по разработанному методу, патент RU 2845321 C1)<sup>1</sup>. Для II и III групп пациентов разработан следующий хирургический протокол: одномоментная дентальная имплантация с одномоментной пластикой десны в области имплантата с вестибулярной стороны с помощью мягкотканого аутоотрансплантата — соединитель-

<sup>1</sup> Патент № 2845321 C1 Российская Федерация, МПК А61С 8/00, А61В 17/00. Способ одномоментной дентальной имплантации с профилактикой дефицита прикрепленной десны и рубцовых деформаций: заявл. 16.04.2025, опубл. 15.08.2025/Ф. Ф. Лосев, Т. В. Брайловская, А. З. Абаев, С. С. Троицкий; заявитель федеральное государственное бюджетное учреждение Национальный медицинский исследовательский центр «Центральный научно-исследовательский институт стоматологии и челюстно-лицевой хирургии» Министерства здравоохранения Российской Федерации. EDN: AXZWME

нотканного и с костнопластическим материалом (по разработанному методу, патент RU 2845322 C1)<sup>2</sup>.

### Целевые показатели исследования

#### Основной показатель исследования

Основным исходом являлась оценка клинической эффективности одномоментной дентальной имплантации по степени сохранности тканей альвеолярной кости и мягких тканей и стабильности дентальных имплантатов в эстетической зоне верхней челюсти в зависимости от состояния вестибулярной стенки лунки зуба.

#### Дополнительные показатели исследования

Не предусмотрены целью настоящего исследования.

#### Методы измерения целевых показателей

В качестве оценки эффективности метода использовались клинические параметры: толщина слизистой оболочки (мм), ширина альвеолярного гребня (мм), расстояние между шейкой и телом имплантата (мм), глубина преддверия полости рта (мм). Для клинических измерений толщины слизистой оболочки, ширины альвеолярного гребня и глубины преддверия полости рта использовались стандартные стоматологические инструменты: пародонтологический зонд с миллиметровыми делениями (класс точности — до 0,5 мм) и цифровой микрометр (штангенциркуль) с точностью измерения 0,01 мм для получения более точных линейных размеров.

Оценка результатов проведена также на основании рентгенологических данных. Для рентгенологической диагностики и определения расстояний от поверхностей имплантата до вестибулярной стенки применялась программа планирования и анализа дентальной компьютерной томографии «Vidar» Dicom Viewer (VIDAR Systems Corporation, США). Программа для просмотра и анализа медицинских изображений стандарта DICOM. Точность линейных измерений в данной программе при работе со снимками конусно-лучевой компьютерной томографии (КЛКТ) высокого разрешения составляет  $\pm 0,1$  мм.

Сроки проведения измерений: до операции, непосредственно после нее, а также через 1, 4, 6 и 12 месяцев.

#### Переменные (предикторы, конфаундеры, модификаторы эффекта)

Успешность проведения дентальной имплантации может зависеть от целевого ряда факторов, связанных непосредственно с пациентом, с качеством используемого материала, квалификацией специалиста стоматолога, а также количеством и сложностью этапов непосредственно самой процедуры имплантации. К неблагоприятным предикторам осложнений при проведении имплантации, связанных с пациентом, относят: наличие тяжелых общесоматических патологий (сахарный диабет, психические расстройства и т. п.), курение, пожилой возраст. Использование одноэтапных имплантатов и реконструктивные процедуры также статистиче-

ски ассоциированы с повышенным риском осложнений. Для минимизации влияния на результаты исследования большинство действующих факторов было отнесено к критериям невключения.

### Статистические процедуры

#### Принципы расчета размера выборки

Расчет объема выборки предварительно не проводился.

#### Статистические методы

Первичные данные, полученные в результате прямых измерений, и рентгенологические данные были использованы для создания реляционной базы данных в электронных таблицах (программа Excel MS Office 2016 (Microsoft, США)). Выборки числовых значений сравниваемых клинических показателей для различных групп пациентов и для различных сроков наблюдения анализировали на принадлежность к нормальному закону распределения с помощью критериев проверки нормальности: Колмогорова — Смирнова и Шапиро — Уилка. Нулевая гипотеза принадлежности к нормальному закону числового распределения для всех выборок не была отклонена. Поэтому представление выборочных распределений исследуемых показателей представляли в виде среднего арифметического и стандартного отклонения ( $M \pm SD$ ).

Уровень значимости различий средних значений для трех и более выборок определяли с помощью дисперсионного однофакторного анализа по критерию Фишера. Парное сравнение выборок для различных сроков наблюдения в определенной группе проводили с помощью парного критерия Стьюдента. Для сравнения средних значений для показателей различных групп пациентов применяли критерий Стьюдента для независимых выборок. Сравнение долей осуществляли с помощью критерия хи-квадрат, применяя метод кросстабуляции четырехпольных или произвольных таблиц в программе Statistica 64 (Stat Soft, Великобритания). Считали различия средних значений клинических показателей статистически значимыми при  $p \leq 0,05$ .

## РЕЗУЛЬТАТЫ

### Формирование выборки исследования

Формирование выборки исследования осуществлялось согласно критериям включения и невключения по мере обращения пациентов в ФГБУ НМИЦ «ЦНИИСиЧЛХ» Минздрава России для проведения дентальной имплантации. Перед проведением вмешательства по степени повреждения вестибулярной стенки и в зависимости от тактики проведения процедуры дентальной имплантации пациенты были разделены на три группы по 20 человек в каждой: группа I — лунки с неповрежденной вестибулярной стенкой, проведена классическая одномоментная дентальная имплантация без костной пластики с использованием соединительнотканного аутоимплантата; группа II — лунки с повреждением вести-

<sup>2</sup> Патент № 2845322 C1 Российская Федерация, МПК А61С 8/00, А61В 17/00. Способ одномоментной дентальной имплантации: заявл. 25.03.2025, опубл. 15.08.2025/Ф.Ф. Лосев, Т.В. Брайловская, А.З. Абаев, С.С. Троицкий; заявитель федеральное государственное бюджетное учреждение Национальный медицинский исследовательский центр «Центральный научно-исследовательский институт стоматологии и челюстно-лицевой хирургии» Министерства здравоохранения Российской Федерации. EDN: XTVLRP

булярной стенки до 1/3 длины, выполнена дентальная имплантация с костной пластикой и использованием соединительнотканного аутотрансплантата; группа III — лунки с повреждением более 1/3 длины, также проведена дентальная имплантация с костной пластикой и регенеративными материалами. В контрольную группу (группа IV) входили 20 пациентов, у которых удаление зубов выполнено за 5–6 месяцев до дентальной имплантации. Блок-схема дизайна исследования представлена на рисунке.

### Характеристики выборки (групп) исследования

В ходе исследования проведено определение значений половозрастных показателей для четырех групп (трех групп сравнения и контрольной группы) (табл. 1).

Доля мужчин варьировалась от 50% в группе III до 60% в группах II и IV. По методу кросстабуляции для произвольных таблиц различия в долях мужчин и женщин были статистически не значимы, так как по критерию хи-квадрат уровень достоверности различий равен  $p = 0,906$ , что превышает критический уровень, равный  $p = 0,05$ . Это указывает на сопоставимость групп по признаку пола (табл. 1).

Числовые значения выборок возраста для всех групп пациентов предварительно проверялись на соответствие нормальному закону распределения по критериям Колмогорова — Смирнова, Шапиро — Уилка, по которым гипотеза соответствия числового распределения нормальному закону распределения не отклонялась для всех групповых выборок по возрасту ( $p > 0,05$ ). Средние значения возраста пациентов были разными. Так, наименьшее значение, равное  $41,2 \pm 8,0$  года, наблюдали в группе I, а наибольшее среднее значение возраста фиксировали в группе IV ( $44,2 \pm 9,6$  года). Различия в средних значениях возраста были статистически не значимы, так как по критерию Фишера при дисперсионном однофакторном анализе уровень достоверности равен  $p = 0,342$ , что превышает критический уровень, который равен  $p = 0,05$ . Это указывает на сопоставимость всех групп по признаку возраста (табл. 1).

### Основные результаты исследования

#### Результаты проведенного исследования у пациентов группы I

В ходе исследования проведено сравнение средних значений следующих показателей: 1) толщина слизистой оболочки; 2) ширина альвеолярного гребня; 3) расстояние между шейкой имплантата и вестибулярной стенкой; 4) расстояние между телом имплантата и вестибулярной стенкой; 5) глубина преддверия полости рта. Оценка значений проводилась до операции, непосредственно после нее, а также через один, четыре, шесть и двенадцать месяцев после дентальной имплантации.

Сводные значения пяти показателей при различных сроках наблюдения для пациентов группы I представлены в таблице 2.

Начиная с послеоперационного периода и на протяжении 12 месяцев проводили наблюдение за динамикой показателя «толщина слизистой оболочки». У пациентов группы I после одномоментной имплантации есть статисти-



Рис. Блок-схема дизайна исследования

Примечание: блок-схема выполнена авторами (согласно рекомендациям STROBE). Сокращение: КЛКТ — конусно-лучевая компьютерная томография.

Fig. Block diagram of the study design

Note: The block diagram was created by the authors (in accordance with STROBE recommendations). Abbreviation: КЛКТ — cone beam computed tomography.

стически значимые изменения толщины слизистой оболочки с вестибулярной стороны для всех сроков наблюдения ( $p < 0,001$ ) (табл. 2). Между значением после операции и значением показателя через 12 месяцев установлено значимое (по парному критерию Стьюдента  $p < 0,001$ ) увеличение на 15,7% по сравнению со значением до операции.

До операции среднее значение показателя «ширина альвеолярного гребня» у пациентов группы I составляло  $9,80 \pm 0,13$  мм. Непосредственно после вмешательства

Таблица 1. Значения долей (%) мужчин и женщин в группе и средние значения возраста ( $M \pm SD$ ) в группах пациентовTable 1. Percentages (%) of men and women, and mean ages ( $M \pm SD$ ) in patient groups

Показатель	Группа I $n = 20$	Группа II $n = 20$	Группа III $n = 20$	Группа IV $n = 20$	$P$
Мужчин, абс./отн. (%)	11/55	12/60	10/50	12/60	0,906*
Женщин, абс./отн. (%)	9/45	8/40	10/50	8/40	
Возраст, лет	41,2 ± 8,0	42,0 ± 9,1	42,9 ± 10,0	44,2 ± 9,6	0,342#

Примечания: таблица составлена авторами; \* — уровень достоверности различий по критерию хи-квадрат, # — уровень достоверности различий по критерию Фишера для однофакторного дисперсионного анализа.

Notes: The table was compiled by the authors; \* — significance level of differences according to the chi-square test, # — significance level of differences according to Fisher's test for one-way analysis of variance.

Таблица 2. Динамика средних значений показателей ( $M \pm SD$ ) у пациентов группы I ( $n = 20$ )Table 2. Dynamics of mean values ( $M \pm SD$ ) in Group I patients ( $n = 20$ )

Показатели	Сроки наблюдения						$p^*$
	До операции	Непосредственно после операции	Через 1 месяц после операции	Через 4 месяца после операции	Через 6 месяцев после операции	Через 12 месяцев после операции	
Толщина слизистой оболочки (мм)	-	1,53 ± 0,11	-	2,01 ± 0,14	1,79 ± 0,19	1,77 ± 0,15	<0,001
Ширина альвеолярного гребня (мм)	9,80 ± 0,13	10,78 ± 0,14	-	9,11 ± 0,14	8,82 ± 0,14	8,72 ± 0,14	<0,001
Расстояние между шейкой имплантата и вестибулярной стенкой (мм)	-	2,90 ± 0,13	-	2,48 ± 0,14	2,45 ± 0,14	2,47 ± 0,17	<0,001
Расстояние между телом имплантата и вестибулярной стенкой (мм)	-	2,61 ± 0,13	-	2,38 ± 0,16	2,36 ± 0,11	2,35 ± 0,15	<0,001
Глубина преддверия полости рта (мм)	6,04 ± 0,20	-	7,20 ± 0,20	6,90 ± 0,20	6,40 ± 0,20	6,30 ± 0,20	<0,001

Примечания: таблица составлена авторами;  $p^*$  — уровень статистической значимости по критерию Фишера для дисперсионного однофакторного анализа по всем срокам наблюдения.

Notes: The table was compiled by the authors;  $p^*$  — statistical significance level according to Fisher's criterion for one-way analysis of variance for all observation periods.

среднее значение увеличилось до  $10,78 \pm 0,14$  мм, различия по парному критерию Стьюдента статистически значимы ( $p < 0,001$ ). К четвертому месяцу после операции ширина альвеолярного гребня статистически значимо уменьшилась к значениям и до операции, и после операции (для обоих сравнений  $p < 0,001$ ) до  $9,11 \pm 0,14$  мм и продолжала снижаться, достигнув в среднем  $8,82 \pm 0,14$  мм к шестому месяцу и  $8,72 \pm 0,14$  мм к двенадцатому месяцу после имплантации, между которыми значимости различий не выявлено ( $p = 0,084$ ) (табл. 2). Между значением до операции и значением показателя через 12 месяцев — значимое ( $p < 0,001$ ) уменьшение на 11,0% по сравнению со значением до операции.

Среднее значение показателя «расстояние между шейкой имплантата и вестибулярной стенкой» непосредственно после операции составляло  $2,90 \pm 0,13$  мм, через 4 месяца среднее значение статистически значимо по парному

критерию Стьюдента ( $p < 0,001$ ) уменьшилось до  $2,48 \pm 0,14$  мм. Через 6 месяцев среднее значение составило  $2,45 \pm 0,14$  мм, а через 12 месяцев произошло незначительное увеличение до  $2,47 \pm 0,17$  мм, однако для последних трех сроков наблюдения по критерию Фишера для дисперсионного однофакторного (фактор время) анализа статистически значимых различий не установлено ( $p = 0,708$ ) (табл. 2). Между значением после операции и значением показателя через 12 месяцев — значимое ( $p < 0,001$ ) уменьшение на 14,9% по сравнению со значением до операции.

Среднее значение показателя «расстояние между телом имплантата и вестибулярной стенкой» непосредственно после операции составляло  $2,61 \pm 0,13$  мм, через четыре месяца наблюдалось снижение до  $2,38 \pm 0,16$  мм, через шесть месяцев наблюдалось дальнейшее снижение до  $2,36 \pm 0,11$  мм и через 12 месяцев среднее значение

составляло  $2,35 \pm 0,15$  мм. Характер поведения этого показателя «расстояние между телом имплантата и вестибулярной стенкой» аналогичен показателю «расстояние между шейкой имплантата и вестибулярной стенкой», то есть к четвертому месяцу значимо ( $p < 0,001$ ) снижается, а дальше в 6 и в 12 месяцев практически не изменяется ( $p = 0,394$ ) (табл. 2). Между значением после операции и значением показателя «расстояние между телом имплантата и вестибулярной стенкой» через 12 месяцев — значимое ( $p < 0,001$ ) уменьшение на 9,9%.

Среднее значение показателя «глубина преддверия полости рта» на начальном этапе составило  $6,04 \pm 0,20$  мм и значимо ( $p < 0,001$ ) увеличилось до  $7,20 \pm 0,20$  мм через месяц после операции. Однако к четвертому месяцу глубина снизилась до  $6,90 \pm 0,20$  мм. Через 6 и 12 месяцев прослеживается снижение до  $6,40 \pm 0,20$  и  $6,30 \pm 0,20$  мм соответственно. Дисперсионный анализ значений показателя «глубина преддверия полости рта» для различных сроков наблюдения показал значимые ( $p = 0,002$ ) по критерию Фишера изменения в течение времени проведения исследования (табл. 2). Между значением до операции и значением показателя через 12 месяцев — значимое ( $p < 0,001$ ) увеличение на 4,3% по парному критерию Стьюдента.

#### **Результаты проведенного исследования у пациентов группы II (отсутствие менее 1/3 вестибулярной стенки)**

Сводные значения пяти показателей, полученных в ходе исследования пациентов группы II, представлены в таблице 3.

На протяжении 12 месяцев прослеживалась динамика изменений толщины слизистой оболочки в послеоперационном периоде; у пациентов группы II (отсутствие вестибулярной стенки менее 1/3) после одномоментной имплантации наблюдались статистически значимые изменения толщины слизистой оболочки с вестибулярной стороны в зависимости от срока наблюдения (исходя из дисперсионного анализа  $p < 0,001$ ). Непосредственно после операции значение составляло  $1,12 \pm 0,08$  мм, через 4, 6, 12 месяцев  $1,93 \pm 0,14$ ,  $1,87 \pm 0,15$ ,  $1,85 \pm 0,10$  мм соответственно (табл. 3). В сроки наблюдения начиная от 4 месяцев после операции, 6 и 12 месяцев после операции из дисперсионного анализа выявлены статистически незначимые изменения (по критерию Фишера  $p = 0,329$ ). Между значением после операции и значением показателя через 12 месяцев после операции установлено статистически значимое ( $p < 0,001$ ) увеличение толщины слизистой оболочки с вестибулярной стороны на 65,2%.

В срок наблюдения «до операции» и в течение последующих 12 месяцев определена динамика значений показателя «ширина альвеолярного гребня». Среднее значение данного показателя до операции составляло  $7,16 \pm 0,08$  мм и непосредственно после вмешательства увеличилось до  $8,70 \pm 0,09$  мм. К четвертому месяцу после операции среднее значение показателя уменьшилось до  $8,18 \pm 0,06$  мм и продолжало снижаться, достигнув  $7,9 \pm 0,11$  мм к шестому месяцу и  $7,8 \pm 0,13$  мм к двенадцатому месяцу после имплантации (табл. 3). Между значением в срок «до операции» и значением показателя через 12 месяцев

Таблица 3. Динамика средних значений показателей ( $M \pm SD$ ) у пациентов группы II (отсутствие менее 1/3 вестибулярной стенки) ( $n = 20$ )

Table 3. Dynamics of mean values ( $M \pm SD$ ) in Group II patients (less than 1/3 of the vestibular wall is absent) ( $n = 20$ )

Показатель	Сроки наблюдения						$p^*$
	До операции	Непосредственно после операции	Через 1 месяц после операции	Через 4 месяца после операции	Через 6 месяцев после операции	Через 12 месяцев после операции	
Толщина слизистой оболочки (мм)	-	$1,12 \pm 0,08$	-	$1,93 \pm 0,14$	$1,87 \pm 0,15$	$1,85 \pm 0,10$	$<0,001$
Ширина альвеолярного гребня (мм)	$7,16 \pm 0,08$	$8,70 \pm 0,09$	-	$8,18 \pm 0,06$	$7,90 \pm 0,11$	$7,80 \pm 0,13$	$<0,001$
Расстояние между шейкой имплантата и вестибулярной стенкой (мм)	-	$2,74 \pm 0,03$	-	$2,60 \pm 0,06$	$2,53 \pm 0,12$	$2,50 \pm 0,15$	$<0,001$
Расстояние между телом имплантата и вестибулярной стенкой (мм)	-	$2,35 \pm 0,04$	-	$2,23 \pm 0,15$	$2,21 \pm 0,11$	$2,19 \pm 0,09$	$<0,001$
Глубина преддверия полости рта (мм)	$5,40 \pm 0,20$	-	$6,40 \pm 0,20$	$6,10 \pm 0,20$	$6,00 \pm 0,20$	$6,00 \pm 0,20$	$<0,001$

Примечания: таблица составлена авторами;  $p^*$  — уровень статистической значимости по критерию Фишера для дисперсионного однофакторного анализа по всем срокам наблюдения.

Notes: The table was compiled by the authors;  $p^*$  — statistical significance level according to Fisher's criterion for one-way analysis of variance for all observation periods.

после имплантации установлено статистически значимое ( $p < 0,001$ ) увеличение ширины альвеолярного гребня на 8,9% по сравнению со значением до операции.

Среднее значение показателя «расстояние между шейкой имплантата и вестибулярной стенкой» непосредственно после операции составило  $2,74 \pm 0,03$  мм, через 4 месяца показатель статистически значимо ( $p < 0,001$ ) уменьшился до  $2,6 \pm 0,06$  мм. Величина изменилась к 6-му и 12-му месяцам, составив  $2,53 \pm 0,12$  и  $2,5 \pm 0,15$  мм соответственно, однако различия для показателя в сроки наблюдения 4, 6 и 12 месяцев статистически не значимы ( $p = 0,088$ ) (табл. 3). Между значением в срок «непосредственно после операции» и значением показателя через 12 месяцев после имплантации установлено статистически значимое ( $p < 0,001$ ) уменьшение показателя на 8,8%.

Среднее значение показателя «расстояние между телом имплантата и вестибулярной стенкой» в срок наблюдения «непосредственно после операции» составляло  $2,35 \pm 0,04$  мм, через 4 месяца наблюдалось значимое ( $p < 0,001$ ) снижение до  $2,23 \pm 0,15$  мм, через 6 месяцев — до  $2,21 \pm 0,11$  мм и через 12 месяцев значение изменилось до  $2,19 \pm 0,09$  мм. Дисперсионный однофакторный анализ выявил, что в сроки 4, 6 и 12 месяцев значения показателя были близки ( $p = 0,758$ ) и значимого различия не выявлено (табл. 3). Между значением в срок «непосредственно после операции» и значением показателя через 12 месяцев после имплантации установлено статистически значимое ( $p < 0,001$ ) уменьшение показателя на 6,8%.

Среднее значение показателя «глубина преддверия полости рта» на начальном этапе составило  $5,4 \pm 0,2$  мм и уве-

личилось значимо ( $p < 0,001$ ) до  $6,4 \pm 0,2$  мм через месяц после операции. К четвертому месяцу значение снизилось до  $6,1 \pm 0,2$  мм и незначительно через 6 месяцев, достигнув среднего значения  $6,0 \pm 0,2$  мм, которое сохранилось через 12 месяцев. В последние три срока наблюдения значимых различий не установлено ( $p = 0,140$ ) (табл. 3). Между значением в срок «до операции» и значением показателя через 12 месяцев после имплантации установлено статистически значимое ( $p < 0,001$ ) уменьшение показателя на 11,1% относительно значения в срок «до операции».

**Результаты проведенного исследования у пациентов группы III (отсутствие вестибулярной стенки более 1/3)**

Сводные значения показателей, полученных в ходе исследования пациентов III группы, представлены в таблице 4.

У пациентов группы III после одномоментной дентальной имплантации наблюдалась динамика значений показателя «толщина слизистой оболочки» с вестибулярной стороны (для дисперсионного анализа  $p < 0,001$ ) на протяжении 12 месяцев начиная с послеоперационного периода. Непосредственно после операции среднее значение составляло  $1,12 \pm 0,08$  мм, через 4, 6, 12 месяцев  $1,83 \pm 0,14$ ,  $1,79 \pm 0,15$ ,  $1,78 \pm 0,15$  мм соответственно. Однако для последних сроков наблюдения различия не имеют статистической значимости ( $p = 0,158$ ) (табл. 4). Между значением в срок «непосредственно после операции» и значением показателя через 12 месяцев после имплантации установлено статистически значимое ( $p < 0,001$ ) увеличение толщины слизистой оболочки на 58,9%.

Таблица 4. Динамика средних значений показателей ( $M \pm SD$ ) у пациентов группы III (отсутствие вестибулярной стенки более 1/3) ( $n = 20$ )

Table 4. Dynamics of mean values ( $M \pm SD$ ) in Group III patients (more than 1/3 of the vestibular wall is absent) ( $n = 20$ )

Показатель	Сроки наблюдения						$p^*$
	До операции	Непосредственно после операции	Через 1 месяц после операции	Через 4 месяца после операции	Через 6 месяцев после операции	Через 12 месяцев после операции	
Толщина слизистой оболочки (мм)	-	$1,12 \pm 0,08$	-	$1,83 \pm 0,14$	$1,79 \pm 0,15$	$1,78 \pm 0,15$	<0,001
Ширина альвеолярного гребня (мм)	$6,16 \pm 0,08$	$7,30 \pm 0,09$	-	$7,18 \pm 0,06$	$6,95 \pm 0,13$	$6,91 \pm 0,11$	<0,001
Расстояние между шейкой имплантата и вестибулярной стенкой (мм)	-	$2,66 \pm 0,03$	-	$2,58 \pm 0,06$	$2,56 \pm 0,12$	$2,48 \pm 0,15$	<0,001
Расстояние между телом имплантата и вестибулярной стенкой (мм)	-	$2,65 \pm 0,04$	-	$2,63 \pm 0,15$	$2,61 \pm 0,11$	$2,49 \pm 0,09$	<0,001
Глубина преддверия полости рта (мм)	$5,70 \pm 0,20$	-	$6,50 \pm 0,20$	$6,00 \pm 0,20$	$5,90 \pm 0,20$	$5,80 \pm 0,20$	<0,001

Примечания: таблица составлена авторами;  $p^*$  — уровень статистической значимости по критерию Фишера для дисперсионного однофакторного анализа по всем срокам наблюдения.

Notes: The table was compiled by the authors;  $p^*$  — statistical significance level according to Fisher's criterion for one-way analysis of variance for all observation periods.

Среднее значение показателя «ширина альвеолярного гребня» до операции составляло  $6,16 \pm 0,08$  мм и непосредственно после вмешательства увеличилось до  $7,30 \pm 0,09$  мм ( $p < 0,001$ ). К четвертому месяцу после операции среднее значение показателя уменьшилось до  $7,18 \pm 0,06$  мм и продолжало снижаться, достигнув к 6 месяцам среднего значения  $6,95 \pm 0,13$  и к 12 месяцу после имплантации  $6,91 \pm 0,11$  мм (табл. 4). Между значением в срок «до операции» и значением показателя через 12 месяцев после имплантации установлено статистически значимое ( $p < 0,001$ ) увеличение на 12,2%.

Прослеживается динамика показателя у пациентов III группы: среднее значение показателя «расстояние между шейкой имплантата и вестибулярной стенкой» непосредственно после операции составило  $2,66 \pm 0,03$  мм, через 4 месяца уменьшилось до  $2,58 \pm 0,06$  мм ( $p < 0,001$ ). К 6 месяцам величина этого показателя незначительно снизилась, составив  $2,56 \pm 0,12$  мм. Через 12 месяцев произошло дальнейшее снижение до  $2,48 \pm 0,15$  мм (табл. 4). Между значением в срок «непосредственно после операции» и значением показателя через 12 месяцев после имплантации установлено статистически значимое ( $p < 0,001$ ) уменьшение на 6,8%.

Среднее значение показателя «расстояние между телом имплантата и вестибулярной стенкой» в срок «непосредственно после операции» составляло  $2,65 \pm 0,04$  мм, через 4 месяца наблюдалось статистически значимое ( $p = 0,002$ ) снижение среднего значения показателя до  $2,63 \pm 0,15$  мм, через 6 месяцев — до  $2,61 \pm 0,11$  мм и через 12 месяцев — до  $2,49 \pm 0,09$  мм (табл. 4). Между значением в срок «непосредственно после операции» и значением показателя через 12 месяцев после имплантации установлено статистически значимое ( $p < 0,001$ ) уменьшение на 6,0%.

Среднее значение показателя «глубина преддверия полости рта» до операции составило  $5,7 \pm 0,2$  мм и увеличилось до  $6,5 \pm 0,2$  мм через месяц после операции. Для всех сроков наблюдения согласно дисперсионному однофакторному анализу различия средних значений статистически значимы на уровне  $p < 0,001$ . Однако к четвертому месяцу среднее значение показателя снизилось до  $6,0 \pm 0,2$  мм и продолжило снижаться, достигнув значения  $5,9 \pm 0,2$  мм через 6 месяцев, через 12 месяцев после операции среднее значение показателя составило  $5,8 \pm 0,2$  мм, эти из-

менения не имели статистической значимости при уровне значимости  $p = 0,476$  (табл. 4). Между значением в срок «до операции» и значением показателя через 12 месяцев после имплантации установлено, что средние значения близки ( $p = 0,070$ ), хотя среднее значение глубины преддверия полости рта через 12 месяцев больше значения до операции на 1,8%.

#### Результаты исследования пациентов контрольной группы (группы IV) в сравнении с результатами групп I, II, III

В ходе исследования проводили анализ значений следующих показателей: «толщина слизистой оболочки», «ширина альвеолярного гребня», а также «глубина преддверия полости рта». Оценка изменений проводилась до операции дентальной имплантации, затем через два и четыре месяца после имплантации.

Сводные значения показателей пациентов группы IV представлены в таблице 5.

Среднее значение показателя «толщина слизистой оболочки» в контрольной группе до операции составляло  $1,41 \pm 0,12$  мм. Через два месяца данный показатель значимо снизился (по парному критерию Стьюдента при  $p < 0,001$ ), достигнув среднего значения  $1,28 \pm 0,09$  мм. На четвертый месяц также продолжалось снижение (по парному критерию Стьюдента при  $p < 0,001$ ), и толщина слизистой оболочки в среднем составила  $1,10 \pm 0,06$  мм (табл. 5). При дисперсионном однофакторном анализе установлено значимое изменение для всех сроков наблюдения (по критерию Фишера  $p = 0,001$ ). Между значением в срок «до операции» и значением показателя через 4 месяца после имплантации установлено статистически значимое ( $p < 0,001$ ) уменьшение толщины слизистой оболочки на 22,0%.

Среднее значение показателя «ширина альвеолярного гребня» в срок «до операции» составляло  $6,16 \pm 0,08$  мм. Через 2 месяца после операции произошло значимое снижение (по парному критерию Стьюдента при  $p < 0,001$ ) среднего значения данного показателя до  $4,56 \pm 0,12$  мм. И на четвертый месяц данный показатель продолжал значимо снижаться и достиг значения  $4,34 \pm 0,03$  мм (табл. 5). При дисперсионном однофакторном анализе установлено значимое изменение для всех сроков наблюдения (по критерию Фишера  $p = 0,001$ ). Между значением в срок «до операции» и значением показателя через 4 месяца по-

Таблица 5. Динамика средних значений показателей ( $M \pm SD$ ) у пациентов контрольной группы (группы IV) ( $n = 20$ )  
Table 5. Dynamics of mean values ( $M \pm SD$ ) in the control group patients (Group IV) ( $n = 20$ )

Показатели	Сроки наблюдения			$p^*$
	До операции	Через 2 месяца после операции	Через 4 месяца после операции	
Толщина слизистой оболочки, мм	$1,41 \pm 0,12$	$1,28 \pm 0,09$	$1,10 \pm 0,06$	$<0,001$
Ширина альвеолярного гребня, мм	$6,16 \pm 0,08$	$4,56 \pm 0,12$	$4,34 \pm 0,03$	$<0,001$
Глубина преддверия полости рта, мм	$6,40 \pm 0,20$	$5,30 \pm 0,20$	$4,80 \pm 0,20$	$<0,001$

Примечания: таблица составлена авторами;  $p^*$  — уровень статистической значимости по критерию Фишера для дисперсионного однофакторного анализа по всем срокам наблюдения.

Notes: The table was compiled by the authors;  $p^*$  — statistical significance level according to Fisher's criterion for one-way analysis of variance for all observation periods.

сле имплантации установлено статистически значимое ( $p < 0,001$ ) уменьшение ширины альвеолярного гребня на 29,5%.

Среднее значение показателя «глубина преддверия полости рта» в контрольной группе составило  $6,4 \pm 0,2$  мм в срок наблюдения «до операции». После вмешательства наблюдалось значительное снижение данного показателя. Так, через 2 месяца среднее значение показателя значимо уменьшилось (по парному критерию Стьюдента при  $p < 0,001$ ) до  $5,3 \pm 0,2$  мм, а на четвертый месяц снизилось до  $4,8 \pm 0,2$  мм (табл. 5). При дисперсионном однофакторном анализе установлено значимое изменение для всех сроков наблюдения (по критерию Фишера  $p = 0,001$ ). Между значением в срок «до операции» и значением показателя через 4 месяца после имплантации установлено статистически значимое ( $p < 0,001$ ) уменьшение глубины преддверия полости рта на 25,0%.

Проведенное исследование позволило оценить динамику параметров слизистой оболочки, альвеолярного гребня и других клинических показателей в группах пациентов после хирургического вмешательства и сравнить с результатами контрольной группы пациентов.

Наилучшие исходные клинические условия наблюдались у пациентов I группы, что подтверждается наибольшей толщиной слизистой оболочки ( $1,35 \pm 0,11$  мм) (по критерию Стьюдента для независимых выборок различия значимы,  $p < 0,001$ , и для группы II, и для группы III, но между группами II и III по показателю «толщина слизистой оболочки» различия не значимы,  $p = 0,632$ ).

Наилучшие исходные клинические условия наблюдались у пациентов I группы и для ширины альвеолярного гребня ( $9,80 \pm 0,13$  мм) (по критерию Стьюдента для независимых выборок различия значимы при сравнении между группами I и II, I и III, II и III,  $p < 0,001$ ). Клинические условия, которые характеризуются показателями группы II (толщина слизистой оболочки —  $1,12 \pm 0,08$  мм; ширина альвеолярного гребня —  $7,16 \pm 0,08$  мм) и III (толщина слизистой оболочки —  $1,12 \pm 0,08$  мм; ширина альвеоляр-

ного гребня  $6,16 \pm 0,08$  мм), изначально хуже по этим двум показателям, чем у пациентов I группы.

Средние значения изменений показателей между двумя сроками наблюдения находили по следующему алгоритму: в начале путем разности показателей для каждого пациента получали выборки для каждой из групп, а затем для группы применяли методы описательной статистики с дальнейшим сравнением, используя различные критерии сравнения.

Через 4 месяца наибольшая исходная толщина слизистой оболочки была зафиксирована в I группе (среднее значение  $1,53 \pm 0,11$  мм) (табл. 2). В группе II (табл. 3) и III (табл. 4) толщина слизистой оболочки составляла  $1,12 \pm 0,08$  мм, то есть была существенно ниже, чем в группе I ( $p < 0,001$ ). Однако в результате для срока наблюдения «через 4 месяца после операции» наиболее выраженное увеличение толщины слизистой оболочки наблюдалось у пациентов II группы — +72,3%, что является максимальным показателем среди всех групп. В III группе прирост составил +63,4%, а в I группе — +18,3%. В группе IV (контроль) этот показатель уменьшился на 22,0% (табл. 6).

Ширина альвеолярного гребня значимо снизилась в I группе на -7,0%, в то время как во II и III группах наблюдался рост показателя: +14,2 и +16,6% соответственно ( $p < 0,001$ ). Это указывает на эффективность хирургического вмешательства у пациентов с менее благоприятными исходными условиями. В группе IV (контроль) ширина альвеолярного гребня уменьшилась на 29,5% (табл. 6).

Глубина преддверия полости рта статистически значимо ( $p < 0,001$ ) увеличилась во всех группах пациентов с одномоментной имплантацией: в группе I — на +14,2%, в группе II — на +13,0%, в группе III — на +5,3%, в контрольной группе наблюдалось уменьшение на 25,0%, что подтверждает положительное влияние оперативного вмешательства.

К 6-месячному периоду в I группе продолжилось увеличение толщины слизистой оболочки до 1,79 мм (+15,7%), однако этот прирост был ниже, чем в II (+67,0%) и III группах (+59,8%).

Таблица 6. Средние значения изменений показателей ( $M \pm SD$ ) между сроками наблюдения в начальный момент исследования и через 4 месяца после операции у пациентов I, II, III, IV групп

Table 6. Mean values of changes in indicators ( $M \pm SD$ ) between observation periods at the initial stage of the study and 4 months after surgery in patients in Groups I, II, III, and IV

Показатели	Группы				$p^*$
	Группа I ( $n = 20$ )	Группа II ( $n = 20$ )	Группа III ( $n = 20$ )	Группа IV ( $n = 20$ )	
Толщина слизистой оболочки, мм; (+/-) %	$0,28 \pm 0,09$ ; +18,3 %	$0,81 \pm 0,11$ ; +72,3 %	$0,71 \pm 0,10$ ; +63,4 %	$0,31 \pm 0,12$ ; -22,0 %	<0,001
Ширина альвеолярного гребня, мм; (+/-) %	$0,69 \pm 0,14$ ; -7,0 %	$1,02 \pm 0,09$ ; +14,2 %	$1,02 \pm 0,09$ ; +16,6 %	$1,82 \pm 0,09$ ; -29,5 %	<0,001
Глубина преддверия полости рта, мм; (+/-) %	$0,86 \pm 0,20$ ; +14,2 %	$0,70 \pm 0,20$ ; +13,0 %	$0,30 \pm 0,20$ ; +5,3 %	$1,60 \pm 0,20$ ; -25,0 %	<0,001

Примечания: таблица составлена авторами;  $p^*$  — уровень статистической значимости по критерию Фишера для дисперсионного однофакторного анализа по всем группам сравнения; (+/-) % — доля изменения значения показателя до операции и через 12 месяцев по отношению к значению до операции.

Notes: The table was compiled by the authors;  $p^*$  — statistical significance level according to Fisher's criterion for one-way analysis of variance for all observation periods; (+/-) % — percentage change in the indicator value before the surgery and 12 months after the surgery relative to the value before the surgery.

Ширина альвеолярного гребня в I группе продолжила снижаться (-10,0%), в то время как во II и III группах наблюдался рост (+8,9 и +12,8% соответственно), что дополнительно подчеркивает эффективность костной регенерации у пациентов с изначально низкими параметрами.

Глубина преддверия полости рта увеличилась во всех группах: I — на +6,0%, II — на +11,1%, III — на +3,5%. Особенно заметен прирост у пациентов II группы, где исходно условия были хуже.

Основываясь на послеоперационных изменениях, можно сделать вывод, что II группа продемонстрировала наиболее выраженные положительные изменения: толщина слизистой оболочки увеличилась на +65,2% через 12 месяцев, а ширина альвеолярного гребня — на +8,9%, что свидетельствует об эффективности проведенной костной пластики. В III группе также наблюдалось улучшение показателей, однако результаты были менее значительными по сравнению со II группой (табл. 7).

Через 12 месяцев после операции I группа сохранила прирост толщины слизистой оболочки на уровне +15,7%, в то время как II группа достигла +65,2%, а III группа — +58,9%, что указывает на устойчивую и положительную динамику в группах с изначально низкими показателями (табл. 7). Ширина альвеолярного гребня в I группе продолжила снижаться, составив -11,0% за год, тогда как во II и III группах наблюдалось ее увеличение на +8,9 и +12,2% соответственно (табл. 7).

Глубина преддверия полости рта также изменилась: в I группе прирост составил +4,3%, во II группе — +11,1%, в III группе — +1,8% (увеличение не значимо) (табл. 7).

Таким образом, наилучшие исходные клинические условия наблюдались в I группе. Однако именно II группа продемонстрировала наиболее выраженные положительные изменения всех ключевых параметров, несмотря на изначально низкие значения, что указывает на высокую эффективность методики костной регенерации, примененной в данной группе. III группа также показала положи-

тельную, но менее выраженную динамику из-за сложных клинических условий.

Результаты измерения расстояний между имплантатами и вестибулярной стенкой у пациентов I группы демонстрируют высокую стабильность положения имплантатов на всех этапах наблюдения. В таблице 2 представлены данные через 4, 6 и 12 месяцев после операции, отражающие два ключевых параметра: расстояние от шейки имплантата до вестибулярной стенки и расстояние от тела имплантата до вестибулярной стенки.

На 4-м месяце наблюдения среднее расстояние от шейки имплантата до вестибулярной стенки составило  $2,48 \pm 0,14$  мм, а от тела имплантата —  $2,38 \pm 0,16$  мм. К 6-му месяцу эти показатели практически не изменились:  $2,45 \pm 0,14$  мм для шейки и  $2,36 \pm 0,11$  мм для тела имплантата. На завершающем 12-месячном этапе значения остались стабильными:  $2,47 \pm 0,17$  мм для шейки и  $2,36 \pm 0,11$  мм для тела имплантата. За сроки наблюдения в 4, 6, 12 месяцев статистически значимого различия не выявлено ( $p = 0,708$ ).

Результаты измерения расстояний между имплантатами и вестибулярной стенкой у пациентов II группы демонстрируют стабильную динамику с незначительной тенденцией к уменьшению показателей. В таблице 3 представлены данные через 4, 6 и 12 месяцев после операции для имплантатов, установленных при дефекте вестибулярной стенки до 1/3 длины лунки.

На 4-м месяце наблюдения среднее расстояние от шейки имплантата до вестибулярной стенки составило  $2,60 \pm 0,06$  мм, а от тела имплантата —  $2,23 \pm 0,15$  мм. К 6-му месяцу отмечалось незначительное уменьшение этих показателей:  $2,53 \pm 0,12$  мм для шейки и  $2,21 \pm 0,11$  мм для тела имплантата. На 12-месячном сроке значения продолжили плавно снижаться:  $2,50 \pm 0,15$  мм для шейки и  $2,19 \pm 0,09$  мм для тела имплантата. За сроки наблюдения в 4, 6, 12 месяцев статистически значимого различия не выявлено (для расстояния между шейкой имплантата

Таблица 7. Средние значения изменений показателей ( $M \pm SD$ ) между сроками наблюдения в начальный момент исследования и через 12 месяцев после операции у пациентов для I, II, III групп

Table 7. Mean values of changes in indicators ( $M \pm SD$ ) between observation periods at the initial stage of the study and 12 months after surgery in Group I, II, and III patients

Показатели	Группы			$p^*$
	Группа I ( $n = 20$ )	Группа II ( $n = 20$ )	Группа III ( $n = 20$ )	
Толщина слизистой оболочки, мм; (+/-) %	$0,24 \pm 0,15$ ; +15,7%	$0,73 \pm 0,15$ ; +65,2%	$0,66 \pm 0,14$ ; +58,9%	<0,001
Ширина альвеолярного гребня, мм; (+/-) %	$1,08 \pm 0,14$ ; -11,0%	$0,64 \pm 0,13$ ; +8,9%	$0,75 \pm 0,11$ ; +12,2%	<0,001
Глубина преддверия полости рта, мм; (+/-) %	$0,26 \pm 0,10$ ; +4,3%	$0,60 \pm 0,14$ ; +11,1%	$0,10 \pm 0,08$ ; +1,8%	<0,001

Примечания: таблица составлена авторами;  $p^*$  — уровень статистической значимости по критерию Фишера для дисперсионного однофакторного анализа по всем группам сравнения; (+/-) % — доля изменения значения показателя до операции и через 12 месяцев по отношению к значению до операции.

Notes: The table was compiled by the authors;  $p^*$  — statistical significance level according to Fisher's criterion for one-way analysis of variance for all observation periods; (+/-) % — percentage change in the indicator value before the surgery and 12 months after the surgery relative to the value before the surgery.

и вестибулярной стенкой  $p = 0,088$ , для расстояния между телом имплантата и вестибулярной стенкой  $p = 0,758$ ).

Результаты измерения расстояний между имплантатами и вестибулярной стенкой у пациентов III группы с дефектом более 1/3 длины лунки показывают отчетливую динамику изменений (табл. 4). Через 4 месяца после операции среднее расстояние от шейки имплантата до костной стенки составляло  $2,58 \pm 0,06$  мм, а от тела имплантата —  $2,63 \pm 0,15$  мм. К 6-му месяцу наблюдения эти показатели незначительно уменьшились до  $2,56 \pm 0,12$  и  $2,61 \pm 0,11$  мм соответственно. Наиболее выраженные изменения произошли к 12-му месяцу, когда расстояние от шейки сократилось до  $2,48 \pm 0,15$  мм, а от тела имплантата — до  $2,49 \pm 0,09$  мм.

Установлено, что в контрольной группе наблюдается снижение толщины слизистой оболочки с 1,41 до 1,10 мм через четыре месяца после операции. Аналогично, ширина альвеолярного гребня также показала уменьшение, начав с 6,16 мм и уменьшившись до 4,34 мм. Глубина преддверия полости рта снизилась с 6,4 до 4,8 мм, что указывает на значительные изменения в состоянии тканей в послеоперационный период.

#### Дополнительные результаты исследования

В ходе проведения исследования не получены.

### ОБСУЖДЕНИЕ

#### Резюме основного результата исследования

Наиболее благоприятное состояние слизистой оболочки до начала лечения отмечалось у пациентов первой группы  $1,35 \pm 0,11$  мм ( $p < 0,001$ ). В первой группе зафиксировано существенное уменьшение ширины альвеолярного отростка — на 7,0% ( $p < 0,001$ ). В контрольной IV группе наблюдалось сокращение ширины альвеолярного гребня на 29,5%.

Самые благоприятные начальные клинические параметры были зафиксированы у участников первой группы — это касалось ширины альвеолярного отростка ( $9,80 \pm 0,13$  мм), исходные клинические показатели у пациентов второй (толщина слизистой  $1,12 \pm 0,08$  мм; ширина альвеолярного отростка  $7,16 \pm 0,08$  мм) и третьей групп (толщина слизистой  $1,12 \pm 0,08$  мм; ширина альвеолярного отростка  $6,16 \pm 0,08$  мм) по обоим указанным параметрам были изначально менее оптимальными, чем в первой группе. При этом при анализе данных через 12 месяцев после проведения дентальной имплантации II группа продемонстрировала наиболее выраженные положительные изменения: толщина слизистой оболочки увеличилась на +65,2%, а ширина альвеолярного гребня — на +8,9%, что свидетельствует об эффективности проведенной костной пластики при изначально неблагоприятных клинических параметрах.

#### Ограничения исследования

В качестве ограничений в данном исследовании выделены пациенты при одномоментной имплантации с альвеолярной лункой костной ткани после удаления зуба с отсутствием вестибулярной стенки до 1/2.

Результаты настоящего исследования были получены за небольшой временной период (1, 4, 6 и 12 месяцев), что требует более длительного динамического наблюдения.

#### Интерпретация результатов исследования

Установка зубного имплантата представляет собой действенный способ воссоздания зубного ряда, позволяющий ускорить процесс лечения и уменьшить потерю костной ткани. Тем не менее [1, 3] успешность этого способа обусловлена внимательным планированием и принятием во внимание индивидуальных анатомических особенностей пациента [23].

Состояние вестибулярной стенки альвеолы, подвергающейся интенсивной резорбции после удаления зуба, играет важную роль в прогнозировании успешности немедленной имплантации зубов. Этот процесс может вызвать существенную утрату костной ткани, что, в свою очередь, затруднит установку дентального имплантата [24].

В представленной работе изучено изменение состояния слизистой, альвеолярного отростка и других важных клинических характеристик у пациентов, перенесших хирургическое лечение с использованием разработанных методов. Полученные данные сопоставлялись с показателями группы контроля, что позволило провести сравнительный анализ результатов, которые согласуются с полученными данными других исследований [14, 15].

При планировании дентальной имплантации важно оценивать состояние костных и мягких тканей, применять передовые методы обследования и предложенные хирургические методы, а также обеспечивать качественный послеоперационный уход за имплантатом. Лишь при соблюдении этих условий возможно достижение наилучшего эстетического и функционального результата, а также обеспечение продолжительного успеха лечения.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сравнительный анализ показателей в разных группах выявил, что пациенты группы I, имевшей наилучшие исходные клинические условия, продемонстрировали наибольшее относительное увеличение толщины слизистой оболочки и ширины альвеолярного гребня к концу наблюдения. Группа II, изначально имевшая более низкие параметры по сравнению с группой I, продемонстрировала наиболее выраженные положительные изменения, что подтверждает высокую эффективность проведенной костной пластики. В группе III изменения были менее значительными, что объясняется более сложными исходными клиническими условиями.

Результаты демонстрируют, что исходные клинические условия пациентов существенно влияют на результаты послеоперационного периода, что подчеркивает необходимость комплексной оценки состояния тканей на этапе планирования лечения, но применение в клинической практике предложенного метода позволяет добиться относительного увеличения толщины слизистой оболочки и ширины альвеолярного гребня к концу срока наблюдения вне зависимости от первичной клинической ситуации.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Лосев Ф.Ф., Брайловская Т.В., Абаев А.З., Троицкий С.С. Современные аспекты одномоментной дентальной имплантации в эстетической зоне верхней челюсти при атрофии альвеолярной кости. *Стоматология*. 2025;104(4):112–115. <https://doi.org/10.17116/stomat202510404112>
2. Громов А.Л., Щенин А.В., Фомичев И.В., Никонов Д.В. Сравнительный анализ результатов одномоментной и отсроченной дентальной имплантации. *Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и Технические Науки*. 2024;12:193–195. <https://doi.org/10.37882/2223-2966.2024.12.13>
3. Guillou E, Lerhe B, Gemmi T, Khenissa N, Latrèche S, Loridon G. Simultaneous sinus elevation and immediate implant placement without biomaterial: A technical note. *J Stomatol Oral Maxillofac Surg*. 2024;125(2):101677. <https://doi.org/10.1016/j.jormas.2023.101677>
4. Potapchuk A, Onipko Y, Almashi V, Rak Y, Hegedüs C, Kryvanych V, Sheveria S. Evaluation of dynamic changes in the microcirculation of the mucosa in the zone of dental implantation with immediate intraoperative load. *Wiad Lek*. 2023;76(9):1897–1905. <https://doi.org/10.36740/WLek202309101>
5. Ryu DS, Lee JK, Um HS, Lee JB. Comparative Analysis of Survival Rate and Marginal Bone Loss of Dental Implants with One- or Two-Stage Maxillary Sinus Augmentation by Lateral Window Approach: 5-Year Retrospective Study. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2025;40(2):197–206. <https://doi.org/10.11607/jomi.11004>. PMID: 40198091.
6. Suárez-López Del Amo F, Lin GH, Monje A, Galindo-Moreno P, Wang HL. Influence of Soft Tissue Thickness on Peri-Implant Marginal Bone Loss: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Periodontol*. 2016;87(6):690–699. <https://doi.org/10.11607/10.1902/jop.2016.150571>
7. Zhao B, Xu H, Wang W, Li X. Single Immediate Implant Placement into Anterior Maxillary Sockets with Facial Bone Defects: A 5-Year Retrospective Study. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2023;38(2):374–380. <https://doi.org/10.11607/10.11607/jomi.10160>
8. Yin XJ, Wei BY, Ke XP, Zhang T, Jiang MY, Luo XY, Sun HQ. Correlation between clinical parameters of crown and gingival morphology of anterior teeth and periodontal biotypes. *BMC Oral Health*. 2020;20(1):59. <https://doi.org/10.1186/s12903-020-1040-x>
9. Nunes LS, Bornstein MM, Sendi P, Buser D. Anatomical characteristics and dimensions of edentulous sites in the posterior maxillae of patients referred for implant therapy. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 2013;33(3):337–345. <https://doi.org/10.11607/10.11607/prd.1475>
10. Palomino-Zorrilla JJ, Córdova-Limaylla NE, Rosas-Díaz JC, Cayo-Rojas CF, Cervantes-Ganoza LA, Guerrero ME. Jawbone quality classification in dental implant planning and placement studies. A scoping review. *J Int Soc Prev Community Dent*. 2024;14(2):89–97. [https://doi.org/10.4103/jispcd.JISPCD\\_4\\_22](https://doi.org/10.4103/jispcd.JISPCD_4_22)
11. Albeshri S, Greenstein G. Significance of Facial Bone Thickness After Dental Implantations in Healed Ridges: A Literature Review. *Compend Contin Educ Dent*. 2021;42(9):528–535
12. Chen ST, Buser D. Esthetic outcomes following immediate and early implant placement in the anterior maxilla--a systematic review. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2014;29 Suppl:186–215. <https://doi.org/10.11607/10.11607/jomi.2014suppl.g3.3>
13. Weigl P, Strangio A. The impact of immediately placed and restored single-tooth implants on hard and soft tissues in the anterior maxilla. *Eur J Oral Implantol*. 2016;9 Suppl 1:S89–106
14. Cosyn J, Hooghe N, De Bruyn H. A systematic review on the frequency of advanced recession following single immediate implant treatment. *J Clin Periodontol*. 2012;39(6):582–589. <https://doi.org/10.1111/j.1600-051X.2012.01888.x>
15. Goteiner D, Levy R, Jiang S, Goldman M, Singer SR. Long-term CBCT evaluation of bone volume stability post dental implant placement: 1. Exploring sex as a risk factor. *Quintessence Int*. 2025;56(7):538–547. <https://doi.org/10.3290/j.qi.b6336017>
16. Gaddale R, Chowdhary R, Mishra SK, Sagar K. Soft and hard tissue changes following immediate implant placement and immediate loading in aesthetic zone--a systematic review and meta-analysis. *Evid Based Dent*. 2025;26(2):109–110. <https://doi.org/10.1038/s41432-024-01091-7>
17. Raghoobar GM, Korfage A, Meijer HJA, Gareb B, Vissink A, Delli K. Linear and profilometric changes of the mucosa following soft tissue augmentation in the zone of aesthetic priority: A systematic review and meta-analysis. *Clin Oral Implants Res*. 2021;32 Suppl 21:138–156. <https://doi.org/10.1111/clr.13759>
18. Дьячкова Е.Ю., Тарасенко С.В., Судьев С.А., Иванов С.С., Кузнецов А.И., Атеф С.А., Бекасов И.С. Усовершенствования протокола операции одномоментной дентальной имплантации пациентов при потере зубов. *Проблемы стоматологии*. 2023;18(4):73–79. <http://dx.doi.org/10.18481/2077-7566-2022-18-4-73-79>
19. Diachkova E, Tarasenko S, Sudiev S, Ivanov S, Kuznetsov A, Atef S, Bekasov I. Improving the protocol for the operation of one-stage dental implantation of patients with tooth loss. *Actual problems in dentistry*. 2023;18(4):73–79 (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.18481/2077-7566-2022-18-4-73-79>
20. Merli M, Merli M, Pagliaro U, Fratini A, Lo Russo L, Nieri M. The Multilayer GBR Technique: An Alternative Approach for One-Stage Transmucosal Implant Placement in the Presence of Horizontal Defects. A Case Series. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 2022;42(4):e113–e120. <https://doi.org/10.11607/prd.6084>
21. Bornstein MM, Al-Nawas B, Kuchler U, Tahmaseb A. Consensus statements and recommended clinical procedures regarding contemporary surgical and radiographic techniques in implant dentistry. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2014;29 Suppl:78–82. <https://doi.org/10.11607/jomi.2013.g1>
22. Cooper LF, Pin-Harry OC. “Rules of Six”—diagnostic and therapeutic guidelines for single-tooth implant success. *Compend Contin Educ Dent*. 2013;34(2):94–98, 100–101; quiz 102, 117.
23. Mello CC, Lemos CAA, Verri FR, Dos Santos DM, Goiato MC, Pellizzer EP. Immediate implant placement into fresh extraction sockets versus delayed implants into healed sockets: A systematic review and meta-analysis. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2017;46(9):1162–1177. <https://doi.org/10.1016/j.ijom.2017.03.016>
24. Kageyama I, Maeda S, Takezawa K. Importance of anatomy in dental implant surgery. *J Oral Biosci*. 2021;63(2):142–152. <https://doi.org/10.1016/j.job.2021.01.002>
25. Леонова Л.Е., Павлова Г.А., Попов А.В. Степень атрофии вестибулярной пластинки альвеолы на ранних и поздних сроках после удаления зубов. *Пермский медицинский журнал*. 2015;32(5):52–56. <https://doi.org/10.17816/pmj32552-56>
26. Leonova LE, Pavlova GA, Popov AV. Atrophy degree of alveolar vestibular plate at early and late terms after tooth extraction. *Perm Medical Journal*. 2015;32(5):52–56 (In Russ.). <https://doi.org/10.17816/pmj32552-56>

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ**

**Лосев Федор Федорович** — доктор медицинских наук, профессор, член-корреспондент Российской академии наук, директор федерального государственного бюджетного учреждения Национальный медицинский исследовательский центр «Центральный научно-исследовательский институт стоматологии и челюстно-лицевой хирургии» Министерства здравоохранения Российской Федерации; заведующий кафедрой стоматологии Института стоматологии им. Е.В. Боровского федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский университет).

<https://orcid.org/0000-0002-9448-9614>

**Брайловская Татьяна Владиславовна** ✉ — доктор медицинских наук, профессор, врач — стоматолог-хирург отделения клинической и экспериментальной имплантологии федерального государственного бюджетного учреждения Национальный медицинский исследовательский центр «Центральный научно-исследовательский институт стоматологии и челюстно-лицевой хирургии» Министерства здравоохранения Российской Федерации; профессор кафедры стоматологии Института стоматологии

**INFORMATION ABOUT THE AUTHORS**

**Fedor F. Losev** — Dr. Sci. (Med.), Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Director of the National Medical Research Center “Central Research Institute of Dentistry and Maxillofacial Surgery”; Head of the Department of Dentistry at the E.V. Borovsky Institute of Dentistry, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University).

<https://orcid.org/0000-0002-9448-9614>

**Tatiana V. Brailovskaya** ✉ — Dr. Sci. (Med.), Professor, Dental Surgeon, Division of Clinical and Experimental Implantology, National Medical Research Center “Central Research Institute of Dentistry and Maxillofacial Surgery”; Professor at the Department of Dentistry, E.V. Borovsky Institute of Dentistry, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University).

<https://orcid.org/0000-0003-0407-0885>

им. Е.В. Боровского федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский университет).

<https://orcid.org/0000-0003-0407-0885>

**Абаев Алан Зоинбекович** — аспирант, врач — стоматолог-хирург междисциплинарного многопрофильного стоматологического отделения федерального государственного бюджетного учреждения Национальный медицинский исследовательский центр «Центральный научно-исследовательский институт стоматологии и челюстно-лицевой хирургии» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

<https://orcid.org/0009-0000-6499-9448>

**Троицкий Сергей Сергеевич** — врач-ординатор междисциплинарного многопрофильного стоматологического отделения федерального государственного бюджетного учреждения Национальный медицинский исследовательский центр «Центральный научно-исследовательский институт стоматологии и челюстно-лицевой хирургии» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

<https://orcid.org/0009-0000-7883-3107>

**Alan Z. Abaev** — Postgraduate Student, Dental Surgeon, Interdisciplinary Multidisciplinary Dental Department, National Medical Research Center “Central Research Institute of Dentistry and Maxillofacial Surgery.”

<https://orcid.org/0009-0000-6499-9448>

**Sergey S. Troitsky** — Resident Doctor of Interdisciplinary Multidisciplinary Dentistry Department, National Medical Research Center “Central Research Institute of Dentistry and Maxillofacial Surgery.”

<https://orcid.org/0009-0000-7883-3107>

✉ Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

## Исследование прочностных свойств вращающихся никель-титановых эндодонтических инструментов на основании устойчивости к циклической усталости: нерандомизированное экспериментальное исследование

А.А. Адамчик<sup>1</sup>✉, В.В. Дорогань<sup>2</sup>, В.В. Таиров<sup>1</sup>, Н.И. Быкова<sup>1</sup>, Е.С. Запорожская-Абрамова<sup>1</sup>, Д.А. Стамов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, ул. им. Митрофана Седина, д. 4, г. Краснодар, 350063, Россия

<sup>2</sup> Государственное бюджетное учреждение здравоохранения «Краевая клиническая стоматологическая поликлиника» Министерства здравоохранения Краснодарского края, ул. Рашпилевская, д. 31, г. Краснодар, 350063, Россия

### АННОТАЦИЯ

**Введение.** Основная проблема при принятии решения клинициста состоит в том, какой никель-титановый инструмент использовать в каждом конкретном клиническом случае. Часто это происходит от незнания, на что обращать внимание. Несмотря на всю информацию, существующую в литературе, трудно найти алгоритм принятия решения, хотя известно, что при диагностике анатомо-топографических особенностей корневых каналов зуба при эндодонтическом лечении нужно обращать внимание на угол изгиба и радиус кривизны корневого канала. **Цель исследования:** изучение прочностных свойств вращающихся никель-титановых эндодонтических инструментов путем проведения сравнительного экспериментального исследования стойкости к циклической усталости. **Методы.** Нерандомизированное экспериментальное исследование проведено с использованием двух систем вращающихся никель-титановых инструментов: РМ-файл («Русмед», Россия) и ProTaper Universal (Dentsply Sirona, США). Методом трехмерного моделирования в программе Fusion 360 (Autodesk, США) спроектированы фантомы корневых каналов, представляющие собой блоки с рядом из 5 каналов для каждого размера инструментов, имитирующие угол изгиба корневого канала 45°, радиус кривизны 5 мм, с изменением конусности для каждого конкретного инструмента с учетом коэффициента увеличения 1,05. За диаметры кончиков для каждого инструмента принимались величины: S1 = 0,17 мм, S2 = 0,2 мм, F1 = 0,2 мм, F2 = 0,25 мм, F3 = 0,3 мм. Блоки с индивидуальными размерами инструментов изготавливали из металла путем селективного лазерного спекания. Блоки фиксировали к жесткому полотну и вводили через устья каналов на всю длину исследуемые эндодонтические инструменты. Вращение производилось эндомотором с постоянной скоростью 350 об/мин, торком 2,0 Н/см. Проводилось измерение количества циклов работы инструментов до поломки с фиксацией времени наступления перелома инструмента. Далее осуществлялось изучение износа поверхности отломков инструментов с использованием растрового электронного микроскопа JEOL JSM-7500F (Токуо Воэки, Япония). Базу первичных данных создавали в программе Excel 2016 (Microsoft Corporation, США). Проверку гипотез и сравнение выборок проводили с использованием программного обеспечения с открытым исходным кодом JASP 0.19.1 (JASP, Нидерланды). В процессе статистической обработки данных применяли параметрические критерии (критерий Стьюдента для независимых выборок) значимыми статистические различия принимали при уровне  $p \leq 0,05$ . **Результаты.** Для системы РМ-файл инструмент S1 показал среднее количество циклов вращения  $292,00 \pm 38,45$  при минимальном значении 227 циклов и максимальном 340 циклов. Инструмент S2 продемонстрировал более высокие показатели со средним значением  $345,00 \pm 62,72$  цикла, варьируя от 266 до 438 циклов. Инструмент F1 имел среднюю стойкость  $256,00 \pm 31,92$  цикла с разбросом от 188 до 291 цикла. Наименьшие показатели среди инструментов РМ-файл были зафиксированы у F2 ( $111,00 \pm 48,34$  цикла, диапазон 40–184) и F3 ( $82,00 \pm 26,55$  цикла, диапазон 43–130). В системе ProTaper Universal инструмент S1 показал наилучшие результаты со средним значением  $395,00 \pm 38,12$  цикла при минимальном показателе 306 циклов и максимальном 450 циклов. Инструмент S2 этой системы имел среднюю стойкость  $170,00 \pm 21,55$  цикла с разбросом от 144 до 202 циклов. Инструменты F-серии ProTaper Universal продемонстрировали относительно низкие показатели: F1– $72,00 \pm 10,75$  цикла (58–91), F2– $86,00 \pm 22,06$  цикла (60–120), F3– $79,00 \pm 26,33$  цикла (38–116). **Заключение.** Полученные данные убедительно свидетельствуют о преимуществе системы РМ-файл перед ProTaper Universal по показателям стойкости к циклической усталости. Данная система может успешно применяться для обработки сложных корневых каналов, включая случаи выраженной кривизны. Ключевое значение при этом имеет: использование инструментов в пределах установленного производителем ресурса, поддержание оптимальной скорости вращения, обеспечение достаточной ирригации и контроль прилагаемого усилия.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** эндодонтия, перелом инструментов, циклическая усталость, кривизна корневых каналов, эндодонтические инструменты

**ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:** Адамчик А.А., Дорогань В.В., Таиров В.В., Быкова Н.И., Запорожская-Абрамова Е.С., Стамов Д.А. Исследование прочностных свойств вращающихся никель-титановых эндодонтических инструментов на основании устойчивости к циклической усталости: нерандомизированное экспериментальное исследование. *Кубанский научный медицинский вестник*. 2025;32(5):47–63. <https://doi.org/10.25207/1608-6228-2025-32-5-47-63>

**ИСТОЧНИКИ ФИНАНСИРОВАНИЯ:** авторы заявляют об отсутствии спонсорской поддержки при проведении исследования.

**КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов, связанного с этой рукописью.

© Адамчик А.А., Дорогань В.В., Таиров В.В., Быкова Н.И., Запорожская-Абрамова Е.С., Стамов Д.А., 2025

**ДЕКЛАРАЦИЯ О НАЛИЧИИ ДАННЫХ:** данные, подтверждающие выводы этого исследования, можно получить у контактного автора по обоснованному запросу. Данные и статистические методы, представленные в статье, прошли статистическое рецензирование редактором журнала — сертифицированным специалистом по биостатистике.

**СООТВЕТСТВИЕ ПРИНЦИПАМ ЭТИКИ:** проведенное исследование соответствует стандартам Хельсинкской декларации, одобрено на заседании экспертной комиссии Независимого этического комитета федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (ул. им. Митрофана Седина, д. 4, г. Краснодар, 350063, Россия) протокол № 69 от 26.10.2018.

**БЛАГОДАРНОСТИ:** авторы выражают благодарность за помощь в проведении электронно-микроскопических исследований Соколову Михаилу Евгеньевичу, кандидату химических наук, руководителю научно-образовательного центра «Диагностика структуры и свойств наноматериалов» Центра коллективного пользования федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный университет».

**ВКЛАД АВТОРОВ:** А.А. Адамчик, В.В. Дорогань, В.В. Таиров, Н.И. Быкова, Е.С. Запорожская-Абрамова, Д.А. Стамов — разработка концепции и дизайн исследования; А.А. Адамчик, В.В. Дорогань, В.В. Таиров, Е.С. Запорожская-Абрамова — сбор данных; А.А. Адамчик, В.В. Таиров, Н.И. Быкова — анализ и интерпретация результатов; В.В. Дорогань, В.В. Таиров, Е.С. Запорожская-Абрамова, Д.А. Стамов — обзор литературы, проведение статистического анализа; А.А. Адамчик, В.В. Дорогань — составление черновика рукописи и формирование его окончательного варианта; В.В. Таиров, Н.И. Быкова, Е.С. Запорожская-Абрамова, Д.А. Стамов — критический пересмотр черновика рукописи с внесением ценного замечания интеллектуального содержания. Все авторы одобрили финальную версию статьи перед публикацией, выразили согласие нести ответственность за все аспекты работы, подразумевающие надлежащее изучение и решение вопросов, связанных с точностью и добросовестностью любой части работы.

✉ **КОРРЕСПОНДИРУЮЩИЙ АВТОР:** Адамчик Анатолий Анатольевич, доктор медицинских наук, доцент, заведующий кафедрой терапевтической стоматологии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации. Адрес: ул. им. Митрофана Седина, д. 4, г. Краснодар, 350063, Россия. E-mail: adamchik1@mail.ru

Получена: 12.03.2025 / Получена после доработки: 04.08.2025 / Принята к публикации: 15.09.2025

## Strength properties of rotating nickel-titanium endodontic instruments in terms of resistance to cyclic fatigue: A nonrandomized experimental study

Anatoly A. Adamchik<sup>1</sup>✉, Vladislav V. Dorogan<sup>2</sup>, Valerii V. Tairov<sup>1</sup>, Natalya I. Bykova<sup>1</sup>, Ekaterina S. Zaporozhskaya-Abramova<sup>1</sup>, Dmitrii A. Stamov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Kuban State Medical University, Mitrofana Sedina str., 4, Krasnodar, 350063, Russia

<sup>2</sup> Regional Clinical Dental Clinic, Rashpilevskaya str., 31, Krasnodar, 350063, Russia

### ABSTRACT

**Background.** Clinicians frequently encounter difficulties when selecting nickel-titanium instruments for specific clinical cases, primarily due to a lack of knowledge of what should be considered. Despite all the information available in the literature, the algorithm for making a decision is difficult to find. However, the bending angle and curvature radius of the root canal are known as essential factors to consider when diagnosing the anatomical and topographical features of tooth root canals during endodontic treatment. **Objective.** To evaluate the strength properties of rotating nickel-titanium endodontic instruments by conducting a comparative experimental study on their resistance to cyclic fatigue. **Methods.** A nonrandomized experimental study was conducted using two systems of rotating nickel-titanium instruments, the RM file (Rusmed, Russia) and ProTaper Universal (Dentsply Sirona, USA). Fusion 360 (Autodesk, USA) 3D modeling software was used to design root canal phantoms, which are blocks with a series of 5 channels for each instrument size, simulating a 45° root canal angle, a curvature radius of 5 mm, with a change in taper for each specific instrument, taking into account a magnification factor of 1.05. The following values were taken as the tip diameters for each instrument: S1 = 0.17 mm, S2 = 0.2 mm, F1 = 0.2 mm, F2 = 0.25 mm, F3 = 0.3 mm. Blocks with individual instrument sizes were made from metal using selective laser sintering. The blocks were fixed to a rigid canvas, and then the endodontic instruments under investigation were inserted through the canal openings along their entire length. Rotation was performed by an endomotor at a constant speed of 350 rpm, with a torque of 2.0 N/cm. Number of instrument cycles before failure was measured, recording the time of instrument failure. Next, surface wear of instrument fragments was studied using a JEOL JSM-7500F scanning electron microscope (Tokyo Boeki, Japan). The primary data base was created in Excel 2016 (Microsoft Corporation, USA). Hypothesis testing and sample comparison were performed using a JASP 0.19.1. open source software (JASP, Netherlands). Parametric criteria (Student's t-test for independent samples) were used in the statistical data processing, and statistically significant differences were accepted at a level of  $p \leq 0.05$ . **Results.** For the RM file system, S1 instrument showed an average number of rotation cycles of  $292.00 \pm 38.45$ , with a minimum value of 227 cycles and a maximum value of 340 cycles. S2 instrument demonstrated higher performance with an average value of  $345.00 \pm 62.72$  cycles, ranging from 266 to 438 cycles. F1 instrument exhibited an average resistance of  $256.00 \pm 31.92$  cycles, ranging from 188 to 291 cycles. The lowest values among the RM file instruments were recorded for F2 ( $111.00 \pm 48.34$  cycles, range 40–184) and F3 ( $82.00 \pm 26.55$  cycles, range 43–130). For the ProTaper Universal system, S1 instrument showed the highest performance with a mean of  $395.00 \pm 38.12$  cycles, with a minimum of 306 cycles and a maximum of 450 cycles. S2 instrument of this system had an average durability of  $170.00 \pm 21.55$  cycles with a range from 144 to 202 cycles. ProTaper Universal F-series instruments demonstrated relatively low performance: F1 had an average of  $72.00 \pm 10.75$  cycles (58–91), F2 with a  $86.00 \pm 22.06$  cycle (60–120), and F3 with a  $79.00 \pm 26.33$  cycle (38–116). **Conclusion.** The data obtained demonstrate the advantage of the RM file system over ProTaper Universal in terms of resistance to cyclic fatigue. This system can be successfully used for treating complex root canals, including cases of pronounced curvature. Key factors in this case include using instruments within the manufacturer's specified service life, maintaining optimal rotation speed, ensuring adequate irrigation, and controlling the force applied.

**KEYWORDS:** endodontics, instrument fracture, cyclic fatigue, root canal curvature, endodontic instruments

**FOR CITATION:** Adamchik A.A., Dorogan V.V., Tairov V.V., Bykova N.I., Zaporozhskaya-Abramova E.S., Stamov D.A. Strength properties of rotating nickel-titanium endodontic instruments in terms of resistance to cyclic fatigue: A nonrandomized experimental study. *Kuban Scientific Medical Journal*. 2025;32(5):47–63. <https://doi.org/10.25207/1608-6228-2025-32-5-47-63>

**FUNDING:** The authors declare that no funding was received for this study.

**CONFLICT OF INTEREST:** The authors declare no conflict of interest.

**DATA AVAILABILITY STATEMENT:** Data supporting the findings of this study are available from the corresponding author upon reasonable request. The data and statistical methods presented in the paper have been statistically reviewed by the journal editor, a certified biostatistician.

**COMPLIANCE WITH ETHICAL STANDARDS:** The study complies with the standards of the Helsinki Declaration, approved by the Independent Ethics Committee of Kuban State Medical University (Mitrofana Sedina str., 4, Krasnodar, 350063, Russia) Minutes No. 69 of October 26, 2018.

**ACKNOWLEDGEMENTS:** The authors would like to express their gratitude to Mikhail Evgenievich Sokolov, Cand. Sci. (Chemistry), Head of the Scientific and Educational Center for Diagnostics of Nanomaterials Structure and Properties of the Collective Use Center, Kuban State University, for his assistance in conducting electron microscopy studies.

**AUTHOR CONTRIBUTIONS:** A.A. Adamchik, V.V. Dorogan, V.V. Tairov, N.I. Bykova, E.S. Zaporozhskaya-Abramova, D.A. Stamov — concept statement and study design; A.A. Adamchik, V.V. Dorogan, V.V. Tairov, E.S. Zaporozhskaya-Abramova — data collection; A.A. Adamchik, V.V. Tairov, N.I. Bykova — analysis and interpretation of the results; V.V. Dorogan, V.V. Tairov, E.S. Zaporozhskaya-Abramova, D.A. Stamov — literature review and statistical analysis; A.A. Adamchik, V.V. Dorogan — drafting of the manuscript and preparation of its final version; V.V. Tairov, N.I. Bykova, E.S. Zaporozhskaya-Abramova, D.A. Stamov — critical review of the manuscript with introduction of valuable intellectual content. All authors have read and approved the final version before publication, have agreed to be responsible for all aspects of the work, which implies proper study and resolution of issues related to the accuracy and integrity of any part of the work.

✉ **CORRESPONDING AUTHOR:** Anatoly A. Adamchik, Dr. Sci. (Med.), Associate Professor, Head of the Department of Therapeutic Dentistry, Kuban State Medical University. Address: Mitrofana Sedina str., 4, Krasnodar, 350063, Russia. E-mail: adamchik1@mail.ru

**Received:** 12.03.2025 / **Revised:** 04.08.2025 / **Accepted** 15.09.2025

## ВВЕДЕНИЕ

Введение вращающихся никель-титановых (Ni-Ti) инструментов ознаменовало революцию в эндодонтической практике. Благодаря своей гибкости и прочности никель-титановые сплавы позволяют инструментам адаптироваться к сложной анатомии корневых каналов, включая искривления и разветвления, что ранее было труднодостижимо при использовании ручных инструментов из нержавеющей стали. Это, в свою очередь, повышает эффективность очистки и формирования корневого канала, что является ключевым фактором успешного эндодонтического лечения [1]. Уникальная комбинация свойств позволяет вращающимся Ni-Ti инструментам адаптироваться к сложной анатомии корневых каналов, минимизируя риск образования ступенек, перфораций и других ятрогенных ошибок. Гибкость сплава обеспечивает деликатное снятие дентина, сохраняя при этом целостность структуры зуба [2].

Ключевое значение в определении механических характеристик вращающихся инструментов из никель-титанового сплава отводится двум специфическим свойствам. Эффект памяти формы, первое из рассматриваемых свойств, обеспечивает способность Ni-Ti инструментов восстанавливать заданную конфигурацию после деформации при нагреве. Данное явление обусловлено термоиндуцированным фазовым переходом между мартенситной (низкотемпературной) и аустенитной (высокотемпературной) кристаллическими фазами. Сверхэластичность, второе важное свойство, позволяет никель-титановым сплавам претерпевать значительные обратимые деформации (до 8%) под воздействием механической нагрузки. Это обусловлено образованием так называемого мартенсита, индуцированного напряжением [3–7]. Клиническое значение эффекта памяти формы заключается в возможности

предварительного изгиба Ni-Ti инструментов для облегчения доступа к искривленным корневым каналам. После введения и нагрева до температуры тела инструмент восстанавливает свою первоначальную форму, обеспечивая эффективную обработку канала. Сверхэластичность, в свою очередь, обеспечивает гибкость инструмента, позволяя ему адаптироваться к сложной анатомии корневого канала и снижая риск образования ступенек, перфораций и поломок инструмента [8–12].

Механические свойства Ni-Ti-сплавов существенно зависят от химического состава (соотношения Ni и Ti), термической обработки и технологических процессов изготовления. Небольшие изменения в составе могут значительно влиять на температуру фазового перехода и механические характеристики. Контроль этих параметров имеет решающее значение для оптимизации производительности и долговечности вращающихся Ni-Ti инструментов [13, 14]. Дальнейшие исследования направлены на разработку новых типов Ni-Ti-сплавов с улучшенными механическими свойствами, а также на оптимизацию дизайна инструментов и режимов их использования. Применение методов поверхностной обработки, таких как азотирование и оксидирование, также рассматривается для повышения износостойкости и снижения риска поломки Ni-Ti инструментов [15].

Термически обработанные сплавы никель-титановых эндодонтических инструментов характеризуются более высоким содержанием мартенситной фазы, которая более эластична и устойчива к усталостным нагрузкам, чем аустенитная фаза. Термически обработанный Ni-Ti-сплав M-Wire (Martensite Wire) обладает большей гибкостью, большей устойчивостью к циклической усталости и лучшими механическими свойствами по сравнению

с обычными Ni-Ti-сплавами. Сплав SM-WIRE (control memory-wire) легко деформируется при механическом воздействии, но восстанавливает свою первоначальную форму после нагревания в автоклаве, вплоть до того момента, когда происходит обратная деформация, при которой форма будет продолжать деформироваться после стерилизации, что является признаком того, что она не пригодна для повторного использования. Таким образом, было обнаружено, что инструменты из сплава SM-Wire обладают большей гибкостью и устойчивостью к циклической усталости, чем обычные инструменты из сплава M-Wire и Ni-Ti-файлы [16, 17].

Отличительный цвет Ni-Ti-файлов, синий или золотой, обусловлен тем фактом, что после термической обработки сплава на поверхности инструмента остается слой оксида титана. Толщина этого слоя в синем сплаве составляет 60–80 нм, в то время как в золотом сплаве она составляет 100–140 нм. Эти инструменты также обладают контролируемой памятью и могут деформироваться. Основное различие между файлами из сплава SM-Wire и инструментами с термообработкой синего и золотого цветов заключается в том, что эти инструменты подвергаются механической обработке перед термообработкой. Все золотые и синие термообработанные инструменты продемонстрировали большую гибкость и усталостную стойкость по сравнению с обычными сплавами Ni-Ti и M-Wire. Однако по сравнению со сплавами, контролирующими память материала, такими как SM-Wire, стойкость последних к циклической усталости выше [17].

Один из видов Ni-Ti-файлов — Нуфлекс-инструменты EDM (Coltene/Whaledent, Альштеттен, Швейцария), они изготавливаются из SM-Wire сплава с использованием технологии электроэрозионной обработки (EDM). EDM — это процесс термической эрозии, используемый с электропроводящими материалами, в результате которого поверхность инструмента приобретает форму кратера. НуFlex EDM обладает значительно более высокой усталостной стойкостью по сравнению с обычными Ni-Ti-файлами Нуflex SM, M-Wire и обычными Ni-Ti-файлами, в то время как его гибкость остается такой же, как у инструментов из SM-Wire-сплава [16, 17]. Компания FKG Dentaire представила инновационный сплав Ni-Ti для эндодонтических инструментов, MaxWire (Martensite-Austenite-electropolish-fileX), прошедший термомеханическую обработку. Этот запатентованный сплав, используемый в производстве XP-endo Shaper и XP-endo Finisher, характеризуется сочетанием эффекта памяти формы и сверхэластичности, что делает его уникальным для клинического применения в эндодонтии [18].

Основная проблема при принятии решения у клинициста в том, какой никель-титановый инструмент использовать в каждом конкретном клиническом случае. Часто это происходит из-за незнания, на что обращать внимание. Несмотря на всю информацию, существующую в литературе, трудно найти алгоритм принятия решения, хотя известно, что при диагностике анатомо-топографических особенностей корневых каналов зуба при эндодонтическом лечении нужно обращать внимание на угол изгиба

корневого канала и радиус кривизны корневого канала [19–21].

Несмотря на уникальные свойства, Ni-Ti инструменты подвержены циклической усталости и торсионной перегрузке, что может привести к их поломке в корневом канале. Циклическая усталость возникает в результате многократных циклов нагрузки и разгрузки при изгибе инструмента, а торсионная перегрузка — при превышении предела прочности на кручение. Понимание этих механизмов поломки необходимо для разработки стратегий предотвращения и повышения безопасности использования Ni-Ti инструментов [22–24].

**Цель исследования** — изучение прочностных свойств, вращающихся никель-титановых эндодонтических инструментов путем проведения сравнительного экспериментального исследования стойкости к циклической усталости.

## МЕТОДЫ

### Дизайн исследования

Нерандомизированное экспериментальное исследование проведено с использованием двух систем никель-титановых вращающихся инструментов системы РМ-файл («Русмед», Россия), Регистрационное удостоверение № РЗН 2021/15976 от 13.12.2021, и ProTaper Universal (Dentsply Sirona, США), регистрационное удостоверение на медицинское изделие РЗН 2015/2616 от 28.04.2015.

### Критерии соответствия

Инструменты находились в заводской упаковке, не вскрыты, ранее не использовались и не подвергались автоклавированию. Имеют регистрационные удостоверения на медицинские изделия. Обеспечивают проведение всех этапов механической обработки каналов корневых зубов. Материал инструментов: никель-титановый сплав. Использовались в работе с эндомотором. Критерии невключения и исключения испытуемых инструментов не предусмотрен методологией исследования.

### Условия проведения

Экспериментальный стенд был подготовлен на базе структурного подразделения — кафедры терапевтической стоматологии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (ФГБОУ ВО КубГМУ Минздрава России). Электронно-микроскопическое исследование осуществлено на базе научно-образовательного центра «Диагностика структуры и свойств наноматериалов» Центра коллективного пользования федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный университет».

### Продолжительность исследования

Эксперимент проводился с декабря 2023 по март 2024 года. Подготовка экспериментального стенда к работе и его ввод в эксплуатацию были осуществлены в течение двух месяцев. Экспериментальное исследование с интерпретацией данных заняло 1 месяц.

### Алгоритм методологии эксперимента

В программе для 3D-моделирования Fusion 360 (Autodesk, США) проектировали фантом каналов протяженностью 16 мм каждый, следующей с углом изгиба 45°, радиусом кривизны 5. Проектирование проводили следующим образом: строили кривые, имитирующие траекторию корневого канала с учетом угла и радиуса кривизны имитируемого корневого канала зуба; для имитации конусной формы с сохранением планируемой траектории инструмента кривым придавали диаметр и конусность, соответствующие планируемым к апробации инструментам, с коэффициентом увеличения 1,05 мм, это производилось при помощи встроенной функции “sweep”. Размеры, а именно диаметр кончика и конусность инструментов на каждом миллиметре, были получены путем изучения документации («Выписка из технической документации на медицинское изделие», “ProTaper Universal System\_Brochure\_EN”), где были указаны параметры конусности инструментов, а также диаметры их кончиков, и общения с производителями на тему уточнения параметров конусности.

Сначала были спроектированы прямые длиной 16 мм. Им был предан угол 45°, и он был скруглен до обеспечения радиуса кривизны 5 мм, что обеспечивало создание изгиба на расстоянии около 5 мм от кончика и около 7 мм от входного отверстия (рис. 1).

За диаметры кончиков инструментов системы РМ-файл и ProTaper Universal для каждого инструмента принимались величины (мм): S1 = 0,17; S2 = 0,2; F1 = 0,2; F2 = 0,25; F3 = 0,3 (табл. 1, 2).

Далее производились расчеты угла конусности (отрезок в 1 мм представлялся как трапеция, где строили высоту из внешней точки меньшего основания к большему основанию, получая прямоугольный треугольник. Угол определялся тригонометрически. Угол вносился через каждый миллиметр во встроенную функцию “sweep”, что обеспечивало создание конусности будущего канала фантома.

В этой же программе формировали 3D-блок произвольного размера с необходимостью формирования отверстий для винтовой фиксации к твердому полотну диаметром 3,1 мм и полученные изображения каналов переносили в него с условием пересечения устьев и стенки блока, удаляли пересекающиеся части объектов с использованием функций “combine” и “cut”; полученный фантом сохраняли на цифровом носителе в формате.stl, после чего путем селективного лазерного спекания изготовили симуляционный блок из металла, используя.stl-файл (рис. 2).

Собран экспериментальный стенд (рис. 3). Фантом фиксировали к жесткому полотну и вводили через устья каналов на всю длину механические никель-титановые эндодонтические инструменты, зафиксированные в эндомотор, вращали каждый из них со скоростью 350 об/мин до наступления перелома и фиксировали время его вращения до наступления перелома, определяли как циклическую прочность. Время вращения определялось с использованием цифрового секундомера, впоследствии для обработки переводили время в количество циклов вращения инструмента. Полученные данные о времени

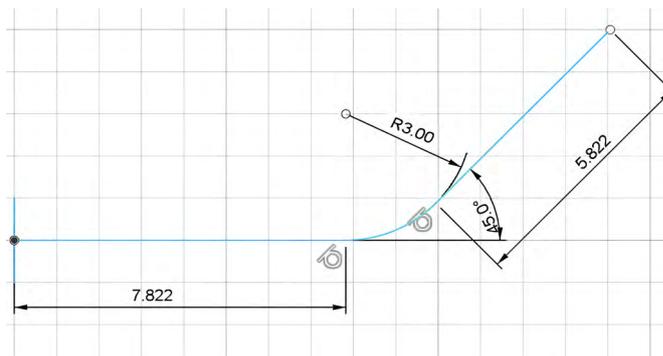


Рис. 1. Чертеж кривой, имитирующей расположение корневого канала

Примечание: рисунок выполнен авторами в программе Fusion 360 (Autodesk, США).

Fig. 1. Curve pattern simulating the root canal location

Note: The figure was created by the authors using Fusion 360 software (Autodesk, USA).

работы заносили в сводную таблицу и подвергали статистическому анализу.

### Исходы исследования

#### Основной исход исследования

Основной исход исследования: данные о количестве циклов работы до наступления перелома никель-титановых вращающихся эндодонтических инструментов в канале фантома, моделирующего сильно изогнутый канал по Schneider (угол кривизны) и умеренно изогнутый по Pruett (радиус кривизны). В результате эксперимента наступал перелом инструмента.

#### Дополнительные исходы исследования

Методом электронной растровой микроскопии осуществить визуализацию износа никель-титановых инструментов.

#### Анализ в подгруппах

Инструменты двух систем тестировали на экспериментальном стенде в одинаковых условиях (общее количество испытаний  $n = 100$ ). Инструменты имели схожие маркиров-

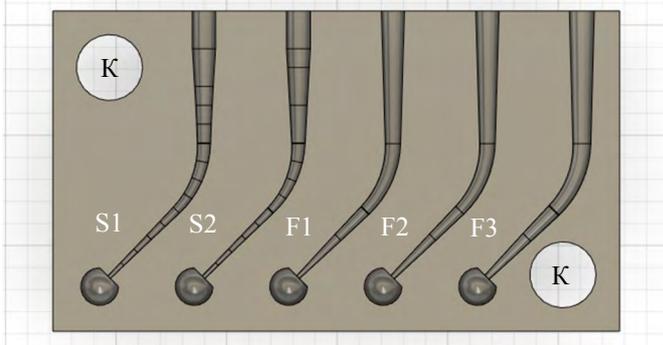


Рис. 2. Трехмерная модель фантома с направляющими

Примечания: рисунок выполнен авторами в программе Fusion 360 (Autodesk, США); S1, S2, F1, F2, F3 — наименование инструмента. Сокращение: К — места крепления.

Fig. 2. 3D model of the phantom with guides

Notes: The figure was created by the authors using Fusion 360 (Autodesk, USA); S1, S2, F1, F2, F3 — instrument names. Abbreviation: K — attachment points.

Таблица 1. Изменения конусности инструментов на каждом миллиметре ProFaper Universal в миллиметрах  
Table 1. Changes in instrument taper per millimeter ProFaper Universal, mm

Рабочая часть инструмента (мм) / Наименование инструмента	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
S1		0,04	0,045	0,05	0,055	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07	0,09	0,105	0,115	0,115
S2		0,02	0,03	0,04	0,045	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,10	0,105	0,105	0,11
F1		0,08	0,08	0,08	0,08	0,06	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055
F2		0,07	0,07	0,07	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055
F3		0,09	0,09	0,09	0,07	0,07	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05

Примечание: таблица составлена авторами на основе данных, предоставленных производителем.

Note: The table was compiled by the authors based on data provided by the manufacturer.

Таблица 2. Изменения конусности инструментов RM-файла на каждом миллиметре в процентах  
Table 2. Changes in the taper of RM file instruments per millimeter, %

Рабочая часть инструмента (мм) / Наименование инструмента	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
S1			3	4	4	5	7	7	8	8	10	12	10	12	8	2
S2			5	6	6	6	7	7	7	7	7	8	8	11	6	2
F1			7	7	6	6	6	6	6	5	5	5	5	5	4	4
F2			8	8	6	6	5	5	5	5	4	3	3	3	3	3
F3			9	9	6	6	5	6	5	5	5	4	4	2	2	1

Примечание: таблица составлена авторами на основе данных, предоставленных производителем.

Note: The table was compiled by the authors based on data provided by the manufacturer.

ки: S1, S2, F1, F2, F3. Таким образом, у нас имелись группы образцов PM-файла и Protaper Universal S1, S2, F1, F2, F3. Разделение в подгруппах производили по двум признакам: маркировки инструмента и по его производителю.

#### Методы регистрации исходов

При сравнении количества циклов работы до наступления перелома инструментов, изготовленных в двух системах: «Русмед» (PM-файл) и ProTaper Universal, проводили измерение в десяти выборках, по пять выборок для каждой системы инструментов. Каждая выборка количества циклов до перелома состояла из 10 измерений для 5 видов инструментов из-за размеров конусности (S1; S2; F1; F2; F3) для каждой системы из двух систем инструментов. Критерий окончания теста: регистрация перелома инструмента. Регистрацию времени работы инструмента проводили при помощи цифрового секундомера с точностью до 0,1 секунды. Время до наступления перелома переводилось в число циклов вращения инструмента путем умножения на скорость: количество циклов ( $N$ ) = скорость вращения  $V$  (350 об/мин)  $\times$  время (минуты).

Изучение поверхности отломков инструментов проведено с использованием растрового электронного микроскопа JEOL JSM-7500F (Токуо Воеки, Япония). Оценивались степень сглаживания граней, наличие дефектов (риски, царапины, зоны усталости).

#### Статистический анализ

##### Принципы расчета размера выборки

Расчет размера выборки не проводили.

##### Методы статистического анализа данных

Числовые распределения количества циклов работы инструментов до момента слома для всех десяти выборок проверяли на соответствие нормальному распределению по критериям Колмогорова — Смирнова и Шапиро — Уилка. По всем выборкам нулевая гипотеза соответствия нормальному закону числового распределения не была отклонена ( $p > 0,05$ ). Исходя из этого описательную статистику представляли в параметрическом виде через математическое ожидание или среднее арифметическое ( $M$ ) и среднеквадратическое отклонение или стандартное отклонение ( $SD$ ), вместе ( $M \pm SD$ ).

Так как соответствие распределений выборок нормальному закону установлено для всех выборок, то при сравнении средних значений количества циклов работы инструмента до поломки применяли параметрические методы: критерий Стьюдента для независимых выборок. Статистически значимыми различия принимали при уровне значимости  $p \leq 0,05$ .

Базу первичных данных создавали в программе Excel 2016 (Microsoft Corporation, США). Проверку гипотез и сравнение выборок проводили с использованием программного обеспечения с открытым исходным кодом JASP 0.19.1 (JASP, Нидерланды). Данный выбор был сделан в силу его соответствия принципам прозрачности научных расчетов, поскольку программа использует открытый движок R и рекомендована к применению в качестве надежного инструмента для статистической обработки данных исследований в настоящей области [25, 26].

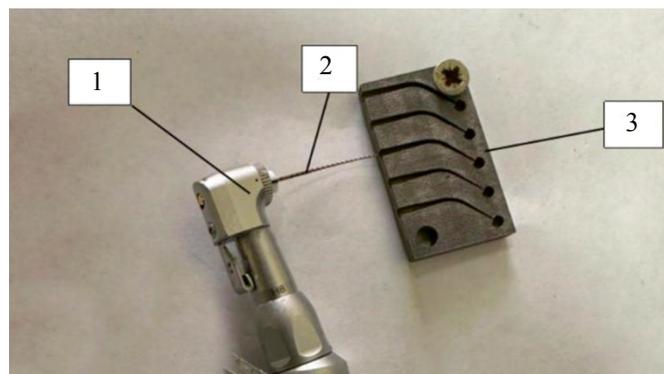


Рис. 3. Экспериментальный стенд: 1 — эндомотор, 2 — никель-титановый вращающийся инструмент, 3 — фантом

Примечание: фотография выполнена авторами.

Fig. 3. Experimental setup: 1 — endomotor, 2 — nickel-titanium rotary instrument, 3 — phantom

Note: The picture was taken by the authors.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

### Модели экспериментального исследования

Для объективной оценки циклической стойкости эндодонтических инструментов была разработана стандартизованная экспериментальная модель зубных корневых каналов, имитирующая условия работы исследуемых инструментов различной конусности и двух фирм изготовителей инструментов в искривленном корневом канале. Модель искусственного канала была спроектирована в программе Fusion 360 с заданными параметрами: длина канала равна 16 мм; угол изгиба —  $45^\circ$  (по Schneider); радиус кривизны — 5 мм (умеренный изгиб по Pruet); конусность, соответствующая конусности инструментов в виде S1, S2, F1, F2, F3. Фантом изготовлен методом селективного лазерного спекания (SLM) из металлического сплава Co-Cr, что обеспечило точное соответствие геометрии реальным клиническим условиям. Скорость вращения инструмента в просвете канала фантома 350 об/мин (рекомендованный режим для исследуемых инструментов), фиксация инструмента: жесткое крепление инструмента в эндомоторе, фиксация эндомотора и фантома: жесткое крепление к твердому полотну. Количество проб для каждого вида инструмента  $n = 100$ . Блок-схема дизайна исследования представлена на рисунке 4.

### Основные результаты исследования

В ходе эксперимента были получены данные о стойкости циклической усталости инструментов двух систем (табл. 3).

Для системы PM-файл инструмент S1 показал среднее количество циклов вращения  $292,00 \pm 38,45$  при минимальном значении 227 циклов и максимальном 340 циклов. Инструмент S2 продемонстрировал более высокие показатели со средним значением  $345,00 \pm 62,72$  цикла, варьируя от 266 до 438 циклов. Инструмент F1 имел среднюю стойкость  $256,00 \pm 31,92$  цикла с разбросом от 188 до 291 цикла. Наименьшие показатели среди инструментов PM-файл были зафиксированы у F2 ( $111,00 \pm$

48,34 цикла, диапазон 40–184) и F3 ( $82,00 \pm 26,55$  цикла, диапазон 43–130).

В системе ProTaper Universal инструмент S1 показал наилучшие результаты со средним значением  $395,00 \pm 38,12$  цикла при минимальном показателе 306 циклов и максимальном 450 циклов. Инструмент S2 этой системы имел среднюю стойкость  $170,00 \pm 21,55$  цикла с разбросом от 144 до 202 циклов. Инструменты F-серии ProTaper Universal продемонстрировали относительно низкие показатели: F1– $72,00 \pm 10,75$  цикла (58–91), F2– $86,00 \pm 22,06$  цикла (60–120), F3– $79,00 \pm 26,33$  цикла (38–116). Для сравнения групп инструментов S1, S2, F1, F2, F3 применялся критерий Стьюдента (табл. 3).

Статистический анализ выявил значимые различия между системами. Инструмент S1 в исполнении Dentsply Sirona показал достоверные различия в большем числе циклов работы до наступления перелома в эксперимен-

те, чем инструмент в исполнении «Русмед». Инструменты S2, F1 в исполнении «Русмед» показали достоверные различия в большем числе циклов работы до наступления перелома в эксперименте, число которых оказалось больше, чем число циклов работы инструмента в исполнении Dentsply Sirona.

Достоверных различий в числе циклов работы до наступления перелома среди инструментов F2, F3 не выявлено.

#### Дополнительные результаты исследования

Результаты микроскопического исследования отломков инструментов представлены на рисунках 5–14.

При увеличении в 100 раз путем растровой электронной микроскопии кончика инструмента S1 РМ-файл определяются незначительное сглаживание и поперечные риски. Лопастки в области кончика линейно в поперечном направлении значительно сглажены на всю глубину, вплоть до полного сглаживания. На всем протяжении визуаль-

#### Схема исследования циклической усталости инструментов

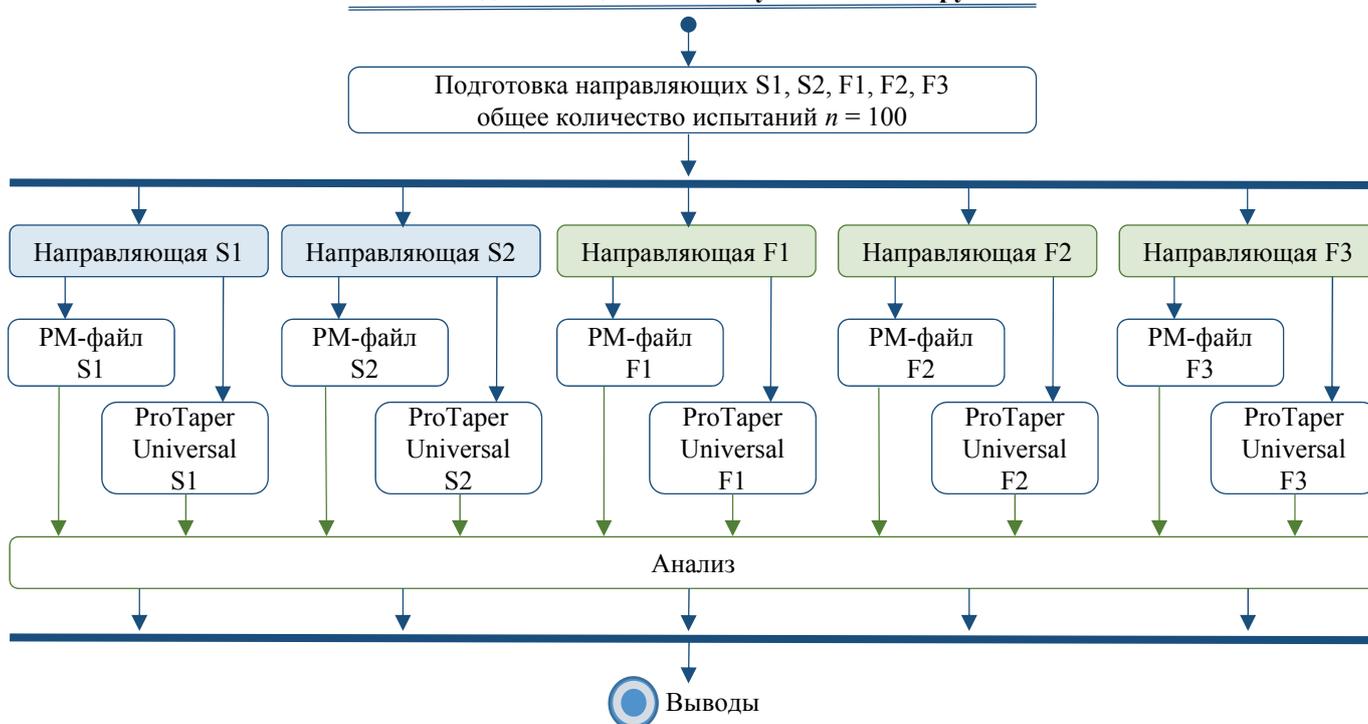


Рис. 4. Блок-схема дизайна исследования

Примечание: рисунок выполнен авторами.

Fig. 4. Block diagram of the study design

Note: The figure was created by the authors.

Таблица 3. Средние значения количества циклов работы инструмента различных систем до поломки (случай)

Table 3. Average cycle numbers of various instrument systems before failure (case)

Вид инструмента	Система РМ-файл	Система ProTaper Universal	<i>p</i>
S1	$292,00 \pm 38,45$	$395,00 \pm 38,12$	<0,001
S2	$345,00 \pm 62,72$	$170,00 \pm 21,55$	<0,001
F1	$256,00 \pm 31,92$	$72,00 \pm 10,75$	<0,001
F2	$111,00 \pm 48,34$	$86,00 \pm 22,06$	0,165
F3	$82,00 \pm 26,55$	$79,00 \pm 26,33$	0,851

Примечание: таблица составлена авторами.

Note: The table was compiled by the authors.

но доступного изображения на вершине граней имеется истирание. При увеличении в 250 раз путем растровой электронной микроскопии определяются сглаживание, поперечные глубокие царапины и множество мелких рисок средней глубины. В области перехода кончика в основную часть визуализируется срезание металла с грани с образованием не отделившейся стружки (рис. 5 А).

При увеличении в 150 раз путем растровой электронной микроскопии в поперечном сечении инструмент S1 РМ-файл имел треугольное сечение с незначительно выпуклыми сторонами, с вершиной, разделяющейся на 2 равных ската. Визуализировалась поверхность отлома, имевшая две неравномерные зоны (основную массивную и незначительную малую) на верхушке грани. Края среза на трех краях ровные, на малом участке зоны отлома имеется незначительное количество спиралевидно закрученных прикрепленных стружек (рис. 5 Б). Грани инструмента при рассмотрении с торца имеют частые поперечные борозды. При увеличении в 350 раз путем растровой электронной микроскопии инструмента S1 РМ-файл основная зона отлома имела неравномерный рельеф и ровный край.

При увеличении в 100 раз путем растровой электронной микроскопии кончика инструмента S1 ProTaper Universal определяется сглаживание граней. Сглаживание равномерное, без рисок. При увеличении в 250 раз путем растровой электронной микроскопии кончик незначительно истерт, переход кончика в основную часть плавный, истертый, определяются риски от первичной заводской шлифовки (рис. 6 А).

При увеличении в 150 раз путем растровой электронной микроскопии в поперечном сечении инструмент S1 ProTaper Universal в поперечном сечении выглядит как треугольник со слегка выпуклыми гранями. Срез ров-

ный с образованием на вершинах граней скоплений металла (рис. 6 Б). При увеличении в 350 раз путем растровой электронной микроскопии инструмента S1 ProTaper Universal основная зона отлома имела неравномерный рельеф и ровный край с незначительным количеством debris.

При увеличении в 100 раз путем растровой электронной микроскопии кончика инструмента S2 РМ-файл определяется незначительное сглаживание с неглубокими поперечными канавками. В области перехода в основную часть имеется истирание грани инструмента. На лопастях в области кончика загрязнения в виде стружек. При увеличении в 250 раз путем растровой электронной микроскопии определяется сглаживание, в области перехода в основную часть визуализируются поперечные царапины на незначительную глубину, как на гранях, так и на желобе, загрязнение стружками (рис. 7 А).

При увеличении в 150 раз путем растровой электронной микроскопии поперечное сечение инструмента S2 РМ-файл имело форму треугольника с закругленными углами. Поверхность отлома оказалась неравномерной, с малыми зонами вторичного отлома металла на вершинах граней. Края оказались ровными, со значительным образованием свободных и прикрепленных стружек (рис. 6 Б). При увеличении отломка инструмента S2 РМ-файл в 350 раз путем растровой электронной микроскопии визуализировался ровный край отлома, область вторичного отлома металла была неравномерной.

При увеличении в 100 раз путем растровой электронной микроскопии кончика инструмента S2 ProTaper Universal кончик затуплен, боковые грани завальцованы, имеют прикрепленные стружки. Определяется значительное коррозионное повреждение поверхности инструмента. При увеличении в 250 раз заметны продольные косые

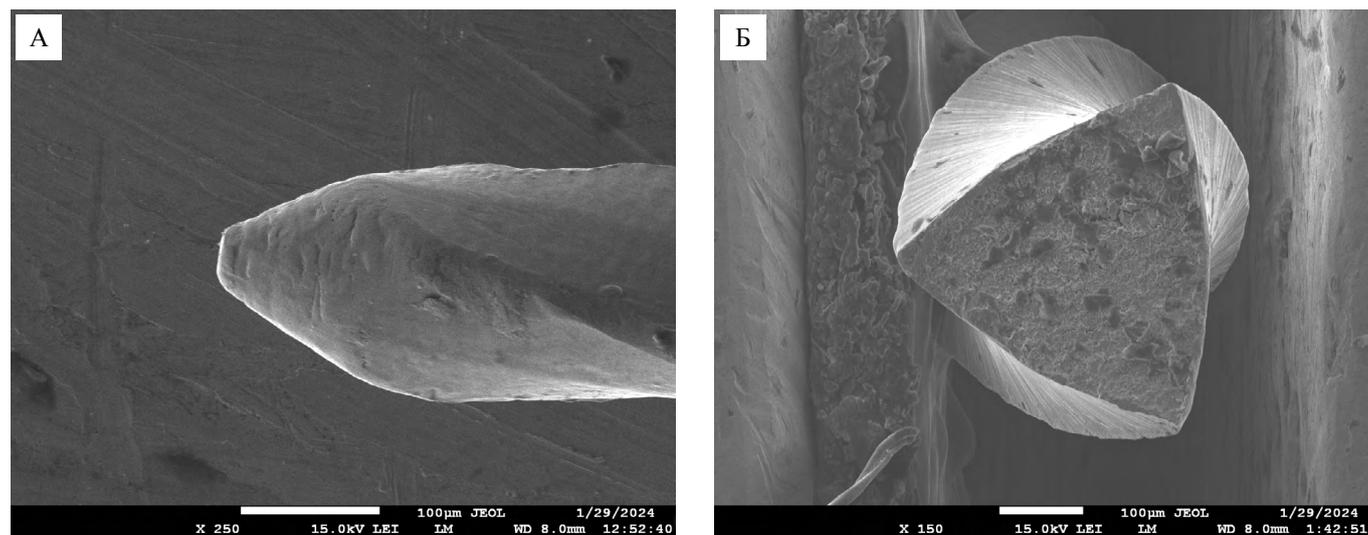


Рис. 5. Электронограмма кончика малого отломка инструмента S1 РМ-файл: А — продольное положение, увеличение  $\times 250$ ; Б — поперечный срез, увеличение  $\times 150$

Примечание: фотографии выполнены авторами.

Fig. 5. Electron micrograph of the small fragment tip of S1 instrument of the RM file system: A — longitudinal section, magnification  $\times 250$ ; Б — cross section, magnification  $\times 150$

Note: The pictures were taken by the authors.

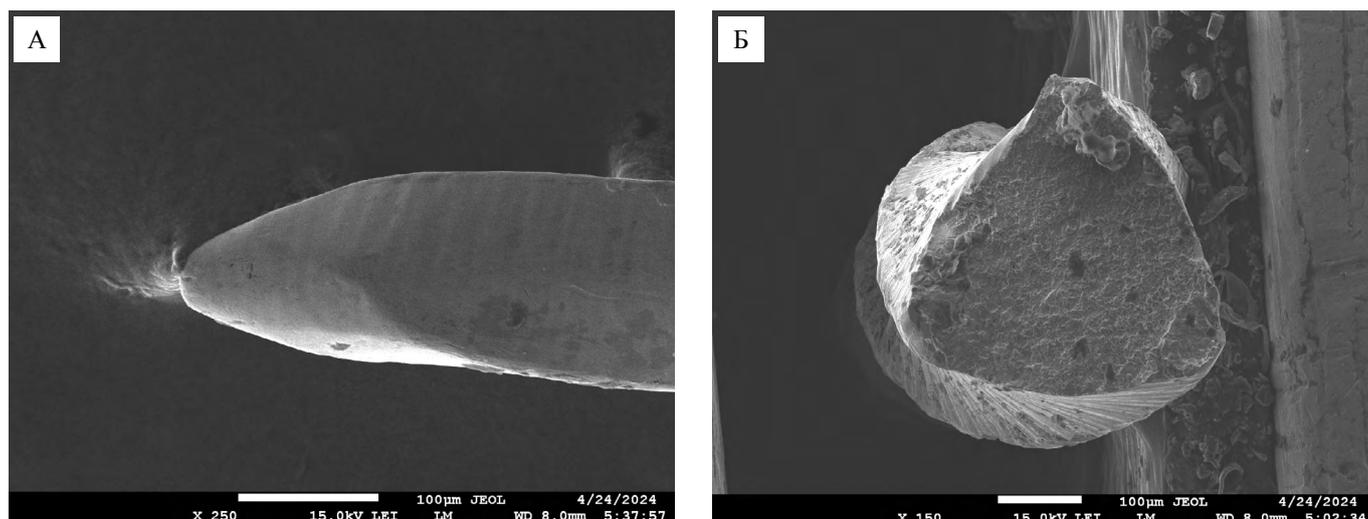


Рис. 6. Электронограмма кончика малого отломка инструмента S1 ProTaper Universal: А — продольное положение, увеличение  $\times 250$ ; Б — поперечный срез, увеличение  $\times 150$

*Примечание: фотографии выполнены авторами.*

Fig. 6. Electron micrograph of the small fragment tip of S1 instrument of ProTaper Universal system: A — longitudinal section, magnification  $\times 250$ ; Б — cross section, magnification  $\times 150$

*Note: The pictures were taken by the authors.*

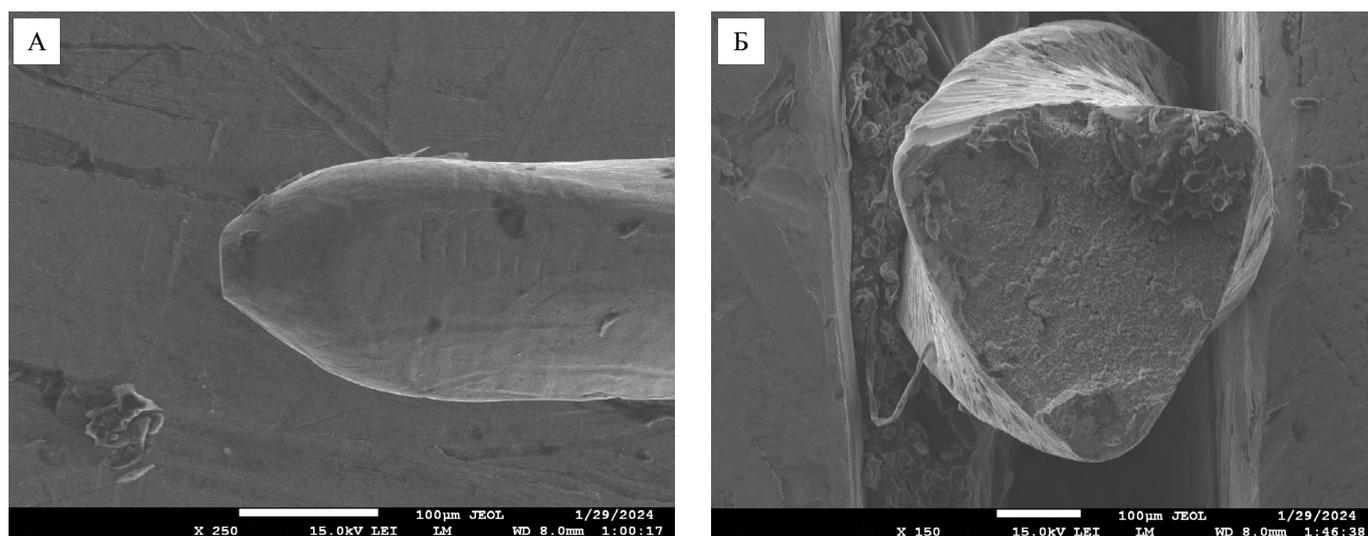


Рис. 7. Электронограмма кончика малого отломка инструмента S2 РМ-файл: А — продольное положение, увеличение  $\times 250$ ; Б — поперечный срез, увеличение  $\times 150$

*Примечание: фотографии выполнены авторами.*

Fig. 7. Electron micrograph of the small fragment tip of S2 instrument of the RM file system: A — longitudinal section, magnification  $\times 250$ ; Б — cross section, magnification  $\times 150$

*Note: The pictures were taken by the authors.*

царапины на кончике, сглаживание перехода кончика в основную часть на грань. Значительное загрязнение стружкой (рис. 8 А).

При увеличении в 100 раз путем растровой электронной микроскопии поперечное сечение инструмента S2 ProTaper Universal имеет форму равностороннего треугольника с малозаметной выпуклостью. Поверхность отлома ровная, с формированием значительных участков скола металла (рис. 8 Б). При увеличении в 250 раз очаги скола представляют слоистые разделения металла, имеется умеренное количество дребеса.

При увеличении в 100 раз путем растровой электронной микроскопии кончика инструмента F1 РМ-файл определяется значительное сглаживание. На кончике визуализируются средней глубины косые борозды. На гранях лопастей в области кончика визуализируются поперечные параллельные и точечные участки истирания. При увеличении в 250 раз определяются продольные и косые борозды в разных направлениях, визуализируется неглубокий дефект на вершине. Переход в основную часть оказался незначительно завальцован. Имеются загрязнения в виде мелких стружек и точечные участки истирания (рис. 9 А).

При увеличении в 100 раз путем растровой электронной микроскопии поперечное сечение инструмента F1 РМ-файл оказалось треугольным с приподнятыми вершинами его сторон (практически октагон — правильный многоугольник с шестью сторонами). Каждая сторона лопасти имела дополнительную малую лопасть. Скол имел незначительные участки вторичного отлома металла на вершинах лопастей (рис. 9 Б). Края скола инструмента F1 РМ-файл при увеличении в 250 раз путем растровой электронной микроскопии оказались неровными, с незначительным образованием прикрепленных стружек. По-

верхность была однородная, к верхушке грани след от вторичного дефекта металла с образованием прикрепленного осколка.

При увеличении в 100 раз путем растровой электронной микроскопии кончика инструмента F1 ProTaper Universal грани кончика практически не изменены, боковые грани стертые и завальцованы с образованием прикрепленных стружек. При увеличении в 250 раз определяется незначительная исчерченность кончика и завальцовки граней (рис. 10 А).

При увеличении в 100 раз путем растровой электронной микроскопии поперечное сечение инструмента

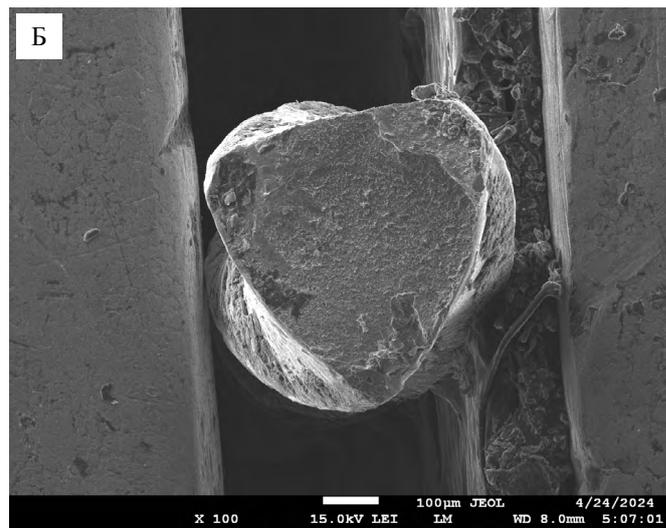
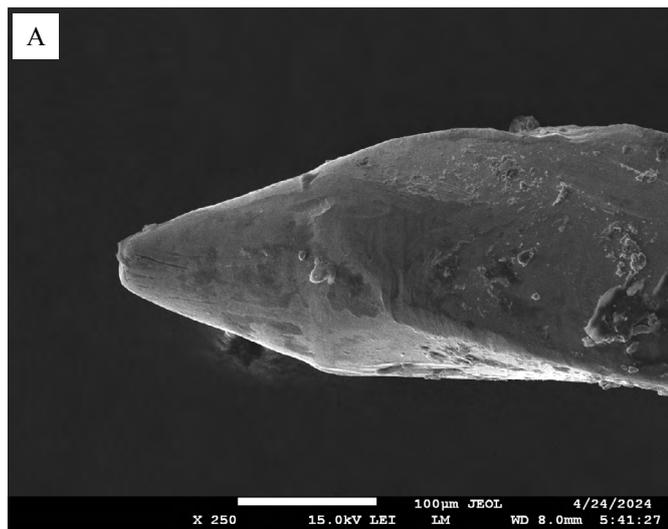


Рис. 8. Электронограмма кончика малого отломка инструмента S2 ProTaper Universal: А — продольное положение, увеличение  $\times 250$ ; Б — поперечный срез, увеличение  $\times 100$

Примечание: фотографии выполнены авторами.

Fig. 8. Electron micrograph of the small fragment tip of S2 instrument of ProTaper Universal system: А — longitudinal section, magnification  $\times 250$ ; Б — cross section, magnification  $\times 100$

Note: The pictures were taken by the authors.

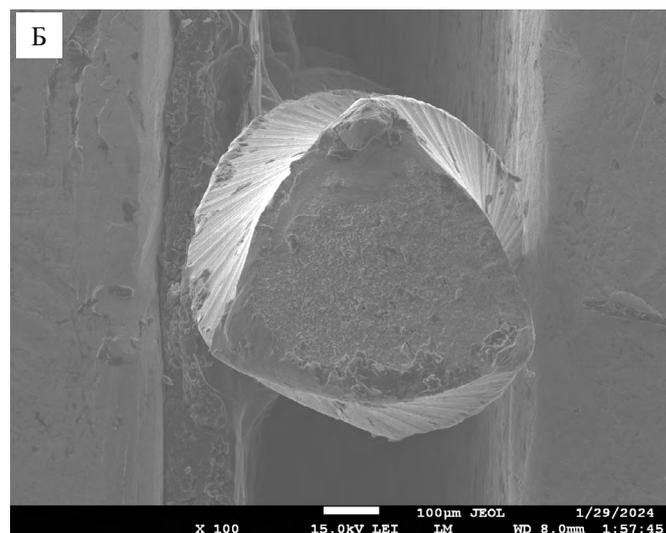
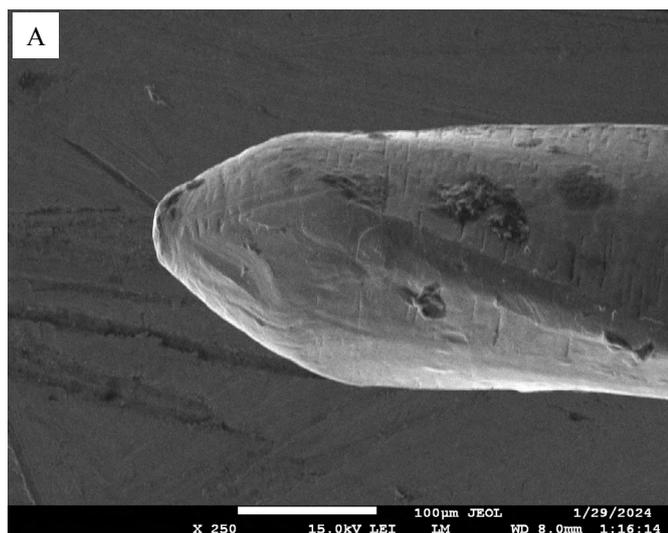


Рис. 9. Электронограмма кончика малого отломка инструмента F1 РМ-файл: А — продольное положение, увеличение  $\times 250$ ; Б — поперечный срез, увеличение  $\times 100$

Примечание: фотографии выполнены авторами.

Fig. 9. Electron micrograph of the small fragment tip of F1 instrument of the RM file system: А — longitudinal section, magnification  $\times 250$ ; Б — cross section, magnification  $\times 100$

Note: The pictures were taken by the authors.

F1 ProTaper Universal имеет форму треугольника с незначительной выпуклостью сторон. На вершинах граней имеется неравномерное распределение осколков металла с преобладанием на одном из них (рис. 10 Б). При увеличении в 250 раз определяется слоистый характер слома на вершинах и равномерный по всей плоскости слома.

При увеличении в 100 раз путем растровой электронной микроскопии кончика инструмента F2 PM-файл оказалось, что кончик значительно затуплен и завальцован, при переходе с кончика на лопасть визуализируется истирание до их основания, в области кончика определяются продольные борозды незначительной глубины. Грани оказались сглажены и завальцованы с образованием прикрепленных и свободно лежащих стружек. При увеличении в 200 раз путем растровой электронной микроскопии кончик оказался значительно завальцован с потерей формы с образованием прикрепленной стружки, заполирован и имел следы заводской обработки. В области перехода кончика в основную часть визуализируются параллельные продольные неглубокие дефекты на лопасти (рис. 11 А).

При увеличении в 100 раз путем растровой электронной микроскопии поперечное сечение инструмента F2 PM-файл оказалось треугольным с выпуклыми сторонами. Основные лопасти располагались на вершинах равностороннего треугольника. Визуализировался неравномерный скол с формированием обширной основной зоны и незначительной, до 20% вторичной зоны отлома (рис. 11 Б). При увеличении скола инструмента F2 PM-файл в 250 раз путем растровой электронной микроскопии визуализировались ровные края с образованием прикрепленных стружек.

При увеличении в 100 раз путем растровой электронной микроскопии кончика инструмента F2 ProTaper Universal кончик без изменений, боковые грани ближе к трети завальцованы со значительным истиранием. При увеличе-

нии в 250 раз на кончике следы первичной фрезировки, боковые грани завальцованы, истерты (рис. 12 А).

При увеличении в 100 раз путем растровой электронной микроскопии поперечное сечение инструмента F2 ProTaper Universal имеет форму треугольника с незначительной выпуклостью сторон (рис. 12 Б). Скол равномерный, с преобладанием слоистого скола на одной вершине грани. При увеличении в 250 раз определяется до 5% зоны вторичного отлома.

При увеличении в 100 раз путем растровой электронной микроскопии у инструмента F3 PM-файл визуализировался неактивный кончик, который имел угол  $60^\circ$  и плавно переходил в основную часть, края перехода были заполированы. На гранях инструмента, в районе перехода с кончика, визуализировался ряд неглубоких дефектов. Незначительное количество загрязнений. При увеличении в 200 раз путем растровой электронной микроскопии визуализируется сохранившаяся заводская обработка на всем протяжении скола (рис. 13 А). Переход со скола незначительно зашлифован, определялось незначительное загрязнение посторонними частицами.

При увеличении в 100 раз путем растровой электронной микроскопии поперечное сечение инструмента F3 PM-файл имело форму равностороннего треугольника с выпуклыми сторонами, визуализировался равномерный скол с образованием свободных и прикрепленных стружек (рис. 13 Б). При увеличении инструмента F3 PM-файл в 250 раз путем растровой электронной микроскопии визуализировался ровный край с образованием прикрепленных опилок, торец лопасти оказался завальцован.

При увеличении в 100 раз путем растровой электронной микроскопии инструмента F3 ProTaper Universal кончик не имеет вторичных изменений, боковые грани име-

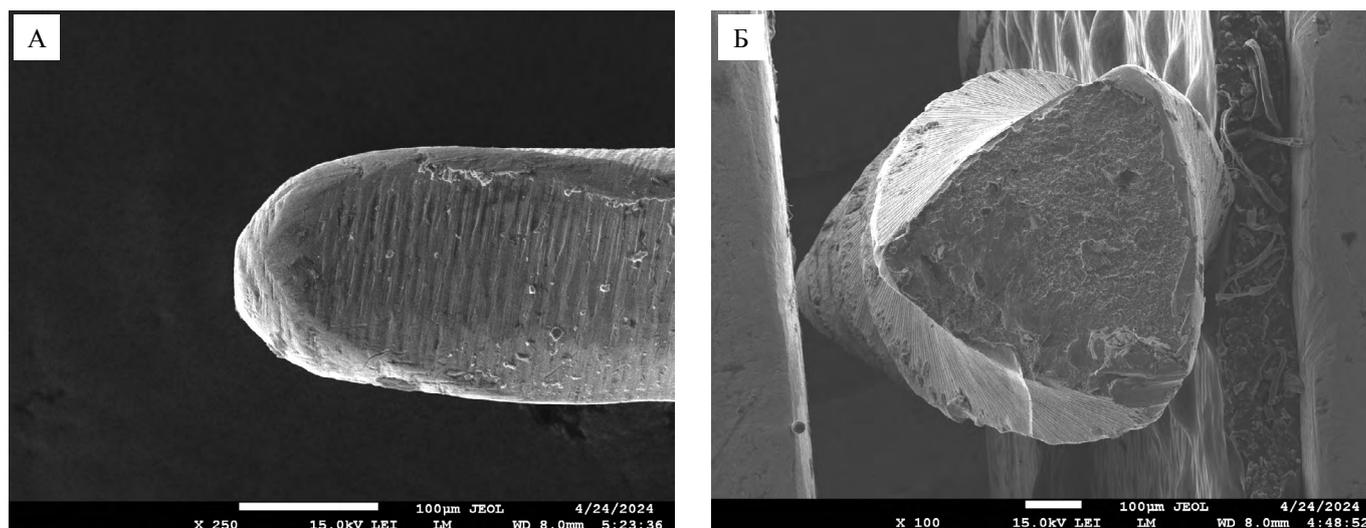


Рис. 10. Электронограмма кончика малого отломка инструмента F1 ProTaper Universal: А — продольное положение; увеличение  $\times 250$ ; Б — поперечный срез, увеличение  $\times 100$

Примечание: фотографии выполнены авторами.

Fig. 10. Electron micrograph of the small fragment tip of F1 instrument of ProTaper Universal system: А — longitudinal section, magnification  $\times 250$ ; Б — cross section, magnification  $\times 100$

Note: The pictures were taken by the authors.

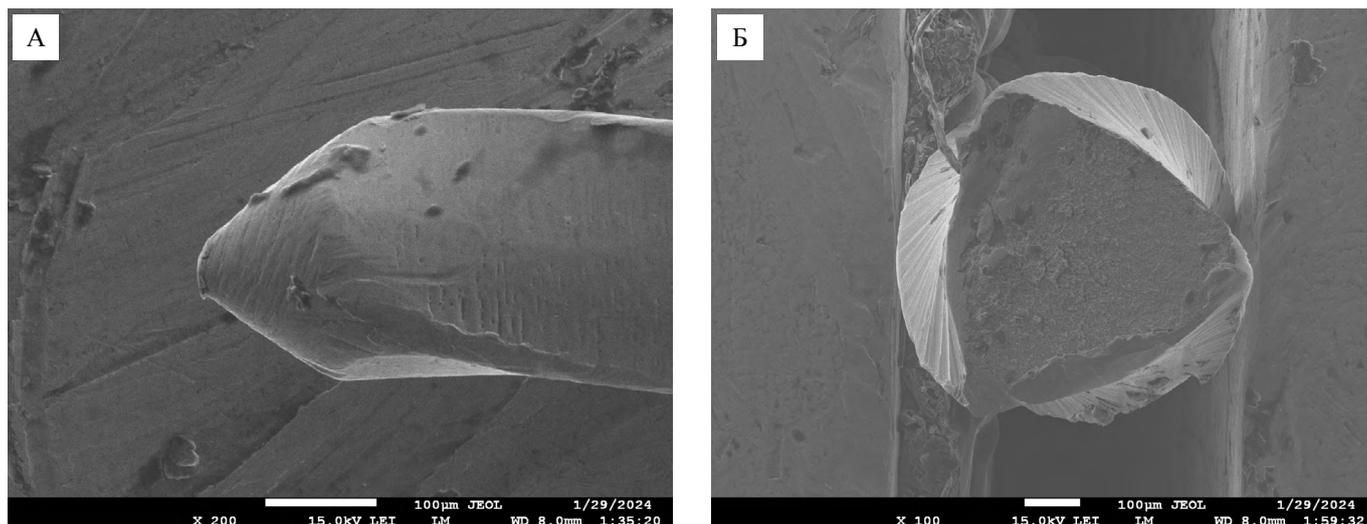


Рис. 11. Электронограмма кончика малого отломка инструмента F2 РМ-файл: А — продольное положение, увеличение  $\times 200$ ; Б — поперечный срез, увеличение  $\times 100$

Примечание: фотографии выполнены авторами.

Fig. 11. Electron micrograph of the small fragment tip of F2 instrument of the RM file system: A — longitudinal section, magnification  $\times 250$ ; Б — cross section, magnification  $\times 100$

Note: The pictures were taken by the authors.

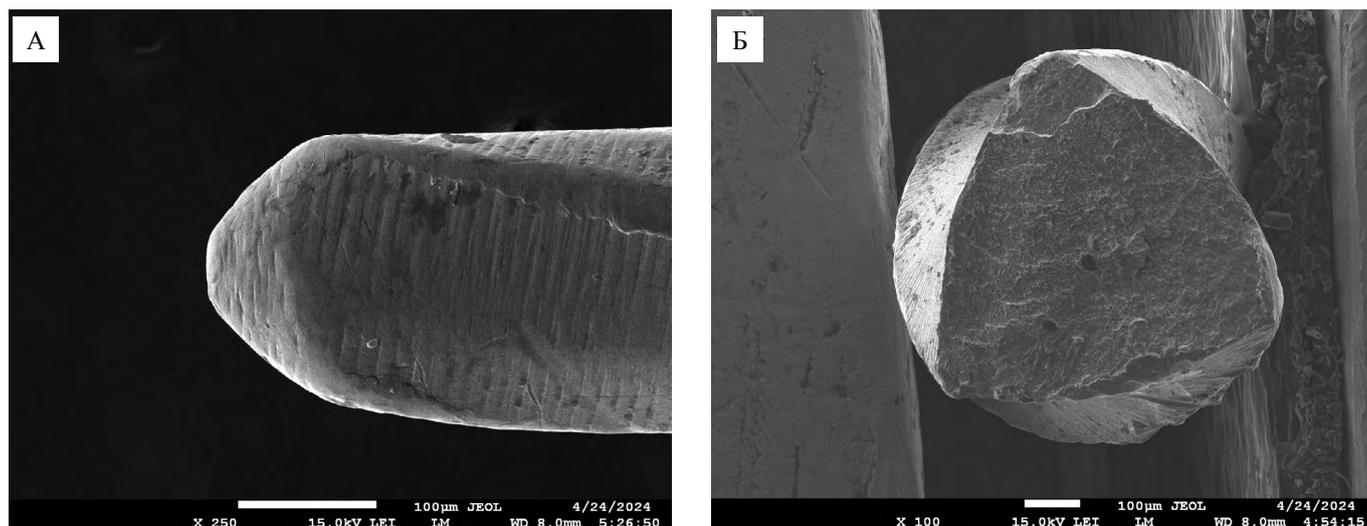


Рис. 12. Электронограмма кончика малого отломка инструмента F2 ProTaper Universal: А — продольное положение, увеличение  $\times 250$ ; Б — поперечный срез увеличение  $\times 100$

Примечание: фотографии выполнены авторами.

Fig. 12. Electron micrograph of the small fragment tip of F2 instrument of ProTaper Universal system: A — longitudinal section, magnification  $\times 250$ ; Б — cross section, magnification  $\times 100$

Note: The pictures were taken by the authors.

ют незначительные следы истирания. При увеличении в 250 раз переход в боковые грани незначительно истерт, скопление свободных стружек (рис. 14 А).

При увеличении в 100 раз путем растровой электронной микроскопии поперечное сечение инструмента представляет собой треугольник с вогнутыми гранями, грани имеют характерные площадки под углом в  $45^\circ$  с образованием лезвия. Скол неравномерный, с образованием неодинаковых зон вторичного скола (рис. 14 Б). При увеличении в 250 раз определяется слоистость зон вторичного скола. Основная зона равномерная.

### Нежелательные явления

В ходе экспериментального исследования нежелательных явлений отмечено не было.

### ОБСУЖДЕНИЕ

#### Резюме основного результата

Проведенное экспериментальное исследование стойкости к циклической усталости эндодонтических инструментальных систем РМ-файл («Русмед», Россия) и ProTaper Universal (Dentsply Sirona, США) позволило получить значимые результаты, имеющие важное

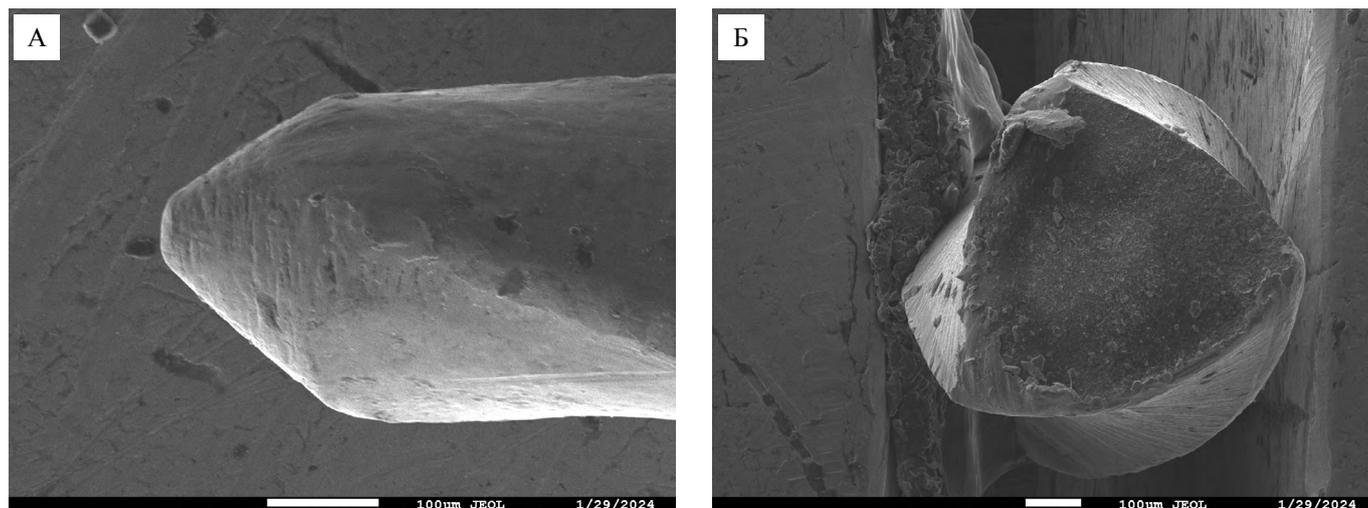


Рис. 13. Электронограмма кончика малого отломка инструмента F3 РМ-файл: А — продольное положение, увеличение  $\times 200$ ; Б — поперечный срез, увеличение  $\times 100$

*Примечание: фотографии выполнены авторами.*

Fig. 13. Electron micrograph of the small fragment tip of F3 instrument of the RM file system: A — longitudinal section, magnification  $\times 250$ ; Б — cross section, magnification  $\times 100$

*Note: The pictures were taken by the authors.*

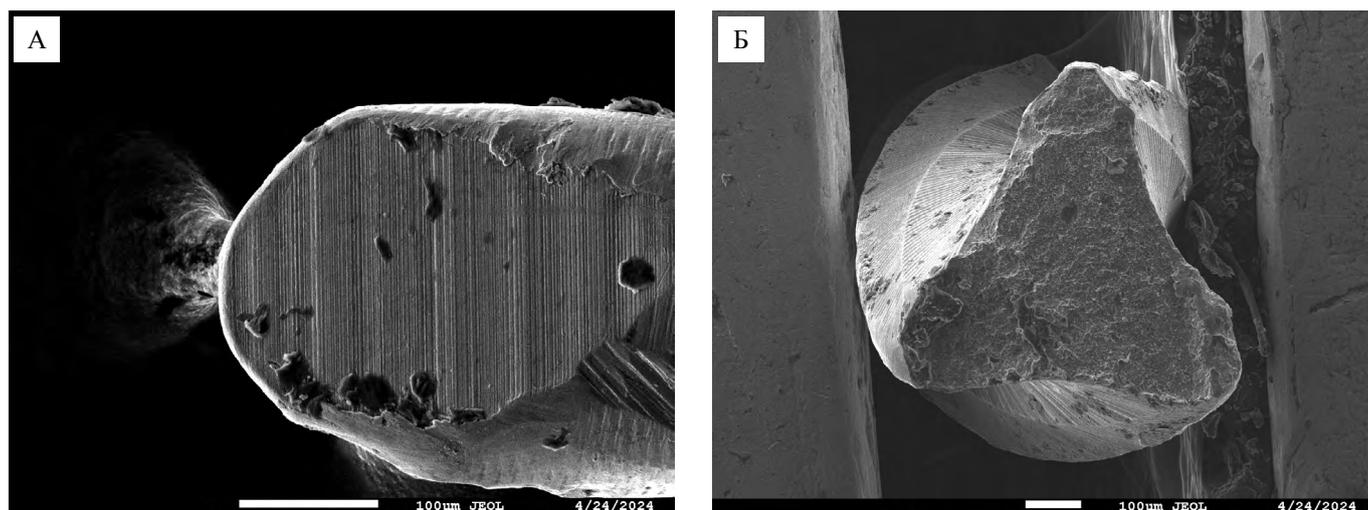


Рис. 14. Электронограмма кончика малого отломка инструмента F3 ProTaper Universal: А — продольное положение, увеличение  $\times 250$ ; Б — поперечный срез, увеличение  $\times 100$

*Примечание: фотографии выполнены авторами.*

Fig. 14. Electron micrograph of the small fragment tip of F3 instrument of ProTaper Universal system: A — longitudinal section, magnification  $\times 250$ ; Б — cross section, magnification  $\times 100$

*Note: The pictures were taken by the authors.*

практическое значение для современной эндодонтической практики.

Для системы РМ-файл инструмент S1 показал среднее количество циклов на 26,0% меньше вращения, чем инструмент S1 системы ProTaper Universal.

Инструмент S2 системы РМ-файл показал среднее количество циклов на 50,7% больше вращения, чем инструмент S2 системы ProTaper Universal.

Инструмент F1 системы РМ-файл показал среднее количество циклов на 71,2% больше вращения, чем инструмент F1 системы ProTaper Universal.

Инструмент F2 системы РМ-файл показал среднее количество циклов на 22,6% больше вращения, чем инструмент F2 системы ProTaper Universal.

Инструмент F3 системы РМ-файл показал среднее количество циклов на 3,6% больше вращения, чем инструмент F3 системы ProTaper Universal.

Инструменты демонстрировали статистически значимые различия в характеристиках стойкости к циклической усталости между изучаемыми системами, при этом отмечается явное преимущество РМ-файлов по ключевым показателям прочностного ресурса для инструментов S2, F1.

## Обсуждение основного результата исследования

Перелом вращающихся никель-титановых инструментов в эндодонтии может быть вызван двумя основными типами воздействия: усталостью от циклических нагрузок и торсионной нагрузкой [25].

Превосходство инструмента ProTaper Universal S1 является значимым фактом, который демонстрирует, что даже инструменты из стандартного Ni-Ti-сплава могут иметь применение в определенных условиях. Этот результат согласуется с данными A. Nieawu et al. [11], показавшими, что свойства инструментов могут значительно варьироваться внутри одной системы в зависимости от их размера и типа.

Отсутствие значимых различий для инструментов F2 и F3 согласуется с общепринятой точкой зрения, изложенной, в частности, R. A. de Vasconcelos et al. [12], о том, что с увеличением диаметра и жесткости инструмента влияние материала на сопротивление циклической усталости в искривлении снижается и доминирующую роль начинает играть геометрический профиль.

Несмотря на трудности, возникающие при переносе данных лабораторных исследований в реальную клиническую практику из-за множества факторов, влияющих на целостность инструмента, определение механических характеристик эндодонтических инструментов остается важной задачей для предоставления стоматологам надежной информации [26]. В рамках представленного исследования подход к измерению циклической усталости базируется на проверенных методах, которые успешно применялись и описывались в ряде научных публикаций, прошедших экспертную оценку [27]. Новизной в нашем определении циклической прочности никель-титановых эндодонтических инструментов является применение симуляционного блока 3D-модели с конфигурацией направляющей, идентичной конфигурации канала, со следующими параметрами: степенью изгиба корневого канала, радиусом кривизны и длины корневого канала, с направляющей, соответствующей размеру и конусности исследуемого вращающегося никель-титанового эндодонтического инструмента с точностью до 0,1 мм и 0,1°.

Полученные данные подтверждают возможность и целесообразность безопасного использования системы РМ-файл для обработки сложных анатомических вариантов корневых каналов, особенно при работе в средней и апикальной третях, где требования к стойкости к циклической усталости инструментов особенно высоки. Более того, проведенное исследование предоставляет врачам-стоматологам научно обоснованные критерии для оптимизации выбора инструментальных систем в зависимости от конкретного клинического случая и этапа эндодонтического лечения.

## Ограничения исследования

Ограничения исследования определяются методологией проведенного исследования. Эксперимент проводился *in vitro* на стандартизированных искусственных каналах, что, безусловно, не может в полной мере воспроизвести все многообразие клинических ситуаций. Кроме того, в рамках данного исследования не оценивалось по-

тенциальное влияние таких важных факторов, как многократная стерилизация инструментов, а также не проводился анализ торсионных нагрузок, которые в клинических условиях действуют совместно с циклическими напряжениями.

Указанные ограничения открывают перспективные направления для дальнейших научных изысканий в данной области. В частности, представляется крайне важным проведение комплексных исследований, оценивающих как циклическую, так и торсионную прочность инструментов в различных условиях. Значительный научный и практический интерес представляет изучение влияния многократной стерилизации на эксплуатационные характеристики инструментов различных систем. Не менее актуальным направлением будущих исследований могло бы стать сравнительное изучение большего количества современных инструментальных систем с использованием унифицированной методики оценки.

Полученные в ходе настоящего исследования результаты создают прочную научную основу для дальнейшего совершенствования конструкции и технологии производства эндодонтических инструментов, а также для разработки и оптимизации клинических протоколов их использования. Практическое внедрение полученных данных в клиническую практику позволит повысить безопасность и эффективность эндодонтического лечения, особенно в сложных клинических случаях, связанных с обработкой искривленных и узких корневых каналов.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные данные убедительно свидетельствуют о преимуществе системы РМ-файл перед ProTaper Universal по показателям стойкости к циклической усталости, кроме инструмента S1. Наиболее заметные различия выявлены для инструментов S2 и F1, где РМ-файл превосходит системы ProTaper Universal на 50,7 и 71,2% соответственно, что подтверждается микроскопическим анализом. Система РМ-файл может успешно применяться для обработки сложных корневых каналов, включая случаи выраженной кривизны. Ключевое значение при этом имеет соблюдение протокола работы: использование инструментов в пределах установленного производителем ресурса, поддержание оптимальной скорости вращения, обеспечение достаточной ирригации и контроль прилагаемого усилия. Такие меры позволяют минимизировать риск перелома инструмента и повысить безопасность эндодонтического лечения. Для более полной оценки эксплуатационных характеристик требуются дополнительные исследования. Особый интерес представляют изучение торсионной прочности, анализ влияния многократной стерилизации и сравнительные испытания с другими современными системами. Полученные результаты создают основу для дальнейшего совершенствования эндодонтических инструментов и оптимизации клинических протоколов их применения. На текущем этапе можно рекомендовать систему РМ-файл как надежный инструмент для повседневной практики, демонстрирующий стабильно высокие показатели стойкости к циклической усталости.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

- Адамчик А.А., Дорогань В.В., Запорожская-Абрамова Е.С., Таиров В.В., Иващенко В.А., Кирш К.Д., Коровашкин С.А. Ретроспективный анализ качества пломбирования корневых каналов по данным конусно-лучевой компьютерной томографии. *Эндодонтия Today*. 2022;20(2):102–108. <https://doi.org/10.36377/1726-7242-2022-20-2-102-108>
- Adamchik AA, Dorogan VV, Zaporozhskaya-Abramova ES, Tairov VV, Ivashchenko VA, Kirsh KD, Korovashkin SA. Retrospective analysis of the quality of root canal filling according to the data of cone-beam computed tomography. *Endodontics Today*. 2022;20(2):102–108 (In Russ.). <https://doi.org/10.36377/1726-7242-2022-20-2-102-108>
- Otsuka K, Ren X. Physical Metallurgy of Ti-Ni-Based Shape Memory Alloys. *Progress in Materials Science*. 2005;50:511–678. <http://dx.doi.org/10.1016/j.pmatsci.2004.10.001>
- Zupanc J, Vahdat-Pajouh N, Schäfer E. New thermomechanically treated NiTi alloys — a review. *Int Endod J*. 2018;51(10):1088–1103. <https://doi.org/10.1111/iej.12924>
- Zanza A, D'Angelo M, Reda R, Gambarini G, Testarelli L, Di Nardo D. An Update on Nickel-Titanium Rotary Instruments in Endodontics: Mechanical Characteristics, Testing and Future Perspective-An Overview. *Bioengineering (Basel)*. 2021;8(12):218. <https://doi.org/10.3390/bioengineering8120218>
- Silva EJNL, Vieira VTL, Hecksher F, Dos Santos Oliveira MRS, Dos Santos Antunes H, Moreira E. J. Cyclic fatigue using severely curved canals and torsional resistance of thermally treated reciprocating instruments. *Clin Oral Invest*. 2018;22(7):2633–2638. <https://doi.org/10.1007/s00784-018-2362-9>
- Gambarini G, Plotino G, Grande NM, Al-Sudani D, De Luca M, Testarelli L. Mechanical properties of nickel-titanium rotary instruments produced with a new manufacturing technique. *Int Endod J*. 2011;44(4):337–341. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2010.01835.x>
- Hou X, Yahata Y, Hayashi Y, Ebihara A, Hanawa T, Suda H. Phase transformation behaviour and bending property of twisted nickel-titanium endodontic instruments. *Int Endod J*. 2011;44(3):253–258. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2010.01818.x>
- AlShwaimi E. Cyclic fatigue resistance of a novel rotary file manufactured using controlled memory NiTi technology compared to a file made from M-wire file. *Int Endod J*. 2018;51(1):112–117. <https://doi.org/10.1111/iej.12756>
- Plotino G, Testarelli L, Al-Sudani D, Pongione G, Grande NM, Gambarini G. Fatigue resistance of rotary instruments manufactured using different nickel-titanium alloys: a comparative study. *Odontology*. 2014;102(1):31–35. <https://doi.org/10.1007/s10266-012-0088-8>
- Pereira ES, Gomes RO, Leroy AM, Singh R, Peters OA, Bahia MG, Buono VT. Mechanical behavior of M-Wire and conventional NiTi wire used to manufacture rotary endodontic instruments. *Dent Mater*. 2013;29(12):e318–324. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2013.10.004>
- Hieawy A, Naapasalo M, Zhou H, Wang ZJ, Shen Y. Phase Transformation Behavior and Resistance to Bending and Cyclic Fatigue of ProTaper Gold and ProTaper Universal Instruments. *J Endod*. 2015;41(7):1134–1138. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2015.02.030>
- de Vasconcelos RA, Murphy S, Carvalho CA, Govindjee RG, Govindjee S, Peters OA. Evidence for Reduced Fatigue Resistance of Contemporary Rotary Instruments Exposed to Body Temperature. *J Endod*. 2016;42(5):782–787. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2016.01.025>
- Goo HJ, Kwak SW, Ha JH, Pedullà E, Kim HC. Mechanical Properties of Various Heat-treated Nickel-titanium Rotary Instruments. *J Endod*. 2017;43(11):1872–1877. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2017.05.025>
- Martins JNR, Silva EJNL, Vieira VTL, Pereira da Costa R, Baruwa AO, Fernandes FMB, Versiani MA. A Comparative Analysis of ProTaper Ultimate and Five Multifile Systems: Design, Metallurgy, and Mechanical Performance. *Materials (Basel)*. 2025;18(6):1260. <https://doi.org/10.3390/ma18061260>
- D'Angelo M, Obino FV, Bhandi S, Miccoli G, Cicconetti A. Mechanical Characteristics, Testing, and Future Perspective of Nickel-Titanium Rotary Instruments. *J Contemp Dent Pract*. 2021;22(11):1225–1226
- Iacono F, Pirani C, Generali L, Bolelli G, Sassatelli P, Lusvardi L, Gandolfi MG, Giorgini L, Prati C. Structural analysis of HyFlex EDM instruments. *Int Endod J*. 2017;50(3):303–313. <https://doi.org/10.1111/iej.12620>
- Pirani C, Iacono F, Generali L, Sassatelli P, Nucci C, Lusvardi L, Gandolfi MG, Prati C. HyFlex EDM: superficial features, metallurgical analysis and fatigue resistance of innovative electro discharge machined NiTi rotary instruments. *Int Endod J*. 2016;49(5):483–493. <https://doi.org/10.1111/iej.12470>
- Tabassum S, Zafar K, Umer F. Nickel-Titanium Rotary File Systems: What's New? *Eur Endod J*. 2019;4(3):111–117. <https://doi.org/10.14744/ej.2019.80664>
- Abdellatif D, Iandolo A, Scorziello M, Sangiovanni G, Pisano M. Cyclic Fatigue of Different NiTi Endodontic Rotary File Alloys: A Comprehensive Review. *Bioengineering (Basel)*. 2024;11(5):499. <https://doi.org/10.3390/bioengineering11050499>
- Martins JNR, Silva EJNL, Vieira VTL, Pereira da Costa R, Baruwa AO, Fernandes FMB, Versiani MA. A Comparative Analysis of ProTaper Ultimate and Five Multifile Systems: Design, Metallurgy, and Mechanical Performance. *Materials (Basel)*. 2025;18(6):1260. <https://doi.org/10.3390/ma18061260>
- Chan WS, Gulati K, Peters OA. Advancing Nitinol: From heat treatment to surface functionalization for nickel-titanium (NiTi) instruments in endodontics. *Bioact Mater*. 2022;22:91–111. <https://doi.org/10.1016/j.bioactmat.2022.09.008>
- Dablanca-Blanco AB, Castelo-Baz P, Miguéns-Vila R, Álvarez-Novoa P, Martín-Biedma B. Endodontic Rotary Files, What Should an Endodontist Know? *Medicina (Kaunas)*. 2022;58(6):719. <https://doi.org/10.3390/medicina58060719>
- Chien PY, Walsh LJ, Peters OA. The extended finite element method in endodontics: A scoping review and future directions for cyclic fatigue testing of nickel-titanium instruments. *Clin Exp Dent Res*. 2024;10(3):e893. <https://doi.org/10.1002/cre2.893>
- Ramadan F, AbuMostafa A, Alharith D. Evaluation of cyclic fatigue and bending test for different Nickel-Titanium files. *PLoS One*. 2023;18(8):e0290744. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0290744>
- Sattapan B, Nervo GJ, Palamara JE, Messer HH. Defects in rotary nickel-titanium files after clinical use. *J Endod*. 2000;26(3):161–165. <https://doi.org/10.1097/00004770-200003000-00008>
- Plotino G, Grande NM, Cordaro M, Testarelli L, Gambarini G. A review of cyclic fatigue testing of nickel-titanium rotary instruments. *J Endod*. 2009;35(11):1469–1476. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2009.06.015>
- Silva EJ, Villarino LS, Vieira VT, Accorsi-Mendonça T, Antunes HD, De-Deus G, Lopes HP. Bending Resistance and Cyclic Fatigue Life of Reciproc, Unicore, and WaveOne Reciprocating Instruments. *J Endod*. 2016;42(12):1789–1793. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2016.08.026>

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

**Адамчик Анатолий Анатольевич** ✉ — доктор медицинских наук, доцент, заведующий кафедрой терапевтической стоматологии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации. <https://orcid.org/0000-0002-2861-0260>

**Дорогань Владислав Валерьевич** — врач — стоматолог-терапевт государственного бюджетного учреждения здравоохранения «Краевая клиническая стоматологическая поликлиника» Министерства здравоохранения Краснодарского края <https://orcid.org/0000-0002-4799-866X>

**Таиров Валерий Владиславович** — кандидат медицинских наук, доцент, доцент кафедры терапевтической стоматологии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации. <https://orcid.org/0000-0003-0379-5964>

**Быкова Наталья Ильинична** — доктор медицинских наук, доцент, доцент кафедры стоматологии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации <https://orcid.org/0000-0002-0573-7242>

**Запорожская-Абрамова Екатерина Сергеевна** — кандидат медицинских наук, доцент, доцент кафедры терапевтической стоматологии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации.  
<https://orcid.org/0000-0003-0675-6581>

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Anatoly A. Adamchik**✉ — Dr. Sci. (Med.), Associate Professor, Head of the Department of Therapeutic Dentistry, Kuban State Medical University.

<https://orcid.org/0000-0002-2861-0260>

**Vladislav V. Dorogan** — Dental Therapist, Regional Clinical Dental Clinic (Krasnodar).

<https://orcid.org/0000-0002-4799-866X>

**Valerii V. Tairov** — Cand. Sci. (Med.), Assoc. Prof., Associate Professor of the Department of Therapeutic Dentistry, Kuban State Medical University.

<https://orcid.org/0000-0003-0379-5964>

**Стамов Дмитрий Андреевич** — аспирант кафедры терапевтической стоматологии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

<https://orcid.org/0009-0007-1203-7061>

**Natalya I. Bykova** — Dr. Sci. (Med.), Assoc. Prof., Department of Dentistry, Kuban State Medical University.

<https://orcid.org/0000-0002-0573-7242>

**Ekaterina S. Zaporozhskaya-Abramova** — Cand. Sci. (Med.), Assoc. Prof., Associate Professor of the Department of Therapeutic Dentistry, Kuban State Medical University.

<https://orcid.org/0000-0003-0675-6581>

**Dmitrii A. Stamov** — Postgraduate Student of the Department of Therapeutic Dentistry, Kuban State Medical University.

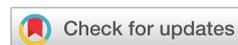
<https://orcid.org/0009-0007-1203-7061>

---

✉ Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

<https://doi.org/10.25207/1608-6228-2025-32-5-64-73>

УДК: 616.314.17-002.4:543.4



## Применение спектроскопии комбинационного рассеяния для оценки состояния костной ткани при пародонтите: нерандомизированное клинико-лабораторное исследование

И.В. Бажутова<sup>1</sup>✉, П.Е. Тимченко<sup>2</sup>, Е.В. Тимченко<sup>2</sup>, Д.А. Трунин<sup>1</sup>, Д.Г. Глубоков<sup>3</sup>, А.М. Хамадеева<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, ул. Чапаевская, д. 89, г. Самара, 443099, Россия

<sup>2</sup> Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева», ш. Московское, д. 34, г. Самара, 443086, Россия

<sup>3</sup> Государственное бюджетное учреждение здравоохранения Самарской области «Самарская городская клиническая больница № 8», ул. Мирная, д. 169, г. Самара, 443035, Россия

### АННОТАЦИЯ

**Введение.** Оценка состояния костной ткани челюстей при определении стоматологического статуса пациента, определение объема костных структур является, несомненно, актуальным направлением и связана с необходимостью принятия решения о возможности дентальной имплантации, проведении зубосохраняющих регенеративных вмешательств, при пародонтитах, периодонтитах, выборе послеоперационной тактики и определении прогнозов. Статья посвящена изучению спектральных изменений костной ткани при пародонтите, выявленных с помощью метода Рамановской спектроскопии как метода диагностики, успешно применяемого в последние годы для решения различных биомедицинских задач. **Цель исследования:** оценка спектральных изменений костной ткани альвеолярной части нижней челюсти при пародонтите. **Методы.** Проведено нерандомизированное клинико-лабораторное исследование у 45 пациентов в возрасте от 45 до 60 лет на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации и стоматологической клиники «Центр восстановительной стоматологии» общества с ограниченной ответственностью «Академия стоматологии». В группу сравнения (1-ю группу) включали 17 образцов костной ткани, полученных у пациентов во время хирургических вмешательств по поводу патологии периапикальных тканей с диагнозом по МКБ-10 — K04.5, K04.8 в области зубов с нормальным пародонтом. Для исследуемой основной группы 28 образцов костной ткани альвеолярной части нижней челюсти были получены у пациентов во время манипуляций по поводу хронического локализованного пародонтита с диагнозом по МКБ-10 — K05.30 в области зубов с патологией пародонта (2-я группа). Для оценки костных биопатов использовали метод рамановской спектроскопии. Для статистического анализа использовались спектры после разделения (деконволюции) линии, проводимой в программной среде MagicPlotPro (Magicplot Systems, LLC, Россия). Анализ полученных данных произведен в программной среде IBMSPSS Statistics (IBM, США) методом линейного дискриминантного анализа (LDA) и в сравнительном LDA-анализе групп. **Результаты.** При пародонтите наблюдаются спектральные изменения костной ткани, связанные с изменением относительной интенсивности линий комбинационного рассеяния. При линейном дискриминантном анализе (LDA) основные спектральные изменения наблюдаются как и для спектров комбинационного рассеяния костной ткани на линиях  $850\text{ см}^{-1}$  (бензольное кольцо пролина),  $956\text{ см}^{-1}$  ( $\nu_1$  P–O симметричное валентное ( $\text{PO}_4^{3-}$ )),  $1069\text{ см}^{-1}$  (C–O плоскостное валентное ( $\text{CO}_3^{2-\nu_1}$ )),  $1172\text{ см}^{-1}$  (тирозин, фенилаланин, C–H связь (белок)),  $1315\text{ см}^{-1}$  (амид III ( $\alpha$  спираль)),  $1385\text{--}1441\text{ см}^{-1}$  (ножничные колебания  $\text{CH}_2$  и изгибные колебания  $\text{CH}_3$  в липидах и белках),  $1555\text{ см}^{-1}$  (амид II N–H),  $1665\text{ см}^{-1}$  (амид I),  $1745\text{ см}^{-1}$  (фосфолипиды), которые соответствуют минеральной и органической составляющей. **Заключение.** Проведенные клинико-лабораторные исследования по оценке костной ткани при пародонтите показали спектральные различия со здоровой костной тканью, которые проявляются на линиях комбинационного рассеяния, соответствующих минерало-органической структуре костной ткани. Следовательно, рамановская спектроскопия представляется перспективным методом для анализа состояния костной ткани при пародонтите. В дальнейшем полученные данные могут послужить основой для оптимизации подходов к лечению пародонтита.

**Ключевые слова:** костная ткань, пародонтит, ткани зубов, спектроскопия комбинационного рассеяния, хемометрический анализ

**ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:** Бажутова И.В., Тимченко П.Е., Тимченко Е.В., Трунин Д.А., Глубоков Д.Г., Хамадеева А.М. Применение спектроскопии комбинационного рассеяния для оценки состояния костной ткани при пародонтите: нерандомизированное клинико-лабораторное исследование. *Кубанский научный медицинский вестник*. 2025;32(5):64–73. <https://doi.org/10.25207/1608-6228-2025-32-5-64-73>

**ИСТОЧНИКИ ФИНАНСИРОВАНИЯ:** авторы заявляют об отсутствии спонсорской поддержки при проведении исследования.

**КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов, связанного с этой рукописью.

**ДЕКЛАРАЦИЯ О НАЛИЧИИ ДАННЫХ:** данные, подтверждающие выводы этого исследования, можно получить у контактного автора по обоснованному запросу. Данные и статистические методы, представленные в статье, прошли статистическое рецензирование редактором журнала — сертифицированным специалистом по биостатистике.

**СООТВЕТСТВИЕ ПРИНЦИПАМ ЭТИКИ:** проведенное исследование соответствует стандартам Хельсинкской декларации, одобрено Независимым этическим комитетом по биоэтике при федеральном государственном бюджетном образовательном учре-

© Бажутова И.В., Тимченко П.Е., Тимченко Е.В., Трунин Д.А., Глубоков Д.Г., Хамадеева А.М., 2025

ждении высшего образования «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (ул. Чапаевская, д. 89, г. Самара, 443099, Россия) протокол № 281 от 25.03.2024.

**ВКЛАД АВТОРОВ:** И.В. Бажутова, П.Е. Тимченко, Е.В. Тимченко, Д.А. Трунин, Д.Г. Глубоков, А.М. Хамадеева — разработка концепции и дизайна исследования; И.В. Бажутова, Е.В. Тимченко, Д.Г. Глубоков, А.М. Хамадеева — сбор данных; И.В. Бажутова, П.Е. Тимченко — анализ и интерпретация результатов; И.В. Бажутова, Е.В. Тимченко, А.М. Хамадеева — обзор литературы, проведение статистического анализа; И.В. Бажутова, П.Е. Тимченко, Е.В. Тимченко — составление черновика рукописи и формирование его окончательного варианта; Д.А. Трунин, Д.Г. Глубоков, А.М. Хамадеева — критический пересмотр черновика рукописи с внесением ценного замечания интеллектуального содержания. 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), выразили согласие нести ответственность за все аспекты работы, подразумевающую надлежащее изучение и решение вопросов, связанных с точностью и добросовестностью любой части работы.

✉ **КОРРЕСПОНДИРУЮЩИЙ АВТОР:** Бажутова Ирина Владимировна, кандидат медицинских наук, доцент кафедры стоматологии института последипломного образования федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации. Адрес: ул. Чапаевская, д. 89, г. Самара, 443099, Россия. E-mail: docba@mail.ru

Получена: 18.01.2025 / Получена после доработки: 06.08.2025 / Принята к публикации: 11.09.2025

## Raman spectroscopy for assessing bone tissue in periodontitis: A nonrandomized clinical and laboratory study

Irina V. Bazhutova<sup>1</sup>✉, Pavel E. Timchenko<sup>2</sup>, Elena V. Timchenko<sup>2</sup>, Dimitry A. Trunin<sup>1</sup>,  
Dmitrii G. Glubokov<sup>3</sup>, Alfiya M. Khamadeeva<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Samara State Medical University, Chapaevskaya str., 89, Samara, 443099, Russia

<sup>2</sup> Samara National Research University named after Academician S.P. Korolev (Samara University), Moskovskoye shosse, 34, Samara, 443086, Russia

<sup>3</sup> Samara Municipal Clinical Hospital No. 8, Mirnaya str., 169, Samara, 443035, Russia

### ABSTRACT

**Background.** In determining the dental status of a patient, the assessment of the jawbone tissue and the volume of bone structures are undoubtedly relevant focus areas. This process is instrumental in deciding on dental implantation, performing tooth-preserving regenerative procedures, treating periodontitis, selecting postoperative tactics, and making prognoses. In this article, spectral changes in bone tissue in periodontitis are studied using Raman spectroscopy as a diagnostic method that has been successfully applied in recent years to solve various biomedical problems. **Objectives.** To evaluate spectral changes in bone tissue of the mandible alveolar region in patients with periodontitis. **Methods.** A nonrandomized clinical and laboratory study was conducted in 45 patients aged 45 to 60 years at Samara State Medical University and the Center for Restorative Dentistry dental clinic of the Academy of Dentistry LLC. The control group (Group 1) included 17 bone tissue samples obtained from patients during surgical procedures on periapical tissues with an ICD-10 diagnosis of K04.5 and K04.8, in teeth with normal periodontium. The study group consisted of 28 samples of alveolar bone tissue from the lower jaw obtained from patients during procedures for chronic localized periodontitis diagnosed according to ICD-10 as K05.30, in teeth with periodontal pathology (Group 2). Raman spectroscopy was used to evaluate bone biopsies. Spectra were separated (deconvoluted) using the MagicPlotPro software (Magicplot Systems, LLC, Russia) for statistical analysis. The data obtained were analyzed using the IBMSPSS Statistics software environment (IBM, USA) by linear discriminant analysis (LDA) and comparative LDA analysis of groups. **Results.** In patients with periodontitis, spectral changes in bone tissue are observed, which are related to changes in the relative intensity of Raman scattering lines. In linear discriminant analysis (LDA), the main spectral changes are also observed for the combination scattering spectra of bone tissue at 850 cm<sup>-1</sup> (proline benzene ring), 956 cm<sup>-1</sup> (ν<sub>1</sub> P–O symmetric valence (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>), 1069 cm<sup>-1</sup> (C–O planar valence (CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> ν<sub>1</sub>)), 1172 cm<sup>-1</sup> (tyrosine, phenylalanine, C–H bond (protein)), 1315 cm<sup>-1</sup> (amide III (α helix)), 1385–1441 cm<sup>-1</sup> (scissor vibrations of CH<sub>2</sub> and bending vibrations of CH<sub>3</sub> in lipids and proteins), 1555 cm<sup>-1</sup> (amide II N–H), 1665 cm<sup>-1</sup> (amide I), 1745 cm<sup>-1</sup> (phospholipids), which correspond to the mineral and organic components. **Conclusion.** Clinical and laboratory studies conducted to evaluate bone tissue in patients with periodontitis have revealed spectral differences from healthy bone tissue, which are manifested in the Raman scattering lines corresponding to the mineral-organic structure of bone tissue. Therefore, Raman spectroscopy appears to be a promising method for analyzing bone tissue condition in periodontitis. In the future, the data obtained may serve as a basis for optimizing approaches to periodontitis treatment.

**Keywords:** bone tissue, periodontitis, dental tissue, Raman spectroscopy, chemometric analysis

**FOR CITATION:** Bazhutova I.V., Timchenko P.E., Timchenko E.V., Trunin D.A., Glubokov D.G., Khamadeeva A.M. Raman spectroscopy for assessing bone tissue in periodontitis: A nonrandomized clinical and laboratory study. *Kuban Scientific Medical Bulletin*. 2025;32(5):64–73. <https://doi.org/10.25207/1608-6228-2025-32-5-64-73>

**FUNDING:** The authors declare that no funding was received for this study.

**CONFLICT OF INTEREST:** The authors declare no conflict of interest.

**DATA AVAILABILITY STATEMENT:** Data supporting the findings of this study are available from the corresponding author upon reasonable request. The data and statistical methods presented in the paper have been statistically reviewed by the journal editor, a certified biostatistician.

**COMPLIANCE WITH ETHICAL STANDARDS:** The study complies with the standards of the Helsinki Declaration, approved by the Committee on Bioethics at the Samara State Medical University (Chapaevskaya str., 89, Samara, 443099, Russia), Minutes No. 281 of March 25, 2024.

**AUTHOR CONTRIBUTIONS:** I.V. Bazhutova, P.E. Timchenko, E.V. Timchenko, D.A. Trunin, D.G. Glubokov, A.M. Khamadeeva — concept statement and study design; I.V. Bazhutova, E.V. Timchenko, D.G. Glubokov, A.M. Khamadeeva — data collection; I.V. Bazhutova, P.E. Timchenko — analysis and interpretation of the results; I.V. Bazhutova, E.V. Timchenko, A.M. Khamadeeva — literature review and statistical analysis; I.V. Bazhutova, P.E. Timchenko, E.V. Timchenko — drafting of the manuscript and preparation of its final version; D.A. Trunin, D.G. Glubokov, A.M. Khamadeeva — critical review of the manuscript with introduction of valuable intellectual content. All authors confirm that their authorship meets the ICMJE international criteria (all authors have made substantial contributions to the conception, research and preparation of the paper, and have read and approved the final version before publication), have agreed to be responsible for all aspects of the work, which implies proper study and resolution of issues related to the accuracy and integrity of any part of the work.

✉ **CORRESPONDING AUTHOR:** Irina V. Bazhutova, Cand. Sci. (Med.), Associate Professor of the Department of Dentistry, Institute of Postgraduate Education, Samara State Medical University. Address: Chapaevskaya str., 89, Samara, 443099, Russia. E-mail: docba@mail.ru

**Received:** 18.01.2025 / **Revised:** 06.08.2025 / **Accepted:** 11.09.2025

## ВВЕДЕНИЕ

Состояние костной ткани челюстей является ключевым моментом при определении стоматологического статуса пациента, принятии решения о возможности дентальной имплантации, проведении зубосохраняющих регенеративных вмешательств при пародонтитах [1, 2] и периодонтитах, выборе послеоперационной тактики и определении прогнозов. Кроме как из-за локализованных проблем челюстно-лицевой области цитоархитектоника и характер ремоделирования костной ткани меняются при постменопаузальном остеопорозе, болезни Педжета, опухолевых метастазах, ревматоидном артрите [3–8] и пародонтите (распространенность которого составляет более 90% взрослого населения Российской Федерации) [9, 10]. Системные нарушения перестройки костной ткани являются противопоказанием для восстановления жевательной функции с использованием дентальных имплантатов [11, 12]. Стоит отметить, что восстановление и ремоделирование костей челюстей могут протекать более активно, чем в осевых костях скелета [13].

Диагностика состояния костной ткани челюстей является важнейшей проблемой современной стоматологии, причем широко распространенные существующие рентгенологические методы [14, 15] не всегда позволяют оценить состояние и относительный состав костной ткани челюстей [16, 17]. При хроническом генерализованном пародонтите одной из основных проблем является поздняя обращаемость пациентов за специализированной помощью, так как ранние стадии часто протекают бессимптомно, хотя при своевременном выявлении сохраняется возможность перевести заболевание в состояние стойкой ремиссии и практически остановить развитие патологического процесса на той стадии, на которой было начато лечение [18].

Наряду с общепринятыми методами диагностики (рентгеновская, компьютерная томография и прочие) в последние годы все активнее применяются в области изучения тканей челюстно-лицевой области и оптические методы исследования [10, 19–22].

В настоящей работе проведено изучение спектральных изменений костной ткани при пародонтите, проведенное с помощью Рамановской спектроскопии, успешно применяемой в последние годы для решения различных биомедицинских задач [20, 21]. Все более широкое применение

в стоматологии метод получает в том числе из-за возможности его использования и при неинвазивных подходах, для исследования одного и того же участка тканей многократно, в динамике для объективной оценки влияния разных терапевтических методик [22–25].

Цель исследования — оценка спектральных изменений костной ткани альвеолярной части нижней челюсти при пародонтите.

## МЕТОДЫ

### Дизайн исследования

Дизайн работы построен в виде нерандомизированного клинико-лабораторного исследования, проведенного на 45 образцах костной ткани альвеолярной части нижней челюсти пациентов, обратившихся в стоматологическую клинику для удаления зуба по ортодонтическим показаниям.

### Критерии соответствия

В исследование включались образцы костной ткани, полученные у пациентов перед основным хирургическим вмешательством.

### Критерии включения для пациентов

Возраст от 45 до 60 лет с признаками состояния, удовлетворяющего критериям диагноза «хронический локализованный пародонтит» (код по МКБ-10 — K05.30), и патологией периапикальных тканей (коды по МКБ-10 — K04.5, K04.8), при наличии добровольного информированного согласия на участие в исследовании. Обязательным условием являлось наличие соседних зубов в зоне получения образцов, участки адентии не использовали.

### Критерии исключения для пациентов

Критериями исключения являлись генерализованный пародонтит, наличие соматических заболеваний в стадии декомпенсации, онкологические заболевания, отягощенный аллергологический анамнез, аутоиммунные заболевания, остеопороз, беременность, лактация.

### Критерии исключения для пациентов

Отказ от дальнейшего участия в исследовании, отказ от выполнения врачебных рекомендаций.

### Условия проведения

Клиническая часть исследования проводилась на базе кафедры стоматологии института последипломного образования федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Са-

марский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (ФГБОУ ВО СамГМУ Минздрава России) и стоматологической клиники «Центр восстановительной стоматологии» общества с ограниченной ответственностью «Академия стоматологии» (г. Самара).

Экспериментальные исследования с использованием Рамановской спектроскопии были проведены на базе межвузовской научно-исследовательской лаборатории «Тканевая инженерия» и на кафедре лазерных и биотехнических систем федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С. П. Королева».

### Продолжительность исследования

Период проведения исследования: с ноября 2021 по сентябрь 2022 года.

### Описание медицинского вмешательства

Образцы костной ткани получали с помощью физиодиспенсера Traus (TRAUS, Южная Корея) при скорости 200 об/мин трепаном с внутренним диаметром 3 мм под охлаждением 0,9% раствором NaCl до основного хирургического вмешательства. Затем образцы тщательно промывали в физиологическом растворе, присваивали номер, упаковывали в индивидуальные пакеты и передавали в лабораторию на спектральный анализ. У каждого пациента забор материала осуществлялся однократно.

### Исходы исследования

#### Основной исход исследования

Конечной точкой исследования считали получение и исследование спектров комбинационного рассеяния (КР), а также LD-анализ итоговых данных для оценки состояния костной ткани при пародонтите для диагностики при решении различных биомедицинских задач.

#### Дополнительные исходы исследования

Дополнительные исходы не предусмотрены.

#### Анализ в подгруппах

В группу сравнения (1-ю группу) включили 17 образцов костной ткани, полученных у пациентов во время хирургических вмешательств по поводу патологии периапикальных тканей (коды по МКБ-10 — K04.5, K04.8) в области зубов с нормальным пародонтом. Для исследуемой группы 28 образцов костной ткани альвеолярной части нижней челюсти было получено у пациентов во время манипуляций по поводу хронического локализованного пародонтита (код по МКБ-10 — K05.30) в области зубов с патологией пародонта (2-я группа).

#### Методы регистрации исходов

В качестве основного метода оценки костной ткани в норме и при пародонтите был использован метод рамановской спектроскопии. Для реализации метода применялся стенд (рис. 1), состоящий из пробника RPB-785 ( $f=7,5$  мм), лазера LuxxMaster LML-785.0RB-04 (LuxxMaster, Великобритания), мощность до 500 мВт, длина волны  $784,7 \pm 0,05$  нм, и высокоразрешающего цифрового спектрометра ANDOR Shamrock sr-303i (Andor

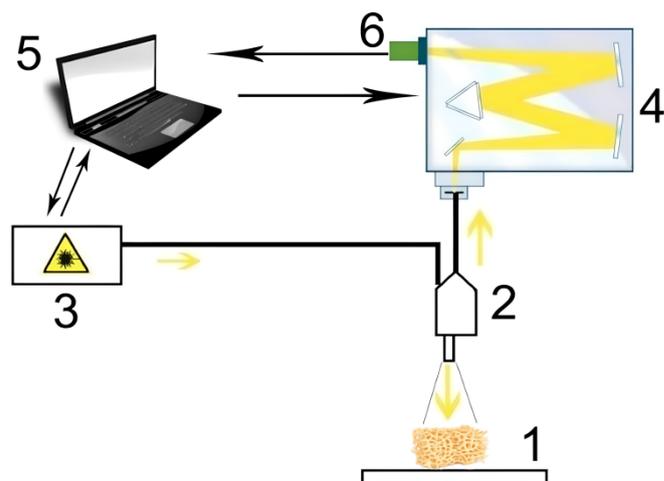


Рис. 1. Экспериментальный стенд: 1 — исследуемый объект; 2 — рамановский пробник RPB 785; 3 — лазерный модуль LuxxMaster LML-785.0RB-04; 4 — спектрометр Shamrock sr-303i; 5 — компьютер; 6 — охлаждаемая камера DV420A-OE

Примечание: рисунок выполнен авторами.

Fig. 1. Experimental setup: 1 — test object; 2 — RPB 785 Raman probe; 3 — LuxxMaster LML-785.0RB-04 laser module; 4 — Shamrock sr-303i spectrometer; 5 — computer; 6 — DV420A-OE cooled chamber

Note: The figure was created by the authors.

Technology, Великобритания), спектральное разрешение 0,15 нм, с охлаждаемой камерой «DV420A-OE» (диапазон 200–1200 нм) [19]. Были сняты 3 спектра в различных точках костной ткани для каждого образца, всего 135 спектров. Спектры сохранялись в виде таблицы (в нм длина волны излучения и его интенсивность в относительных цифровых единицах).

Обработка полученных спектров КР была выполнена в программе Wolfram Mathematica 12.2 (Wolfram Research, США). При обработке результатов, у исследуемых спектров осуществлялся перевод единиц измерения из нм в рамановский сдвиг в  $\text{см}^{-1}$  (по отношению к длине волны лазера), далее очищали от шумов фильтром Maximum Likelihood Estimation Savitzky-Golay filter (MLE-SG), определяли на выбранном интервале  $380\text{--}1780 \text{ см}^{-1}$  при помощи итерационного алгоритма аппроксимирующую линию (полином пятой степени) автофлуоресцентной составляющей, а затем вычитали эту составляющую, в результате получали выделенный рамановский спектр [19]. Интерпретация полос в рамановском спектре на  $i$ -м диапазоне для костной ткани осуществлялась по данным Tarnowski et al. (2002); Ager et al. (2006) [26, 27].

### Статистический анализ

#### Принципы расчета размера выборки

Размер выборки предварительно не рассчитывался.

#### Методы статистического анализа данных

Для статистического анализа использовались спектры после разделения (деконволюции) линии, проводимой в программной среде MagicPlotPro (Magicplot Systems, LLC, Россия). Анализ полученных данных произведен

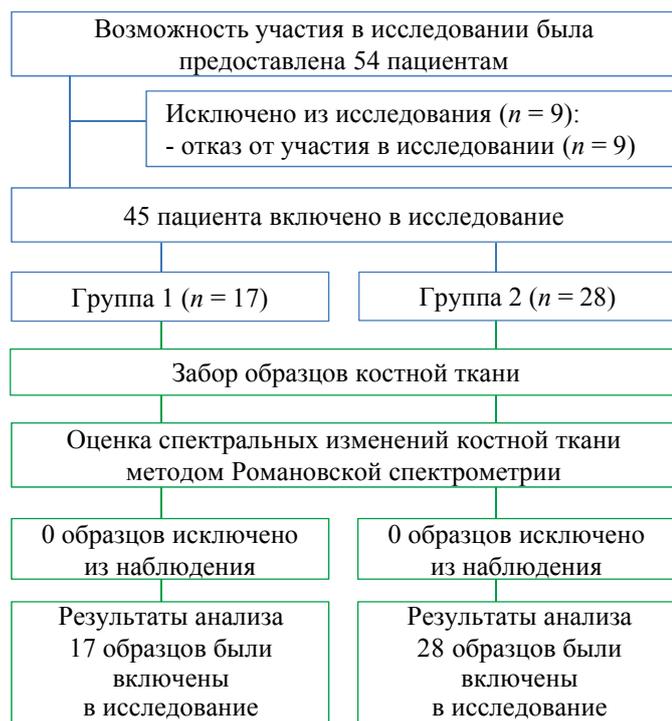


Рис. 2. Блок-схема дизайна исследования

Примечание: блок-схема выполнена авторами (согласно рекомендациям CONSORT).

Fig. 2. The block diagram of the study design

Note: Performed by the authors (according to CONSORT recommendations).

в программной среде IBMSPSS Statistics (IBM, США) методом линейного дискриминантного анализа (LDA). Анализ взаимосвязи групп исследуемых объектов проводился в сравнительном LDA-анализе групп материалов здорового участка костной ткани и с пародонтитом.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

### Объекты (участники) исследования

Формирование выборки проведено в соответствии с критериями включения и невключения. Для проведения исследования были сформированы 2 группы. В группу сравнения (1-ю группу) включили 17 пациентов, у которых были отобраны образцы костной ткани во время хирургических вмешательств по поводу патологии периапикальных тканей (код по МКБ-10 — K04.5, K04.8) в области зубов с нормальным пародонтом. Для исследуемой группы у 28 пациентов отобраны образцы костной ткани альвеолярной части нижней челюсти во время манипуляций по поводу хронического локализованного пародонтита

(код по МКБ-10 — K05.30) в области зубов с патологией пародонта (2-я группа).

Группы формировались из пациентов обоего пола в возрасте до 45 и старше 60 лет. Средние значения половозрастного состава групп различаются несущественно (52,4 и 52,9 года для групп 1 и 2) (табл. 1). Выборки с учетом количества образцов являются репрезентативными.

### Основные результаты исследования

Усредненные спектры комбинационного рассеяния костной ткани челюсти человека в норме и при пародонтите представлены на рисунке 3 (с каждого исследуемого образца костной ткани было снято по 3 спектра в различных его зонах, после чего строился усредненный спектр по каждому исследуемому образцу, а затем общий усредненный спектр комбинационного рассеяния строился по всем усредненным образцам в пределах каждой исследуемой группы, всего было изучено 135 спектров). Первичные спектры проходили фильтрацию шумов и вычитание автофлуоресцентной составляющей (итерационным алгоритмом подбиралась линия в виде полинома 5–10-й степени, аппроксимирующая автофлуоресцентную составляющую), а также преобразование в систему координат рамановского сдвига (по отношению к исходной длине волны лазера 785 нм).

Из рисунка хорошо видно, что при пародонтите наблюдаются спектральные изменения костной ткани, связанные с изменением относительной интенсивности линий комбинационного рассеяния, соответствующих минеральной составляющей, 956  $\text{см}^{-1}$  ( $\nu_1$  P–O симметричное валентное  $\text{PO}_4^{3-}$ ), 1069  $\text{см}^{-1}$  (C–O плоскостное валентное  $\text{CO}_3^{2-}\nu_1$ ), а также органической составляющей костной ткани 850  $\text{см}^{-1}$  (бензольное кольцо пролина), 1172  $\text{см}^{-1}$  (тирозин, фенилаланин, C–H связь (белок)), 1242–1270  $\text{см}^{-1}$  (амид III), 1315  $\text{см}^{-1}$  (амид III ( $\alpha$  спираль)), 1385–1441  $\text{см}^{-1}$  (ножничные колебания  $\text{CH}_2$  и изгибные колебания  $\text{CH}_3$  в липидах и белках), 1555  $\text{см}^{-1}$  (амид II N–H), 1665  $\text{см}^{-1}$  (амид I), 1745  $\text{см}^{-1}$  (фосфолипиды).

Данные спектральные изменения связаны с резорбцией костной ткани при пародонтите (линии гидроксиапатита 956  $\text{см}^{-1}$  ( $\nu_1$  P–O симметричное валентное  $\text{PO}_4^{3-}$ ) и его замещение 1069  $\text{см}^{-1}$  (C–O плоскостное валентное  $\text{CO}_3^{2-}\nu_1$ )), что свидетельствует о замещении водно-минерального обмена в костной ткани (интенсивное замещение гидроксид-иона  $\text{OH}^-$  в структуре апатита ионами  $\text{CO}_3^{2-}$ ), а также разрушении органической матрицы (амидные линии 1242–1270  $\text{см}^{-1}$  (Amide III), 1315  $\text{см}^{-1}$  (амид III ( $\alpha$ -спираль)), 1555  $\text{см}^{-1}$  (амид II N–H), 1665  $\text{см}^{-1}$  (амид I), линии пролина 850  $\text{см}^{-1}$  (бензольное кольцо пролина)).

Таблица 1. Половая и возрастная характеристика пациентов в сравниваемых группах

Table 1. Sex and age characteristics of patients in the compared groups

Показатель	Группа 1 (n = 17)	Группа 2 (n = 28)	Уровень значимости, p
Пол (женский/мужской), %	52,9/47,1	50/50	0,85
Возраст ( $M \pm SD$ ), лет	52,4 $\pm$ 4,5	52,9 $\pm$ 5,1	0,56

Примечание: таблица составлена авторами.

Note: The table was compiled by the authors.

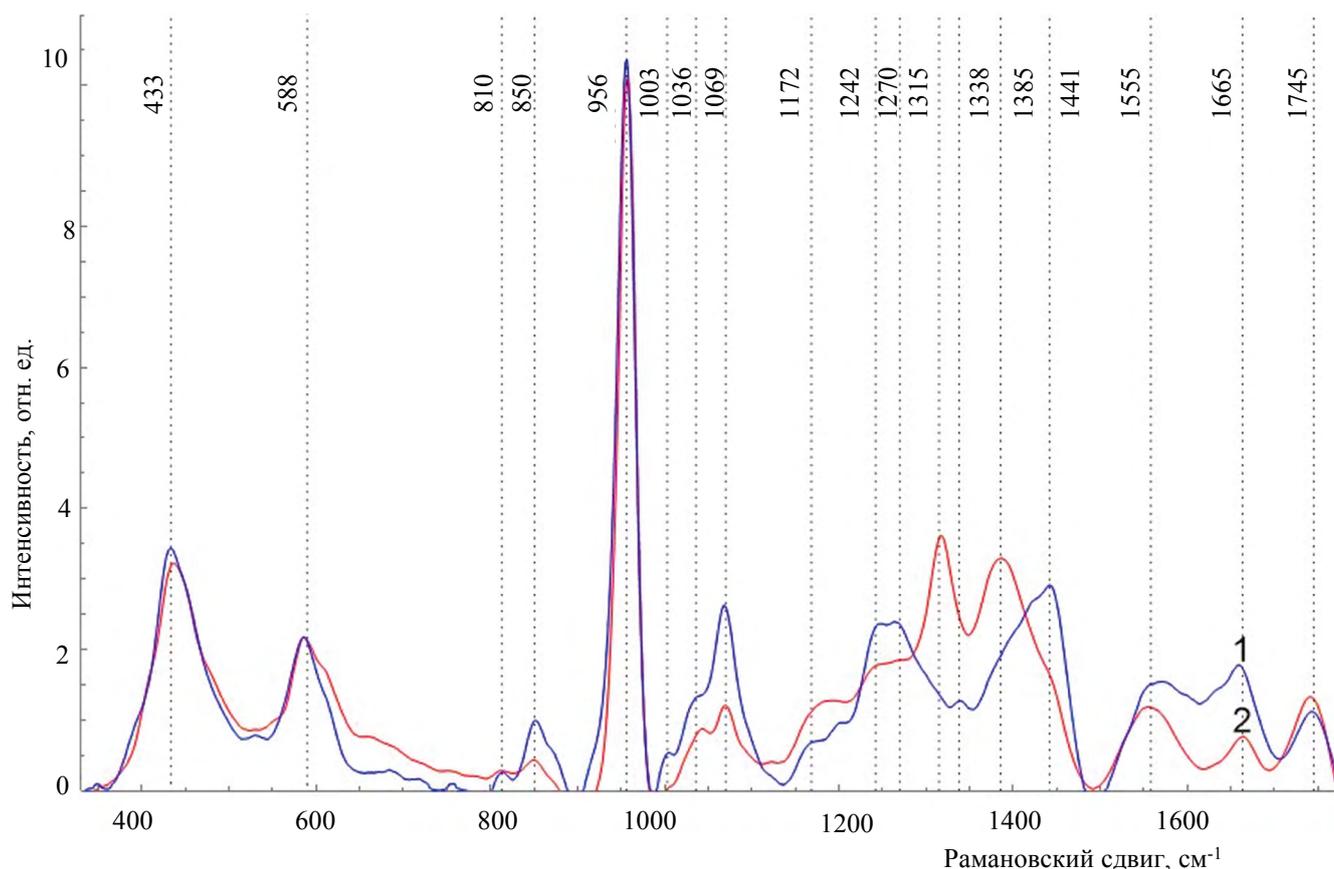


Рис. 3. Усредненные спектры комбинационного рассеяния костной ткани в норме (1) и при пародонтите (2)

Примечание: рисунок выполнен авторами.

Fig. 3. Average Raman scattering spectra of bone tissue in normal conditions (1) and in periodontitis (2)

Note: The figure was created by the authors.

Заметный сдвиг комбинационного рассеяния органической составляющей при пародонтите на линиях 1315 и 1385  $\text{см}^{-1}$  обусловлен разрушением органической матрицы при пародонтите [28–30]. Разрушение органической матрицы (каркаса) ведет к невозможности удержания и утрате минеральной составляющей.

Спектральный контур на рисунке 3 имеет ряд линий комбинационного рассеяния с высоким коэффициентом взаимного перекрытия, так что определить количество, положение и ширину этих линий в перекрытом состоянии затруднительно.

Поэтому для повышения информативности и точности полученных спектров КР был произведен нелинейный регрессионный анализ спектров, состоящий в их разложении на отдельные спектральные линии. Данное разложение проводилось с ограничением ряда параметров (амплитуда линии не отрицательная, ширина ограничена минимальной шириной, обусловленной шириной линии лазера, и максимальной, дабы не получать физически невозможные линии при математическом подборе) и использования шаблона с положением заранее известных сильных линий. При моделировании спектрального контура у линий, используемых как шаблон, фиксировались положение  $x_0$  и полуширина линии (HWHM)  $dx$ . При моделировании подбиралась лишь интенсивность ли-

нии в диапазоне от 0 до значения локального максимума спектра в области  $x_0$ . HWHM ограничивалось в диапазоне от 1 до 16  $\text{см}^{-1}$ . Это позволяло добиться высокой стабильности результатов при моделировании контура и учитывать все сдвиги линий КР. Критериальной переменной являлась амплитуда линий  $a$ , которая зависит от значений независимых регрессоров  $dx$  и  $x_0$ , определяющих начальные условия анализа.

Среднее значение скорректированного коэффициента детерминации спектра от исходного в области 380–1780  $\text{см}^{-1}$  для всех 135 спектров составило  $\text{adj}R^2 = 0,9989$ . Подобранная линия комбинационного рассеяния не выходит за границы спектрального контура.

На рисунке 4 представлен результат разложения спектрального контура в диапазоне 380–1780  $\text{см}^{-1}$  на сумму распределений линий Гаусса (для используемого спектрометра с разрешением  $\sim 1,2 \text{ см}^{-1}$  и биообъектов является оптимальной формой линии).

В программной среде Wolfram Mathematica 12.2 с применением методов машинного обучения на основе автоматического многокритериального моделирования установлен окончательный состав спектральных линий КР, использовались данные первичных неусредненных спектров (135 спектров). Апробация метода проведена с учетом анализа литературных данных [28, 31–33].

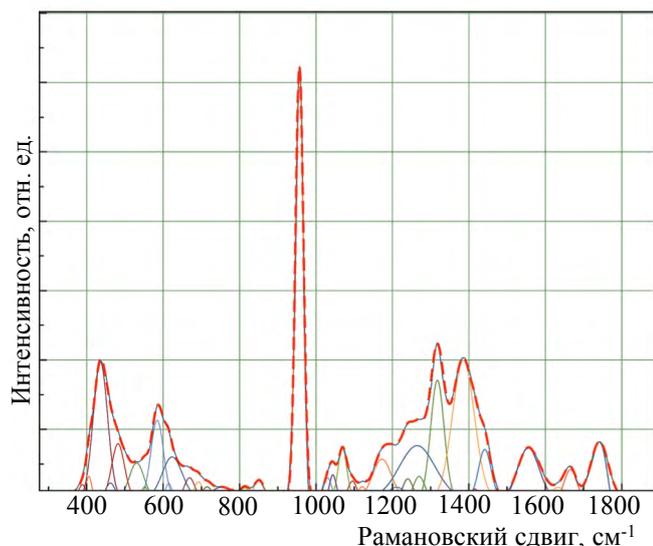


Рис. 4. Разложение спектрального контура образцов костной ткани челюсти человека

Примечание: рисунок выполнен авторами. Сокращение: КР — комбинационное рассеяние.

Fig. 4. Decomposition of the spectral contour of jawbone samples

Note: The figure was created by the authors. Abbreviation: КР — Raman scattering.

Относительная количественная оценка компонентного состава образцов костной ткани из обеих исследуемых групп проведена с использованием нормированных амплитуд разделенных линий комбинационного рассеяния.

Для дальнейшего анализа полученных после разделения спектральных линий исследуемых образцов был применен метод линейного дискриминантного анализа (ЛДА — linear discriminant analysis, LDA) в программной среде IBM SPSS Statistics. Сопоставлялись группы образцов костной ткани челюсти человека в норме и ткани челюсти человека при пародонтите. В качестве основной переменной задействована дискриминантная функция LD-1 (описывает 100% дисперсию), другие LD переменные оказались не задействованы.

На рисунке 5 показаны результаты сравнения LDA двух групп образцов. Группа 1 принадлежит образцам костной ткани челюсти человека в норме, группа 2 — костной ткани челюсти человека при пародонтите.

В основном положительные значения LD-1 характеризуют спектры комбинационного рассеяния костной ткани челюсти человека в норме, отрицательные значения характеризуют спектры комбинационного рассеяния костной ткани челюсти человека при пародонтите. Области групп имеют значительное пересечение в диапазоне LD-1 =  $\{-1,75; 0,75\}$ . Площади групп имеют также пересечения.

Чем выше по модулю значение LD-1 переменной, тем в большей степени она определяет разницу в дискриминационной модели между костной тканью челюсти человека в норме и при пародонтите.

Для относительной количественной оценки компонентного состава костной ткани челюсти человека в норме

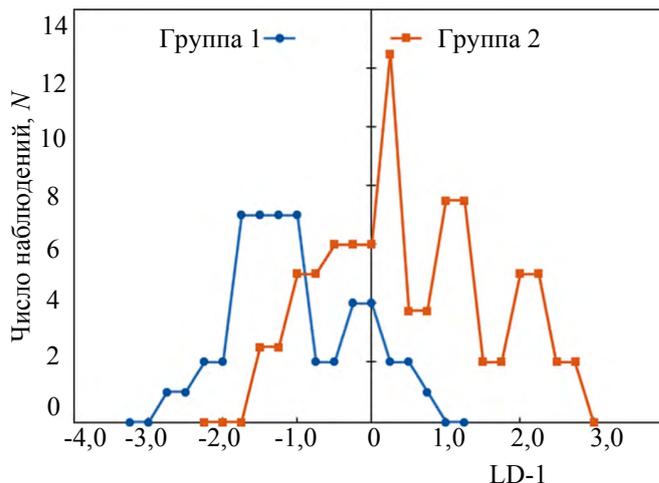


Рис. 5. График значений линейной дискриминантной функции исследуемых групп

Примечание: рисунок выполнен авторами. Сокращение: LD — линейная дискриминантная функция.

Fig. 5. Value graph of the linear discriminant function for the groups under study

Note: The figure was created by the authors. Abbreviation: LD — linear discriminant function.

и при пародонтите использовались отношения интенсивности линий комбинационного рассеяния к интенсивности линии фосфолипидов.

Из рисунка 5 видно, что наибольшие значения LD-1 наблюдаются на линиях комбинационного рассеяния, соответствующих органической составляющей костной ткани. Данные спектральные изменения также свидетельствуют об изменении синтеза коллагена в структуре костной ткани при пародонтите.

Далее были проанализированы различные комбинации параметров и выделено 10 линий комбинационного рассеяния.

На рисунке 6 показаны значения релевантных коэффициентов матрицы факторной структуры, имеющие физический смысл корреляции между переменными в модели и дискриминирующей функцией.

По данному графику видно, что основные спектральные изменения наблюдаются как и для спектров комбинационного рассеяния костной ткани на линиях  $850\text{ см}^{-1}$  (бензольное кольцо пролина),  $956\text{ см}^{-1}$  ( $\nu_1$  P-O симметричное валентное ( $\text{PO}_4^{3-}$ )),  $1069\text{ см}^{-1}$  (C-O плоскостное валентное ( $\text{CO}_3^{2-}\nu_1$ )),  $1172\text{ см}^{-1}$  (тирозин, фенилаланин, C-H-связь (белок)),  $1315\text{ см}^{-1}$  (амид III ( $\alpha$ -спираль)),  $1385\text{--}1441\text{ см}^{-1}$  (ножничные колебания  $\text{CH}_2$  и изгибные колебания  $\text{CH}_3$  в липидах и белках),  $1555\text{ см}^{-1}$  (амид II N-H),  $1665\text{ см}^{-1}$  (амид I),  $1745\text{ см}^{-1}$  (фосфолипиды), которые соответствуют минеральной и органической составляющей. Чем выше по модулю значение LD-1 для переменной, тем в большей степени она определяет разницу в дискриминационной модели между группами образцов.

### Дополнительные результаты исследования

В процессе планирования исследования получение дополнительных результатов не ожидалось, и они не были достигнуты в ходе его реализации.

### Нежелательные явления

Не зарегистрированы.

## ОБСУЖДЕНИЕ

### Резюме основного результата исследования

Спектральный анализ костной ткани зубов при пародонтите позволил установить характерные критерии. Обнаружено, что заболевание пародонтитом вызывает отличительные спектральные отклонения в структуре органического матрикса, а также перемены в спектрах комбинационного рассеяния (КР) минеральной фазы. Эти изменения прямо связаны с резорбцией костной ткани при пародонтите.

Выявленные спектральные сдвиги обусловлены процессом резорбции костной ткани и разрушением органического матрикса. Заметное смещение линий КР органической составляющей на линиях 1315 и 1385  $\text{см}^{-1}$  у пациентов с пародонтитом указывает на разрушение органической матрицы. Спектральные аномалии, возникающие из-за повреждения поперечных связей в органическом матриксе, приводят к изменениям в минеральном составе.

Применение дискриминантного анализа позволило определить критерии для выявления изменений в костной ткани при пародонтите. Это особенно ценно при сложной дифференциальной диагностике очагов деструкции альвеолярных отростков челюстей, позволяя дифференцировать от других патологических состояний.

### Обсуждение основного результата исследования

Установлены изменения спектров комбинационного рассеяния костной ткани при пародонтите. Данные спектральные изменения обусловлены резорбцией костной ткани и разрушением органической матрицы. Разрушение органической матрицы (каркаса) при пародонтите ведет к невозможности удержания и утрате минеральной составляющей [34, 35].

При этом выявленные в настоящей работе спектральные изменения не проявляются при других распространенных стоматологических заболеваниях, например при кариесе зубов. Так, в работе О. А. Магсумовой и соавт. [36] показано, что при кариесе снижается только концентрация ионов  $(\text{PO}_4)^{3-}$ .

В работах других авторов диагностика пародонтита осуществляется по изменению цемента зубов. Показано [37–39], что основным структурным изменением при пародонтите является цемент зубов. Неправильное формирование цемента приводит к развитию пародонтальных карманов. Это связано с тем, что структура цемента является основным элементом восприимчивости к микробной инвазии и образованию пародонтальных карманов [37].

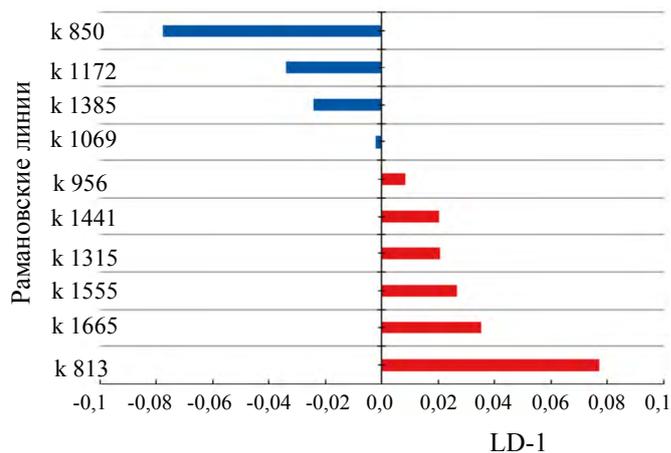


Рис. 6. Значения коэффициентов факторной структуры  
Примечание: рисунок выполнен авторами. Сокращение: LD — линейная дискриминантная функция.

Fig. 6. Values of factor structure coefficients

Note: The figure was created by the authors. Abbreviation: LD — linear discriminant function.

Ранее авторами установлено, что спектральные изменения зубов при пародонтите имеют схожий характер со спектральными изменениями, возникающими при остеопорозе [19]. При пародонтите нарушается водно-минеральный обмен в тканях зубов (интенсивное замещение гидроксид-иона  $\text{OH}^-$  в структуре апатита ионами  $\text{CO}_3^{2-}$ ) и синтез коллагена. Подобные спектральные изменения наблюдаются и при пародонтите в костной ткани.

Таким образом, при пародонтите происходят спектральные сдвиги комбинационного рассеяния, схожие с изменениями в органическом матриксе, возникающие при механической нагрузке, а также при остеопорозе, которые обусловлены разрывом поперечных связей в органическом матриксе.

### Ограничения исследования

Не выявлены.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные клинико-лабораторные исследования по оценке костной ткани при пародонтите показали спектральные различия со здоровой костной тканью, которые проявляются на линиях комбинационного рассеяния, соответствующих минерало-органической структуре костной ткани. Установлено, что данные спектральные изменения в костной ткани при пародонтите связаны с резорбцией костной ткани и вызваны замещением гидроксид-иона  $\text{OH}^-$  в структуре апатита ионами  $\text{CO}_3^{2-}$ , а также нарушением структуры органического матрикса кости, о чем свидетельствует изменение линий КР амидных структур, а также пролина. Таким образом, метод спектроскопии КР может быть использован для оценки костной ткани при пародонтите. Полученные результаты можно будет использовать для коррекции лечения данного заболевания.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Шукпаров А.Б., Шомуродов К.Э., Мирхусанова Р.С. Принципы направленной костной регенерации: критические предоперационные факторы и критерии успеха. *Интегративная стоматология и челюстно-лицевая хирургия*. 2022;1(1):10–13. Shukparov AB, Shomurodov KE, Mirkhusanova RS. Principles of directed bone regeneration: critical preoperative factors and success criteria. *Integrative dentistry and maxillofacial surgery*. 2022;1(1):10–13 (In Russ.).
- Putra RH, Yoda N, Iikubo M, Kataoka Y, Yamauchi K, Koyama S, Cooray U, Astuti ER, Takahashi T, Sasaki K. Influence of bone condition on implant placement accuracy with computer-guided surgery. *Int J Implant Dent*. 2020;6(1):62. <https://doi.org/10.1186/s40729-020-00249-z>
- Rak D, Kulloli AM, Shetty SK, Tripathy S, Mathur A, Mehta V, Cicciù M, Minervini G. Correlation between rheumatoid arthritis and chronic periodontitis: a systematic review and meta-analysis. *Minerva Dent Oral Sci*. 2024;73(5):294–302. <https://doi.org/10.23736/S2724-6329.23.04891-X>
- Yu B, Wang CY. Osteoporosis and periodontal diseases — An update on their association and mechanistic links. *Periodontol 2000*. 2022;89(1):99–113. <https://doi.org/10.1111/prd.12422>
- Lu EM. The role of vitamin D in periodontal health and disease. *J Periodontol Res*. 2023;58(2):213–224. <https://doi.org/10.1111/jre.13083>
- Herrera D, Sanz M, Shapira L, Brotons C, Chapple I, Frese T, Graziani F, Hobbs FDR, Huck O, Hummers E, Jepsen S, Kravtchenko O, Madianos P, Molina A, Ungan M, Vilaseca J, Windak A, Vinker S. Periodontal diseases and cardiovascular diseases, diabetes, and respiratory diseases: Summary of the consensus report by the European Federation of Periodontology and WONCA Europe. *Eur J Gen Pract*. 2024;30(1):2320120. <https://doi.org/10.1080/13814788.2024.2320120>
- Jawed STM, Tul Kubra Jawed K. Understanding the Link Between Hormonal Changes and Gingival Health in Women: A Review. *Cureus*. 2025;17(6):e85270. <https://doi.org/10.7759/cureus.85270>
- Villoria GEM, Fischer RG, Tinoco EMB, Meyle J, Loos BG. Periodontal disease: A systemic condition. *Periodontol 2000*. 2024;96(1):7–19. <https://doi.org/10.1111/prd.12616>
- Слазхнева Е.С., Атрушкевич В.Г., Орехова Л.Ю., Лобода Е.С. Распространенность заболеваний пародонта у пациентов с различным индексом массы тела. *Пародонтология*. 2022;27(3):202–208. <https://doi.org/10.33925/1683-3759-2022-27-3-202-208>
- Slazhneva ES, Atrushkevitch VG., Orekhova LYu, Loboda ES. Prevalence of periodontal diseases in patients with various body mass index. *Parodontologiya*. 2022;27(3):202–208 (In Russ.). <https://doi.org/10.33925/1683-3759-2022-27-3-202-208>
- Гимранова И.А., Хакимова Л.Р., Акмалова Г.М., Газизуллина Г.Р. Современные методы диагностики заболеваний пародонта: возможности и перспективы (обзор литературы). *Клиническая лабораторная диагностика*. 2023;68(9):570–577. <https://doi.org/10.51620/0869-2084-2023-68-9-570-577>
- Gimranova IA, Khakimova LR, Akmalova GM, Gazizullina GR. Modern methods of diagnosis of periodontal diseases: opportunities and prospects (review of literature). *Russian Clinical Laboratory Diagnostics*. 2023;68(9):570–577 (In Russ.). <https://doi.org/10.51620/0869-2084-2023-68-9-570-577>
- Тунева Н.А., Богачева Н.В., Тунева Ю.О. Проблемы дентальной имплантации. Вятский медицинский вестник. 2019;2(62):86–93. Tuneva NA, Bogacheva NV, Tuneva YO. Problems of dental implantation. *Medical newsletter of Vyatka*. 2019;2(62):86–93 (In Russ.).
- Lemos CAA, de Oliveira AS, Faé DS, Oliveira HFFE, Del Rei Dalto Rosa CD, Bento VAA, Verri FR, Pellizzer EP. Do dental implants placed in patients with osteoporosis have higher risks of failure and marginal bone loss compared to those in healthy patients? A systematic review with meta-analysis. *Clin Oral Invest*. 2023;27(6):2483–2493. <https://doi.org/10.1007/s00784-023-05005-2>
- Музыкн М.И., Иорданишвили А.К., Лосев Ф.Ф., Григорьев С.Г. Репаративный потенциал костной ткани и влияющие на него факторы. *Стоматология*. 2024;103(2):41–49. <https://doi.org/10.17116/stomat202410302141>
- Muzikin MI, Iordanishvili AK, Losev FF, Grigoriev SG. Reparative potential of bone tissue and associated influencing factors. *Stomatology*. 2024;103(2):41–49 (In Russ.). <https://doi.org/10.17116/stomat202410302141>
- Oliveira MR, Gonçalves A, Gabrielli MAC, de Andrade CR, Scardueli CR, Pereira Filho VA. The correlation of different methods for the assessment of bone quality in vivo: an observational study. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2022;51(3):388–397. <https://doi.org/10.1016/j.ijom.2021.05.019>
- Hasiuk P, Korobeinikova Y, Vorobets A, Korobeinikov L, Dzetsiukh T, Rosolovska S, Gurando V. Comparative assessment of the state of bone resorption in patients with chronic generalized periodontitis according to orthopantomogram and cone-beam computed tomography. *Pol Merkur Lekarski*. 2021;49(292):286–289
- Baimuratova M, Shertayeva A, Madraimov N, Erkebay R, Diusebayev E. Diseases of periodontal tissues: modern challenges of the time. *Georgian Med News*. 2023;336:126–131.
- Янушевич О.О., Гасанова З.Т., Вавилова Т.П., Рунова Г.С. Состояние альвеолярной костной ткани в зависимости от витальности пульпы зуба по показателям слюны пациентов с пародонтитом средней степени. *Эндодонтия Today*. 2021;19(4):278–284. <https://doi.org/10.36377/1683-2981-2021-19-4-278-284>
- Yanushevich OO, Gasanova ZT, Vavilova TP, Runova GS. The state of the alveolar bone tissue depending on the vitality of the tooth pulp according to the saliva indicators of patients with moderate periodontitis. *Endodontics Today*. 2021;19(4):278–284 (In Russ.). <https://doi.org/10.36377/1683-2981-2021-19-4-278-284>
- Сабирова А.И. Модифицируемые факторы риска развития и прогрессирования заболеваний тканей пародонта. *Acta Biomedica Scientifica*. 2022;7(5-2):182–192. <https://doi.org/10.29413/ABS.2022-7-5-2.19>
- Sabirova A.I. Modifiable risk factors for the development and progression of periodontal tissue diseases. *Acta Biomedica Scientifica*. 2022;7(5-2):182–192 (In Russ.). <https://doi.org/10.29413/ABS.2022-7-5-2.19>
- Timchenko EV, Timchenko PE, Pisareva EV, Vlasov MY, Volova LT, Frolov OO, Fedorova YV, Tikhomirova GP, Romanova DA, Daniel MA. Spectral analysis of rat bone tissue during long antiorthostatic hanging and at introduction of allogeneic hydroxyapatite. *Optics and Spectroscopy*. 2020;128(7):989–997. <https://doi.org/10.1134/S0030400X20070243>
- Тихонова В.В., Саушкина А.С. Обзор возможностей применения рамановской спектроскопии в процессно-аналитической технологии (РАТ). *Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии*. 2020;23(10):35–39. <https://doi.org/10.29296/25877313-2020-10-05>
- Tihonova VV, Saushkina AS. Application of raman spectroscopy to process analytical technology (PAT). *Voprosy Biologicheskoi, Meditsinskoi i Farmatsevticheskoi Khimii*. 2020;23(10):35–39 (In Russ.). <https://doi.org/10.29296/25877313-2020-10-05>
- Chauhan S, Sharma S. Applications of Raman spectroscopy in the analysis of biological evidence. *Forensic Sci Med Pathol*. 2024;20(3):1066–1090. <https://doi.org/10.1007/s12024-023-00660-z>
- Легких А.В., Мандра Ю.В., Киселева Д.В. Метод рамановской спектроскопии как средство оценки морфологии микрорельефа поверхности зуба, а также степени минерализации твердых тканей зубов. *Вестник уральского государственного медицинского университета*. 2015;2–3(29–30):214–215. Legkih AV, Mandra YV, Kiseleva DV. Comparative assessment of hard dental tissues mineralization degree by raman spectroscopy technique. *Vestnik Ural'skogo Gosudarstvennogo Meditsinskogo Universiteta*. 2015;2–3(29–30):214–215 (In Russ.).
- Otel I. Overall Review on Recent Applications of Raman Spectroscopy Technique in Dentistry. *Quantum Beam Science*. 2023;7(1):5. <http://dx.doi.org/10.3390/qbs7010005>
- Prikule DV, Kukushkin VI, Mitronin AV, Prikuls VF. Studying the Degree of Tooth Enamel Mineralization through Raman Spectroscopy in Various Spectral Ranges. *Biophysica*. 2021;1(3):269–278. <http://dx.doi.org/10.3390/biophysical1030020>
- Shrivastava PK, Kumar A, Aggarwal Y, Kumar A, Agrawal A, Rai A. Diagnostic accuracy of Vibrational spectroscopy in the diagnosis of oral potentially malignant and malignant disorders: A systematic review and meta-analysis. *J Cancer Res Ther*. 2023;19(2):151–158. [http://dx.doi.org/10.4103/jcrt.jcrt\\_2275\\_21](http://dx.doi.org/10.4103/jcrt.jcrt_2275_21)
- Tarnowski CP, Ignelzi MA Jr, Morris MD. Mineralization of developing mouse calvaria as revealed by Raman microspectroscopy. *J Bone Miner Res*. 2002;17(6):1118–1126. <http://dx.doi.org/10.1359/jbmr.2002.17.6.1118>
- Ager JW 3rd, Nalla RK, Balooch G, Kim G, Pugach M, Habelitz S, Marshall GW, Kinney JH, Ritchie RO. On the increasing fragility of human teeth with age: a deep-UV resonance Raman study. *J Bone Miner Res*. 2006;21(12):1879–1887. <http://dx.doi.org/10.1359/jbmr.060816>

28. Carden A, Rajachar RM, Morris MD, Kohn DH. Ultrastructural changes accompanying the mechanical deformation of bone tissue: a Raman imaging study. *Calcif Tissue Int.* 2003;72(2):166–175. <http://dx.doi.org/10.1007/s00223-002-1039-0>
29. Голощапов Д.Л., Кашкаров В.М., Ипполитов Ю.А., Ипполитов И.Ю., Vongsvivut J, Середин П.В. Визуализация молекулярно-химического взаимодействия материала, биокомпозита и ткани зуба на основе синхротронной ИК-микроспектроскопии. *Вестник Российского государственного медицинского университета.* 2019;(4):75–82. <http://dx.doi.org/10.24075/vrgmu.2019.047>
- Goloshchapov DL, Kashkarov VM, Ippolitov YuA, Ippolitov IYu, Vongsvivut J, Seredin PV. Synchrotron IR-microspectroscopy-based visualization of molecular and chemical interactions between dental cement, biomimetic composite and native dental tissue. *Vestnik Rossiiskogo Gosudarstvennogo Meditsinskogo Universiteta.* 2019;(4):75–82 (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.24075/vrgmu.2019.047>
30. Timchenko EV, Timchenko PE, Volova LT, Ponomareva YV, Taskina LA. Raman spectroscopy of the organic and mineral structure of bone grafts. *Quantum Electronics.* 2014;44(7):696–699. <http://dx.doi.org/10.1070/qe2014v044n07abeh015546>
31. Movasaghi Z, Rehman S, Rehman IU. Raman Spectroscopy of Biological Tissues. *Applied Spectroscopy Reviews.* 2007;42(5):493–541. <http://dx.doi.org/10.1080/05704920701551530>
32. Bi X, Lin L, Chen Z, Ye J. Artificial Intelligence for Surface-Enhanced Raman Spectroscopy. *Small Methods.* 2024;8(1):e2301243. <http://dx.doi.org/10.1002/smt.202301243>
33. Li L, Yu M, Li X, Ma X, Zhu L, Zhang T. A deep learning method for multi-task intelligent detection of oral cancer based on optical fiber Raman spectroscopy. *Anal Methods.* 2024;16(11):1659–1673. <http://dx.doi.org/10.1039/d3ay02250a>
34. Huang X, Xie M, Xie Y, Mei F, Lu X, Li X, Chen L. The roles of osteocytes in alveolar bone destruction in periodontitis. *J Transl Med.* 2020;18(1):479. <http://dx.doi.org/10.1186/s12967-020-02664-7>
35. Ушаков Р.В., Герасимова Т.П. Механизмы тканевой деструкции при пародонтите. *Стоматология.* 2017;96(4):63–66. <https://doi.org/10.17116/stomat201796463-66>
- Ushakov RV, Gerasimova TP. Mechanisms of tissue destruction in periodontal disease. *Stomatology.* 2017;96(4):63–66 (In Russ.). <https://doi.org/10.17116/stomat201796463-66>
36. Магсумова О.А., Полканова В.А., Тимченко Е.В., Волова Л.Т. Рамановская спектроскопия и ее применение в стоматологии. *Стоматология.* 2021;100(4):137–142. <https://doi.org/10.17116/stomat202110004>
- Magsumova OA, Polkanova VA, Timchenko EV, Volova LT. Raman spectroscopy and its application in different areas of medicine. *Stomatology.* 2021;100(4):137–142 (In Russ., In Engl.). <https://doi.org/10.17116/stomat2021100041137>
37. Paknejad M, Khorsand A, Yaghoobee S, Motahhari P, Etebarian A, Bayani M, Mehrfard A. Cementogenesis in Patients with Localized Aggressive Periodontitis. *J Dent (Tehran).* 2015;12(5):347–351.
38. Armitage GC, Cullinan MP. Comparison of the clinical features of chronic and aggressive periodontitis. *Periodontol 2000.* 2010;53:12–27. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0757.2010.00353.x>
39. Mahajan AC, Kolte AP, Kolte RA, Agrawal AA. Dimensional Evaluation of Root Resorption Areas in Differing Severity of Chronic Periodontitis: A Scanning Electron Microscopic Study. *Contemp Clin Dent.* 2017;8(3):433–438. [https://doi.org/10.4103/ccd.ccd\\_512\\_17](https://doi.org/10.4103/ccd.ccd_512_17)

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

**Бажутова Ирина Владимировна** — кандидат медицинских наук, доцент кафедры стоматологии института последипломного образования федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

<https://orcid.org/0000-0003-3200-5538>

**Тимченко Павел Евгеньевич** — кандидат физико-математических наук, доцент кафедры лазерных и биотехнических систем федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева».

<https://orcid.org/0000-0003-3089-7966>

**Тимченко Елена Владимировна** — кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры лазерных и биотехнических систем федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева».

<https://orcid.org/0000-0002-0539-7989>

## INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Irina V. Bazhutova** — Cand. Sci. (Med.), Associate Professor of the Department of Dentistry, Institute of Postgraduate Education, Samara State Medical University.

<https://orcid.org/0000-0003-3200-5538>

**Pavel E. Timchenko** — Cand. Sci. (Phys.-Math.), Associate Professor of the Department of Laser and Biotechnical Systems, Samara National Research University named after Academician S.P. Korolev (Samara University).

<https://orcid.org/0000-0003-3089-7966>

**Elena V. Timchenko** — Cand. Sci. (Phys.-Math.), Assoc. Prof., Associate Professor of the Department of Laser and Biotechnical Systems, Samara National Research University named after Academician S.P. Korolev (Samara University).

**Трунин Дмитрий Александрович** — доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой стоматологии института последипломного образования федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

<https://orcid.org/0000-0002-7221-7976>

**Глубоков Дмитрий Геннадьевич** — заведующий отделением патологической анатомии государственного бюджетного учреждения здравоохранения Самарской области «Самарская городская клиническая больница № 8».

<https://orcid.org/0009-0000-7232-554X>

**Хамадеева Альфия Минвалиевна** — доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры стоматологии института последипломного образования федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

<https://orcid.org/0000-0002-8160-6965>

<https://orcid.org/0000-0002-0539-7989>

**Dimitry A. Trunin** — Dr. Sci. (Med.), Prof., Head of the Department of Dentistry, Institute of Postgraduate Education, Samara State Medical University.

<https://orcid.org/0000-0002-7221-7976>

**Dmitrii G. Glubokov** — Head of the Department of Pathological Anatomy at Samara Municipal Clinical Hospital No. 8.

<https://orcid.org/0009-0000-7232-554X>

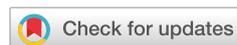
**Alfiya M. Khamadeeva** — Dr. Sci. (Med.), Prof., Professor of the Department of Dentistry, Institute of Postgraduate Education, Samara State Medical University.

<https://orcid.org/0000-0002-8160-6965>

✉ Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

<https://doi.org/10.25207/1608-6228-2025-32-5-74-84>

УДК: 616-008:616.316-615.099



## Особенности состояния маркеров окислительного стресса в смешанной слюне больных наркологического профиля: наблюдательное контролируемое исследование

Г.А. Ермакова, Е.С. Устинова, Д.А. Любченко, А.Г. Завгородняя, И.М. Быков✉, К.А. Попов

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, ул. им. Митрофана Седина, д. 4, г. Краснодар, 350063, Россия

### АННОТАЦИЯ

**Введение.** Лабораторный мониторинг и прогнозирование — потенциальные диагностические инструменты для оценки возможного исхода реабилитации больных с синдромом зависимости от психоактивных веществ. В качестве наиболее перспективных рассматриваются показатели биохимического ответа на употребление психоактивных веществ, в том числе биомаркеры окислительного стресса в смешанной слюне. **Цель исследования:** охарактеризовать особенности изменений профиля маркеров окислительного стресса в смешанной слюне больных с синдромом зависимости от психостимуляторов или алкоголя на реабилитационном этапе. **Методы.** В исследование, выполненное в соответствии с дизайном наблюдательного контролируемого исследования, были включены практически здоровые мужчины (1-я группа,  $n = 20$ ), наблюдавшиеся в Клинике федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, и больные с синдромом зависимости от психостимуляторов (2-я группа,  $n = 20$ ) и с синдромом алкогольной зависимости (3 группа,  $n = 20$ ), проходившие реабилитацию в диспансерно-поликлиническом отделении № 1 государственного бюджетного учреждения здравоохранения «Наркологический диспансер» Министерства здравоохранения Краснодарского края в период с марта 2023 по ноябрь 2024 года. На начальном этапе реабилитации и спустя 3 месяца осуществляли сбор смешанной слюны и венозной крови, в которых определяли общую антиоксидантную способность, активность супероксиддисмутазы, активность глутатионпероксидазы и концентрацию глутатиона. Обработку полученных данных выполняли с использованием программы AnalystSoft Inc., StatPlus, Версия 7. Для сравнения показателей использовали однофакторный дисперсионный анализ с апостериорными сравнениями по критерию Тьюки. Статистически значимые различия между значениями показателей групп принимали при условии  $p < 0,05$ . **Результаты.** Анализ смешанной слюны на реабилитационном этапе больных наркологического профиля позволил выявить дисбаланс окислительного гомеостаза. Общим для обеих групп больных на начальном этапе было сниженное значение общей антиоксидантной активности и высокие активности ферментов антирадикальной защиты. После реабилитации и в крови, и в смешанной слюне наблюдалась тенденция к нормализации антиоксидантной активности в условии резкого снижения активности супероксиддисмутазы и глутатионпероксидазы. Маркеры окислительного стресса смешанной слюны положительно и статистически значимо коррелировали с аналогичными маркерами крови: общая антиоксидантная способность  $R = 0,35-0,46$ , активность супероксиддисмутазы  $R = 0,51-0,46$ , активность глутатионпероксидазы  $R = 0,83$  для 2–3-й групп больных. **Заключение.** Маркеры окислительного стресса смешанной слюны можно использовать для разработки алгоритмов лабораторного мониторинга и прогнозирования реабилитации больных с синдромом зависимости от психоактивных веществ.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** смешанная слюна, ротовая жидкость, лабораторная диагностика, синдром зависимости, алкоголь, психостимуляторы, реабилитация

**ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:** Ермакова Г.А., Устинова Е.С., Любченко Д.А., Завгородняя А.Г., Быков И.М., Попов К.А. Особенности состояния маркеров окислительного стресса в смешанной слюне больных наркологического профиля: наблюдательное контролируемое исследование. *Кубанский научный медицинский вестник*. 2025;32(5):74–84. <https://doi.org/10.25207/1608-6228-2025-32-5-74-84>

**ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ:** Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24–15–20010, <https://rscf.ru/project/24-15-20010/>. Исследование выполнено при финансовой поддержке Кубанского научного фонда в рамках проекта № 24–15–20010.

**КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ:** один из авторов, профессор, доктор медицинских наук И. М. Быков является членом редакционной коллегии журнала «Кубанский медицинский вестник». Авторам неизвестно о каком-либо другом потенциальном конфликте интересов, связанном с этой рукописью.

**ДЕКЛАРАЦИЯ О НАЛИЧИИ ДАННЫХ:** данные, подтверждающие выводы этого исследования, можно получить у контактного автора по обоснованному запросу. Данные и статистические методы, представленные в статье, прошли статистическое рецензирование редактором журнала — сертифицированным специалистом по биостатистике.

**СООТВЕТСТВИЕ ПРИНЦИПАМ ЭТИКИ:** все описанные в статье работы проведены в согласии с принципами и правилами, разработанными и документированными в Хельсинкской декларации ВМА (64-я Генеральная ассамблея, Форталеа, 2013) и Федеральном законе Российской Федерации № 323-ФЗ от 21 ноября 2011 г. Обязательным критерием для включения испытуемых лиц в исследование было получение от них добровольного информированного согласия в письменной форме. Проведение клинического исследования было одобрено на заседании экспертной комиссии Независимого этического комитета федерального государственного

ного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (ул. им. Митрофана Седина, д. 4, г. Краснодар, 350063, Россия), протокол № 96 от 29 января 2021 года.

**ВКЛАД АВТОРОВ:** Г.А. Ермакова, Е.С. Устинова, Д.А. Любченко, А.Г. Завгородняя, И.М. Быков, К.А. Попов, — разработка концепции и дизайна исследования; Г.А. Ермакова, Е.С. Устинова, Д.А. Любченко, А.Г. Завгородняя — сбор данных; Г.А. Ермакова, Е.С. Устинова, И.М. Быков — анализ и интерпретация результатов; Г.А. Ермакова, К.А. Попов — обзор литературы, проведение статистического анализа; Е.С. Устинова, Д.А. Любченко, К.А. Попов — составление черновика рукописи и формирование его окончательного варианта; Г.А. Ермакова, Е.С. Устинова, А.Г. Завгородняя, И.М. Быков — критический пересмотр черновика рукописи с внесением ценного замечания интеллектуального содержания. Все авторы одобрили финальную версию статьи перед публикацией, выразили согласие нести ответственность за все аспекты работы, подразумевающую надлежащее изучение и решение вопросов, связанных с точностью и добросовестностью любой части работы.

✉**КОРРЕСПОНДИРУЮЩИЙ АВТОР:** Быков Илья Михайлович, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой фундаментальной и клинической биохимии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации. Адрес: ул. им. Митрофана Седина, д. 4, г. Краснодар, 350063, Россия. E-mail: [ilya.bh@mail.ru](mailto:ilya.bh@mail.ru)

Получена: 19.02.2025 / Получена после доработки: 19.08.2025 / Принята к публикации: 19.09.2025

## Features of oxidative stress markers in mixed saliva of patients with substance use disorders: An observational controlled study

*Galina A. Ermakova, Ekaterina S. Ustinova, Dmitry A. Lubchenko, Anna G. Zavgorodnyaya, Iliya M. Bykov* ✉, *Konstantin A. Popov*

Kuban State Medical University, Mitrofana Sedina str., 4, Krasnodar, 350063, Russia

### ABSTRACT

**Background.** Laboratory monitoring and predicting are potential diagnostic tools for assessing the possible outcome of rehabilitation for patients with substance use disorder. The most promising indicators are considered to be those of the biochemical response to psychoactive substance use, including biomarkers of oxidative stress in mixed saliva. **Objective.** To feature changes in oxidative stress markers in mixed saliva of patients with psychoactive substance and alcohol use disorder during the recovery phase. **Methods.** The study was designed as an observational controlled study involving generally healthy men (Group 1,  $n = 20$ ) admitted to the Clinic of Kuban State Medical University, patients with psychostimulant substance use disorder (Group 2,  $n = 20$ ), and patients with alcohol use disorder (Group 3,  $n = 20$ ). Group 2 and 3 patients had rehabilitation at the Narcological Dispensary No. 1 of the Ministry of Health of the Krasnodar Krai from March 2023 to November 2024. At the initial stage of rehabilitation and after 3 months, mixed saliva and venous blood were sampled to determine total antioxidant capacity, superoxide dismutase activity, glutathione peroxidase activity, and glutathione concentration. The data obtained were processed using AnalystSoft Inc. StatPlus software (Version 7). A one-way analysis of variance (ANOVA) with post hoc comparisons using Tukey's criterion was used to compare the indicators. Statistically significant differences between the values of the indicators for the groups were accepted at  $p < 0.05$ . **Results.** In the rehabilitation phase, mixed saliva analysis of patients with substance use disorders revealed an imbalance in oxidative homeostasis. Both groups of patients initially exhibited reduced total antioxidant activity and high activity of antiradical defense enzymes. After rehabilitation, both blood and mixed saliva had tendencies toward normalization of antioxidant activity, with a sharp decrease in superoxide dismutase and glutathione peroxidase activity. Mixed saliva oxidative stress markers correlated positively and statistically significantly with similar blood markers: total antioxidant capacity  $R = 0.35-0.46$ , superoxide dismutase activity  $R = 0.51-0.46$ , glutathione peroxidase activity  $R = 0.83$  for Group 2 and 3 patients. **Conclusion.** Mixed saliva oxidative stress markers can be used to develop algorithms for laboratory monitoring and predicting the rehabilitation of patients with psychoactive substance use disorder.

**KEYWORDS:** mixed saliva, oral fluid, laboratory diagnostics, substance use disorder, alcohol, psychostimulants, rehabilitation

**FOR CITATION:** Ermakova G.A., Ustinova E.S., Lubchenko D.A., Zavgorodnyaya A.G., Bykov I.M., Popov K.A. Features of oxidative stress markers in mixed saliva of patients with substance use disorders: An observational controlled study. *Kuban Scientific Medical Bulletin*. 2025;32(5):74–84. <https://doi.org/10.25207/1608-6228-2025-32-5-74-84>

**FUNDING:** The study was funded by a grant from the Russian Science Foundation No. 24-15-20010, <https://rscf.ru/project/24-15-20010/>. The study was carried out with the financial support of the Kuban Science Foundation within the framework of the scientific project No. 24-15-20010.

**CONFLICT OF INTEREST:** One of the authors — Iliya M. Bykov, Dr. Sci. (Med.), Prof., is a member of editorial board of *Kuban Scientific Medical Bulletin*. The authors are not aware of any other potential conflict of interest relating to this manuscript.

**DATA AVAILABILITY STATEMENT:** Data supporting the findings of this study are available from the corresponding author upon reasonable request. The data and statistical methods presented in the paper have been statistically reviewed by the journal editor, a certified biostatistician.

**COMPLIANCE WITH ETHICAL STANDARDS:** The study complies with the standards of the Helsinki Declaration (64th General Assembly, Fortaleza, 2013) and Federal Law of the Russian Federation No. 323-FZ of November 21, 2011. A mandatory criterion for the inclusion of subjects in the study was obtaining their voluntary informed consent in writing. The clinical study was approved at a meeting of the expert commission of the Independent Ethics Committee of Kuban State Medical University (Mitrofana Sedina str., 4, Krasnodar, 350063, Russia) Minutes No. 96 of January 29, 2021.

**AUTHOR CONTRIBUTIONS:** G.A. Ermakova, E.S. Ustinova, D.A. Lubchenko, A.G. Zavgorodnyaya, I.M. Bykov, K.A. Popov — concept statement and study design; G.A. Ermakova, E.S. Ustinova, D.A. Lubchenko, A.G. Zavgorodnyaya — data collection; G.A. Ermakova, E.S. Ustinova, I.M. Bykov — analysis and interpretation of the results; G.A. Ermakova, K.A. Popov — literature review and statistical analysis; E.S. Ustinova, D.A. Lubchenko, K.A. Popov — drafting of the manuscript and preparation of its final version; G.A. Ermakova, E.S. Ustinova, A.G. Zavgorodnyaya, I.M. Bykov — critical review of the manuscript with introduction of valuable intellectual content. All authors have read and approved the final version before publication, have agreed to be responsible for all aspects of the work, which implies proper study and resolution of issues related to the accuracy and integrity of any part of the work.

✉ **CORRESPONDING AUTHOR:** Iliya M. Bykov, Dr. Sci. (Med.), Prof., Head of the Department of Fundamental and Clinical Biochemistry, Kuban State Medical University. Address: Mitrofana Sedina str., 4, Krasnodar, 350063, Russia. E-mail: ilya.bh@mail.ru

**Received:** 19.02.2025 / **Revised:** 19.08.2025 / **Accepted:** 19.09.2025

## ВВЕДЕНИЕ

В последние десятилетия в Российской Федерации, в том числе в Краснодарском крае, наблюдаются позитивные тенденции снижения распространенности злоупотребления психоактивными веществами [1, 2]. Ситуация в мире демонстрирует в целом негативные тенденции, связанные, например, с увеличением рынка употребления кокаина даже в Европе. В 2023 году 316 миллионов человек употребляли наркотики, что составляет 6% населения в возрасте от 15 до 64 лет по сравнению с 5,2% населения в 2013 году<sup>1</sup> [3, 4].

Тем не менее на сегодня не существует механизмов полного исключения наркомании из жизни общества, что сохраняет интерес к решению ее медико-биологических и клинических проблем. Ключевой проблемой среди таковых является формирование синдрома зависимости, осложняющего самостоятельное разрешение пагубной привычки и усложняющего лечение, характеризующееся периодическими рецидивами заболевания [5, 6]. Решения проблем лечения и реабилитации больных наркологического профиля должны носить комплексный характер. Одним из инструментов клинической наркологии является оценка реабилитационного потенциала и прогнозирования исхода, в том числе развития рецидива употребления психоактивных веществ [7, 8]. Это может в перспективе сформировать основы персонализированного подхода к ведению больных наркологического профиля.

С прогностическими целями возможно использование целого ряда клинических, инструментальных и лабораторных подходов. В качестве примера можно рассмотреть возможность оценки реабилитационного потенциала на этапе включения больного в программу. Данный подход имеет целый ряд недостатков, таких как субъективный характер, большой перечень опросников, что ограничивает его использование в реальной практике [9]. Результаты лабораторных исследований имеют несомненное преимущество, так как несут объективный характер. Однако взаимосвязь биохимических показателей с клиническими исходами в психиатрии и наркологии практически не имеет доказательной базы. Это обуславливает целесообразность поисковых исследований характерных особенностей изменений лабораторных маркеров у больных наркологического профиля в зависимости от формы и стадии заболевания, типа употребляемых психоактивных веществ,

лечения и реабилитации. В качестве наиболее перспективных лабораторных показателей рассматриваются биомаркеры биохимического ответа на употребление психоактивных веществ: нейропептиды, белки центральной нервной системы (ЦНС), гормоны хронического стресса, нейромедиаторы и антитела к их рецепторам, провоспалительные, в том числе индикаторы окислительного стресса [10–14].

Другим перспективным направлением лабораторной диагностики является неинвазивный подход, связанный с анализом альтернативных крови биожидкостей, таких как смешанная слюна (ротовая жидкость). Саливадиагностика сегодня находит широкое применение в стоматологической практике, а также в ряде случаев в качестве замены биохимического анализа крови, например при определении концентрации кортизола и других стероидных гормонов [15–17]. Поэтому нами были проанализированы особенности профиля маркеров окислительного стресса в ротовой жидкости больных с синдромом зависимости от психостимуляторов или алкоголя.

**Цель исследования** — охарактеризовать особенности изменений профиля маркеров окислительного стресса в смешанной слюне больных с синдромом зависимости от психостимуляторов или алкоголя на реабилитационном этапе.

## МЕТОДЫ

### Дизайн исследования

Исследование выполнено в соответствии с дизайном наблюдательного контролируемого исследования.

### Условия проведения исследования

Наблюдение за больными осуществляли в диспансерно-поликлиническом отделении № 1 государственного бюджетного учреждения здравоохранения «Наркологический диспансер» Министерства здравоохранения Краснодарского края (ГБУЗ НД). Относительно здоровые испытуемые лица контрольной группы наблюдались в Клинике федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (ФГБОУ ВО КубГМУ Минздрава России). Лабораторную оценку состояния окислительного гомеостаза проводили в лаборатории экспериментальной и клинической нейробиологии на базе кафедры фундаментальной и клинической биохимии

<sup>1</sup> *World Drug Report 2025*. Vienna, Austria: United Nations publication. Available: <https://www.unodc.org/unodc/data-and-analysis/world-drug-report-2025.html>

мии ФГБОУ ВО КубГМУ Минздрава России. Исследование выполнено в период с марта 2023 по ноябрь 2024 года.

## Критерии соответствия

### Критерии включения

*Общие:* возраст 20–40 лет; мужской пол, наличие добровольного информированного согласия в письменной форме.

*Для контрольной группы:* отсутствие соматических и психических заболеваний на момент осмотра и в анамнезе, санированная ротовая полость по данным стоматологического осмотра.

*Для больных 2-й группы:* диагноз в соответствии с МКБ: F15.2 Синдром зависимости. Стадия синдрома зависимости — вторая.

*Для больных 3-й группы:* диагноз в соответствии с МКБ: F10.2 Синдром зависимости. Стадия синдрома зависимости — вторая. Тип употребления постоянный.

### Критерии невключения

Острые или хронические заболевания в стадии обострения, в том числе злокачественные новообразования, заболевания сердечно-сосудистой, респираторной системы, мочеполового тракта, желудочно-кишечного тракта, неврологические и психические расстройства, не относящиеся к исследуемым нозологическим формам и др.; неконтролируемый прием лекарственных препаратов и парафармацевтиков.

### Критерии исключения

Отказ пациента от дальнейшего наблюдения; развитие осложнений, не связанных с проведением настоящего исследования.

### Описание критериев соответствия (диагностические критерии)

Диагноз выставлялся согласно клиническим рекомендациям «Психические и поведенческие расстройства, вызванные употреблением психоактивных веществ. Синдром зависимости от психоактивных веществ (кроме алкоголя и никотина)» и «Психические и поведенческие расстройства, вызванные употреблением алкоголя. Синдром зависимости от алкоголя»<sup>2</sup> профильными специалистами ГБУЗ НД на основании критериев диагностики и характерной клинической картины.

### Подбор участников в группы

Исследование проведено в 3 группах. 1-ю группу составили практически здоровые добровольцы ( $n = 20$ ), включение которых в исследование было обусловлено целью получения референсных значений и сравнения их с данными больных 2-й и 3-й групп. Выборка группы 2 была сформирована больными с синдромом зависимости от психостимуляторов ( $n = 20$ ), 3-й группы — больными с синдромом алкогольной зависимости ( $n = 20$ ).

Наблюдательное исследование не предполагало вмешательств в реабилитационный процесс, проводимый по стандартам оказания медицинской помощи, что обусловило формирование групп по критериям включения/невключения без применения метода рандомизации.

Все пациенты 2-й и 3-й групп поступали на реабилитацию, проводимую на базе диспансерно-поликлинического отделения. Реабилитация следовала за первичной стационарной наркологической помощью больным, задачей которой была стабилизация острых психических нарушений. Тактика реабилитационных мероприятий включала проведение комплексного медикаментозного и психотерапевтического лечения в соответствии со стандартами оказания медицинской помощи и индивидуальными показаниями. Медикаментозное лечение включало использование дисульфирама у больных алкогольной зависимостью, антидепрессантов, антипсихотиков и ноотропов<sup>3</sup>. Немедикаментозная терапия включала психотерапию и психокоррекционную работу с больными и их родственниками.

## Целевые показатели исследования

### Основной показатель исследования

Основным показателем исследования была принята оценка лабораторного дисбаланса прооксидантно-антиоксидантной системы в смешанной слюне больных с синдромом зависимости от психостимуляторов или алкоголя.

### Дополнительные показатели исследования

Дополнительные показатели исследования не предполагались.

### Методы измерения целевых показателей

На начальном этапе реабилитации, а также спустя 3 месяца осуществляли сбор смешанной слюны и 7–8 мл венозной крови в пробирки с ЭДТА для получения плазмы крови и эритроцитарной массы.

Сбор смешанной слюны осуществляли путем простого сплевывания без применения методов стимуляции выделения жидкости. Слюну собирали в чистые сухие пробирки без консервантов. Подготовка пациентов к сбору ротовой жидкости заключалась в чистке зубов и ополаскивании полости рта водой. После этого в течение часа исключали прием пищи и напитков. После сбора смешанную слюну центрифугировали (1000 g, 20 минут) и отбирали чистую прозрачную надосадочную жидкость. Образцы плазмы крови и смешанной слюны хранили до 2-х месяцев при  $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Для оценки баланса прооксидантно-антиоксидантной системы в смешанной слюне и плазме крови определяли общую антиоксидантную способность (МЕ/мл) колориметрическим методом (Т-АОС, Е-ВС-К136-М, Elabscience, КНР), активность супероксиддисмутазы (МЕ/мл) ксантин-оксидазным методом (Т-SOD, IS104, Cloud-Clone, КНР), активность глутатионпероксидазы (Ед) колориметрическим методом (GSH-PX, IS129, Cloud-Clone, КНР) и концентрацию глутатиона (мкг/мл) методом иммуноферментного анализа (ИФА) (CEA294Ge, Cloud-Clone, КНР).

### Переменные (предикторы, конфаундеры, модификаторы эффекта)

Обработка данных была основана на однофакторном дисперсионном анализе, учитывающем диагноз испытуемых

<sup>2</sup> Российское общество психиатров. *Клинические рекомендации по диагностике и лечению алкогольной зависимости*. 2019.

Российское общество психиатров. *Федеральные клинические рекомендации по диагностике и лечению психотического расстройства, вызванного употреблением психоактивных веществ*. 2014.

<sup>3</sup> Там же.

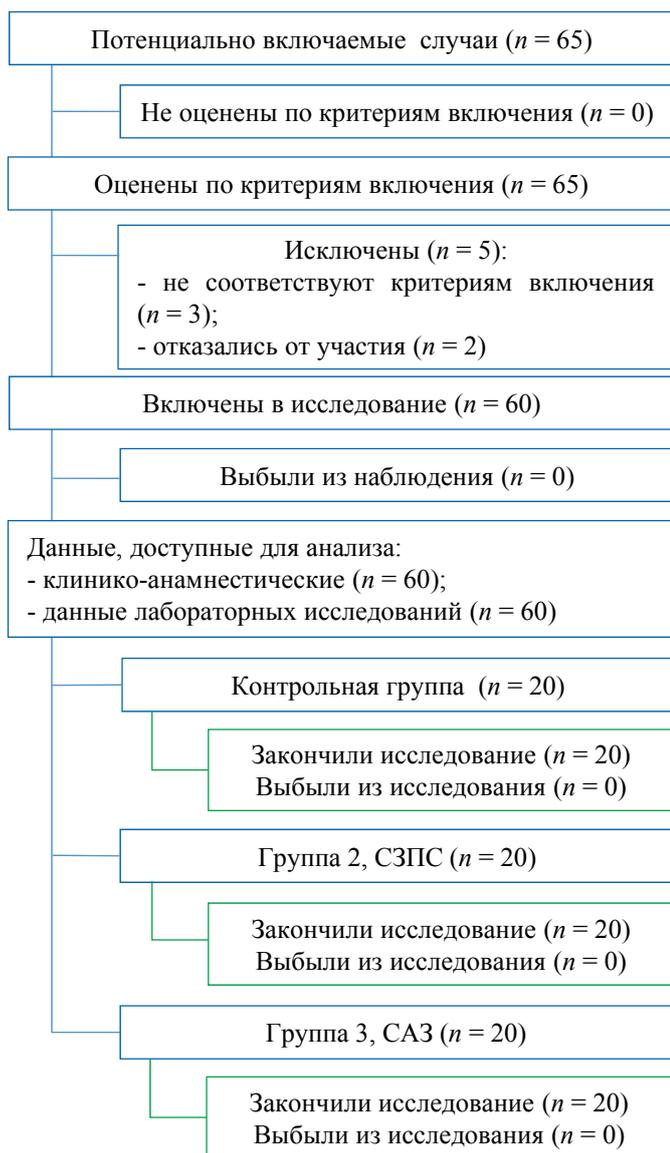


Рис. 1. Блок-схема проведенного исследования

Примечание: блок-схема выполнена авторами (согласно рекомендациям STROBE). Сокращение: СЗПС — синдромом зависимости от психостимуляторов; САЗ — синдромом алкогольной зависимости.

Fig. 1. Block diagram of the study

Note: The block diagram was created by the authors (in accordance with STROBE recommendations). Abbreviations: СЗПС — psychostimulant substance use disorder; САЗ — alcohol use disorder.

лиц. Искажающими факторами могли быть пол, возраст, длительность и тип употребления психоактивных веществ, стадия зависимости, влияние которых минимизировано на этапе формирования выборок за счет внесения их в состав критериев соответствия.

### Статистические процедуры

#### Принципы расчета размера выборки

Предварительный расчет размера выборок не проводили.

#### Методы статистического анализа данных

Обработку данных выполняли с использованием программы статистического анализа AnalystSoft Inc., StatPlus,

Версия 7 ([www.analystsoft.com/ru/](http://www.analystsoft.com/ru/)). Оценку нормальности распределения числовых выборок проводили по критерию Шапиро — Уилка. Данные по выборкам были представлены в формате  $M \pm SD$ . Для сравнения показателей использовали однофакторный дисперсионный анализ с апостериорными сравнениями по критерию Тьюки. Статистически значимые различия между значениями показателей групп принимали при условии  $p < 0,05$ .

## РЕЗУЛЬТАТЫ

### Формирование выборки исследования

Выборки и дизайн исследования были сформированы в соответствии со схемой (рис. 1). 1-ю группу составили практически здоровые добровольцы ( $n = 20$ ), включение которых в исследование было обусловлено целью получения референсных значений и сравнения их с данными больных 2–3-й групп. Выборка 2-й группы была сформирована больными с синдромом зависимости от психостимуляторов ( $n = 20$ ), 3-й группы — больными с синдромом алкогольной зависимости ( $n = 20$ ). Выборки сформированы в соответствии с обозначенными выше критериями включения и невключения.

### Характеристики выборки исследования

Исследование проведено на базе лечебно-профилактических учреждений г. Краснодара, испытуемые лица, включенные в исследование, были представлены исключительно мужчинами европеоидной расы, имеющими гражданство РФ и постоянно проживающими на территории Краснодарского края. Возраст мужчин, включенных в 1-ю группу, составлял  $30,9 \pm 4,1$  года, 2-ю группу —  $30,7 \pm 5,1$  года, 3-ю группу —  $33,2 \pm 4,0$  года. Длительность употребления психоактивных веществ испытуемыми лицами во 2-й группе составляла  $4,9 \pm 2,9$  года, в 3-й группе —  $6,0 \pm 2,5$  года; индекс массы тела составил в 1-й группе:  $23,4 \pm 1,9$ , во 2-й группе —  $24,8 \pm 3,0$ , в 3-й группе —  $24,1 \pm 3,1$ . Статистически значимых различий между группами по приведенным характеристикам выявлено не было.

### Основные результаты исследования

Определение исходного уровня маркеров окислительно-го стресса в смешанной слюне больных наркологического профиля продемонстрировало наличие дисбаланса прооксидантно-антиоксидантной системы ротовой полости. На местном уровне данный дисбаланс характеризовался сниженной общей антиоксидантной активностью в обеих группах в равной степени — на 45–47% относительно контрольного уровня, характерного для группы здоровых добровольцев (рис. 2). Наблюдение за данным показателем через 3 месяца после начала реабилитации показало наличие позитивной тенденции к его росту. В группе больных с синдромом зависимости от психостимуляторов антиоксидантный потенциал смешанной слюны возростал на 42%, для группы больных с алкогольной зависимостью был характерен рост анализируемого биомаркера на 64%. При этом во 2-й группе лабораторный показатель оставался статистически значимо ниже контрольного уровня ( $p = 0,023$ ), тогда как в 3-й группе достигал значений, определенных в группе здоровых добровольцев ( $p = 0,891$ ).

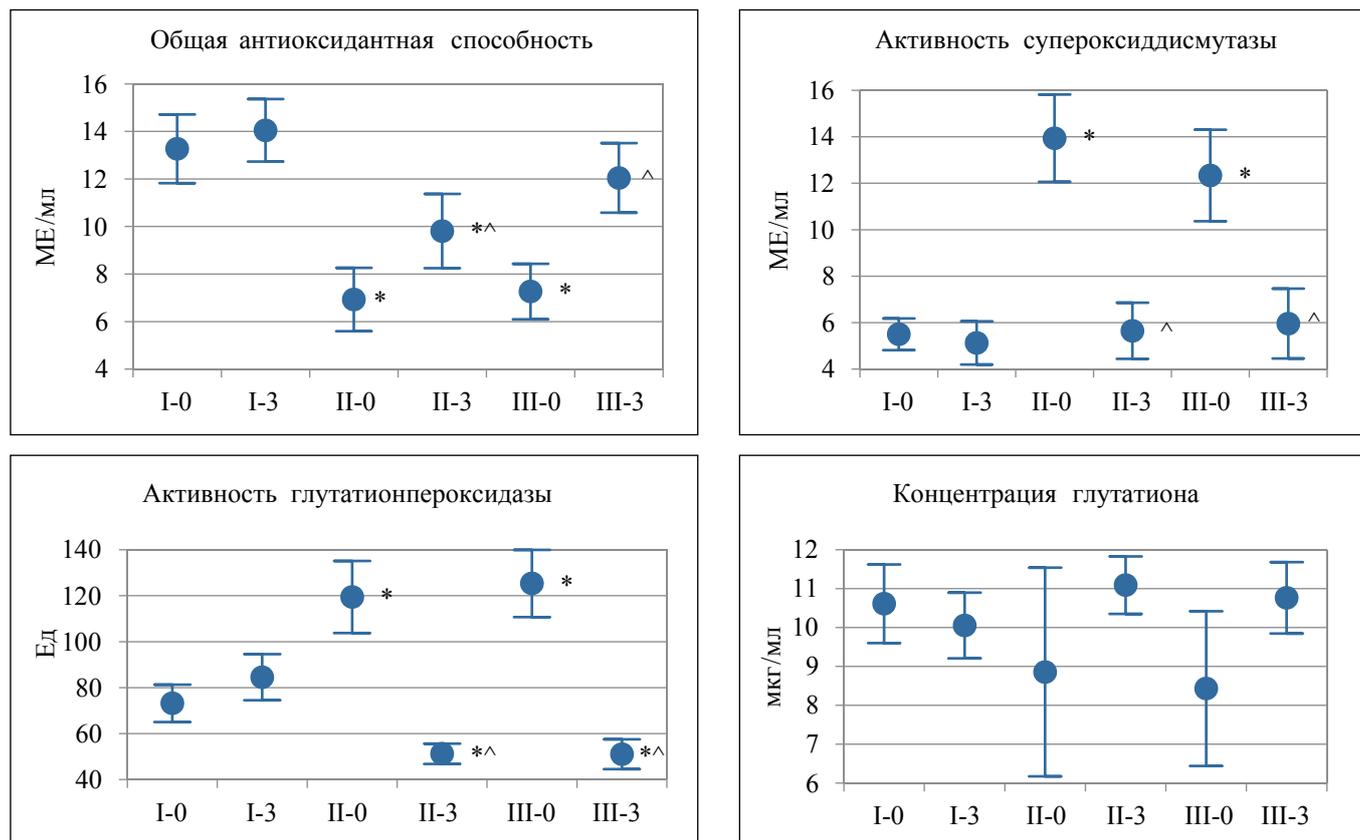


Рис. 2. Доверительные интервалы (95%) средних значений маркеров окислительного стресса в смешанной слюне больных наркологического профиля до начала наблюдения (0) и через три месяца после терапии (3)

Примечания: рисунки выполнены авторами; \* — статистически значимые различия при сравнении с показателем 1-й группы на соответствующем этапе наблюдения; ^ — статистически значимые различия от значения показателя, полученного на начальном этапе наблюдения; I — группа 1; II — группа 2; III — группа 3.

Fig. 2. Confidence intervals (95%) of the mean values of oxidative stress markers in the mixed saliva of patients with substance use disorders before the start of observation (0) and three months after therapy (3)

Notes: The figures were prepared by the authors; \* — statistically significant differences when compared with the indicator of Group 1 at the corresponding stage of observation; ^ — statistically significant differences from the indicator value obtained at the initial stage of observation; I — Group 1; II — Group 2; III — Group 3.

Определение в смешанной слюне концентрации восстановленного глутатиона не позволило выявить какие-либо статистически значимые отклонения данного маркера у больных 2-й и 3-й групп относительно соответствующих данных здоровых мужчин контрольной группы (рис. 2). Изменений в ходе реабилитации концентрации анализируемого трипептида в ротовой жидкости больных наркологического профиля также не было выявлено. Единственным замечанием, которое можно было бы сделать по результатам анализа данного биомаркера на местном уровне, была большая вариабельность данных, полученных на этапе начала реабилитации. Стандартное отклонение выборки контрольной группы на исходном этапе наблюдения составило 2,16, тогда как для 2-й и 3-й групп было определено как 5,73 и 4,25 соответственно.

Определение состояния ферментного звена антиоксидантной системы ротовой жидкости базировалось на 2 ферментах: супероксиддисмутаза и глутатионпероксидаза. Активность супероксиддисмутазы на начальном этапе реабилитации была статистически значимо увели-

чена в 2,5 раза во 2-й группе ( $p < 0,001$ ) и в 2,2 раза в 3-й группе ( $p < 0,001$ ) относительно аналогичного показателя группы здоровых мужчин (рис. 2). По результатам 3-месячного курса реабилитации активность данного фермента в смешанной слюне больных обеих групп снижалась, достигая контрольного уровня. В ротовой жидкости больных 2-й группы активность супероксиддисмутазы достигала уровня  $5,7 \pm 2,6$  МЕ/мл ( $p = 0,99$  при сравнении с 1-й группой), в 3-й группе —  $6,0 \pm 3,2$  МЕ/мл ( $p = 0,96$  при сравнении с 1-й группой).

Изменения активности глутатионпероксидазы в смешанной слюне на этапе, предшествующем реабилитационному периоду, совпадали с изменениями активности супероксиддисмутазы, описанными выше. На этом этапе наблюдения активность анализируемого фермента системы глутатиона была увеличена на 63% во 2-й группе ( $p < 0,001$ ) и на 71% в 3-й группе ( $p < 0,001$ ) относительно контрольных значений соответствующего лабораторного показателя. Принципиальным отличием изменения активности глутатионпероксидазы в смешанной слюне было

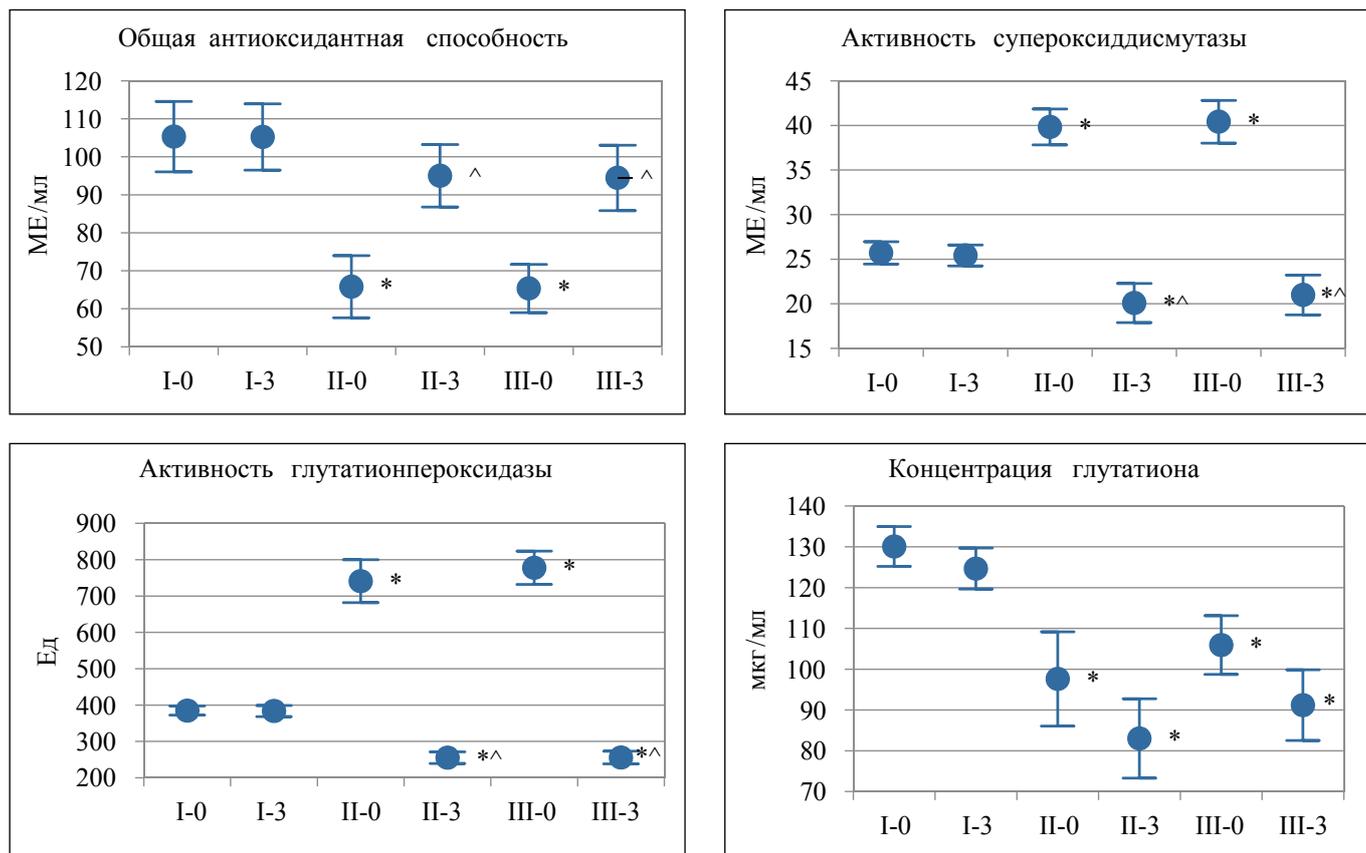


Рис. 3. Доверительные интервалы (95%) средних значений маркеров окислительного стресса в плазме крови больных наркологического профиля до начала наблюдения (0) и через три месяца после терапии (3)

Примечания: рисунки выполнены авторами; \* — статистически значимые различия при сравнении с показателем 1-й группы на соответствующем этапе наблюдения; ^ — статистически значимые различия от значения показателя, полученного на начальном этапе наблюдения; I — группа 1; II — группа 2; III — группа 3.

Fig. 3. Confidence intervals (95%) of the mean values of oxidative stress markers in the blood plasma of patients with substance use disorders before the start of observation (0) and three months after therapy (3)

Notes: The figures were prepared by the authors; \* — statistically significant differences when compared with the indicator of Group 1 at the corresponding stage of observation; ^ — statistically significant differences from the indicator value obtained at the initial stage of observation; I — Group 1; II — Group 2; III — Group 3.

резкое снижение к 3-му месяцу реабилитации до значений, статистически значимо сниженных относительно контроля на аналогичном этапе наблюдения. В обеих группах наблюдалось снижение активности данного фермента в равной степени — до уровня, сниженного на 40% относительно значений, определенных в ротовой жидкости здоровых мужчин 1-й группы ( $p = 0,0002$  для обеих групп).

Анализ особенностей профиля маркеров окислительного стресса в смешанной слюне больных наркологического профиля был выполнен параллельно определению аналогичного спектра лабораторных показателей плазмы крови, которые наиболее надежно отражают состояние внутренних сред организма.

Изменения общей антиоксидантной активности плазмы крови (рис. 3) по направленности совпадали с таковыми для смешанной слюны (рис. 2). На исходном этапе начала реабилитационного периода наблюдались сниженные значения анализируемого параметра на 38% относительно контрольной группы в обеих группах больных ( $p < 0,001$ ).

После 3 месяцев наблюдений в динамике реабилитационных мероприятий были определены увеличенные на 46% значения общей антиоксидантной активности ( $p < 0,001$ ), которые не имели статистически значимых различий от значения показателя контрольной группы ( $p = 0,45$  и  $p = 0,39$  для 2-й и 3-й групп соответственно).

Концентрация глутатиона в плазме крови больных 2–3-й групп в отличие от смешанной слюны была ниже контрольного уровня (рис. 3). Во 2-й группе данный показатель был снижен на 25% ( $p < 0,001$ ), а в 3-й группе — на 19% ( $p = 0,0005$ ) относительно контроля. Определение содержания восстановленной формы анализируемого трипептида через 3 месяца показало сохранение низких значений на уровне, близком к первоначальному. Средние значения концентрации глутатиона на 2-м этапе наблюдения были снижены во 2–3-й группах на 14% относительно своего исходного значения, однако статистически значимых различий между значениями показателей до и после реабилитации не было выявлено ( $p = 0,0985$  и  $p = 0,0912$  для 2-й и 3-й групп соответственно). Таким образом, даже

по прошествии 3 месяцев реабилитационных мероприятий концентрация глутатиона на системном уровне оставалась сниженной относительно нормальных значений, характерных для здоровых мужчин 1-й группы.

Активность ферментов антиоксидантной защиты крови на первом этапе наблюдения была увеличена относительно контрольного уровня, второй этап наблюдения характеризовался резким снижением активности обоих ферментов (рис. 3). Так, активность супероксиддисмутазы в начале реабилитации больных с синдромом зависимости от психостимуляторов или алкоголя в плазме крови была увеличена на 56% ( $p < 0,001$ ) относительно значения аналогичного показателя испытуемых лиц 1-й группы. Через 3 месяца проведения реабилитационных мероприятий наблюдалось снижение активности супероксиддисмутазы до уровня значений на 17–21% ниже относительно данных контрольной группы ( $p = 0,0012$  и  $p = 0,0125$  для 2-й и 3-й групп соответственно). Данные, полученные при анализе активности глутатионпероксидазы, практически совпадали с изменениями супероксиддисмутазной активности плазмы крови. На начальном этапе наблюдения активность глутатион-зависимой пероксидазы была увеличена в 1,9–2,0 раза в сравнении с данными контрольной группы. Последующее наблюдение продемонстрировало снижение активности рассматриваемого фермента в 2,9–3,1 раза относительно исходных данных. При этом, как и в случае супероксиддисмутазы, в плазме крови больных 2–3-й групп активность глутатионпероксидазы на втором этапе наблюдения была статистически значимо на 34% ниже контрольного уровня.

Таким образом, дисбаланс прооксидантно-антиоксидантной системы у больных с синдромом зависимости от психостимуляторов или алкоголя характеризовался схожими изменениями на местном и системном уровнях. Общими тенденциями было сниженное значение общей антиоксидантной активности и высокая активность ферментов антирадикальной защиты на этапе, предшествующем началу реабилитационных мероприятий. После реабилитации и в крови, и в смешанной слюне наблюдалась тенденция к нормализации антиоксидантной активности в условии резкого снижения активности супероксиддисмутазы и глутатионпероксидазы. Для более объективной оценки перспективы использования смешанной слюны целесообразно провести корреляционный анализ взаимосвязи изученных показателей с данными, полученными в плазме крови.

Оценка корреляционных взаимосвязей общей антиоксидантной активности крови и ротовой жидкости показала наличие связи средней силы во 2-й и 3-й группах:  $R = 0,46$ ,  $p = 0,0031$  и  $R = 0,35$ ,  $p = 0,0280$ . Активность супероксиддисмутазы также коррелировала в плазме крови и смешанной слюне:  $R = 0,65$ ,  $p < 0,0001$  и  $R = 0,51$ ,  $p = 0,0006$  для 2-й и 3-й групп соответственно. Для активности глутатионпероксидазы данные корреляционного анализа во 2-й и 3-й группах, соответственно:  $R = 0,83$ ,  $p < 0,0001$  и  $R = 0,83$ ,  $p < 0,0001$ , что отражает сильную связь показателей. Концентрация глутатиона в смешанной слюне не преде-

монстрировала статистически значимой корреляции с аналогичным маркером плазмы крови.

### Дополнительные результаты исследования

Дополнительные результаты в ходе исследования не получены.

## ОБСУЖДЕНИЕ

### Резюме основного результата исследования

Анализ смешанной слюны на реабилитационном этапе больных наркологического профиля позволил выявить дисбаланс окислительного гомеостаза, маркеры которого положительно коррелировали с аналогичными лабораторными показателями крови.

### Ограничения исследования

Клиническая значимость представленных данных может быть ограничена несколькими факторами, в том числе: сравнительно небольшой объем выборок; ограниченное количество контрольных точек; неполный по длительности охват реабилитационного периода.

### Интерпретация результатов исследования

Анализ лабораторного дисбаланса состояния окислительного гомеостаза обычно заключается в определении сниженного потенциала системы антиоксидантной защиты и/или интенсификации образования продуктов оксидативных модификаций биомолекул [18, 19]. Настоящее исследование было акцентировано на комплексной оценке маркеров функционального состояния антиоксидантной системы смешанной слюны и плазмы крови. На наш взгляд, несколько вопросов требуют обсуждения, в том числе сравнения с альтернативными литературными данными. Во-первых, это информативность отдельных маркеров окислительного стресса. Различными авторами и производителями коммерческих наборов реагентов предлагается использование нескольких десятков маркеров окислительного стресса [18, 20]. Большинство исследователей склоняются к необходимости анализа профилей лабораторных показателей состояния свободнорадикального гомеостаза, что связано со сложностью структурной организации и функционала системы антиоксидантной защиты организма. Имеется мнение о высокой информативности и возможности использования интегральных показателей. Не принимая во внимание расчетные коэффициенты, основанные на комбинациях нескольких маркеров, к таким показателям можно отнести общую антиоксидантную активность, определенную одним из многочисленных способов, или отдельные маркеры поврежденных конкретных биомолекул, такие как 8-ОН-дезоксигуанозин (8-OHdG) [21]. В настоящем исследовании мы провели традиционный анализ профиля нескольких биохимических параметров, в том числе выполнили определение общей антиоксидантной активности железовосстанавливающим способом. Поэтому представленную оценку состояния окислительного гомеостаза можно считать достаточно объективной и современной.

Следующим вопросом является информативность лабораторной саливадиагностики. Если с оценкой состояния окислительного гомеостаза в целом все понятно, то ис-

пользование смешанной слюны с целью замены крови вызывает более серьезные вопросы. С одной стороны, данная тема исследований не новая и, как указывали во введении, имеются примеры успешного внедрения лабораторных тестов слюны в реальную клиничко-лабораторную практику [22]. С другой стороны, многие исследователи отмечают широкую вариабельность получаемых данных за счет менее жесткого контроля биохимических констант в данной биожидкости [23]. В настоящем исследовании это можно проследить на примере оценки концентрации восстановленного глутатиона, особенностью которого в смешанной слюне больных 2–3-й групп был размах данных от минимальной до максимальной концентраций 0,1–18,8 мкг/мл (разница в 188 раз), тогда как в крови 35,8–151,5 мкг/л (разница в 4,2 раза). Это, на наш взгляд, не позволило обнаружить статистически значимые изменения данного показателя на местном уровне у больных наркологического профиля.

Основным инструментом повышения качества получаемых данных при использовании ротовой жидкости является унификация методов сбора и контроль исходного состояния образцов. Несмотря на все перечисленные ограничения информативности саливадиагностики, в настоящем исследовании была показана возможность ее использования для определения общей антиоксидантной активности, активности супероксиддисмутазы и глутатионпероксидазы у больных с синдромом зависимости от психоактивных веществ. Это было подтверждено положительными значениями коэффициентов корреляции показателей слюны и крови.

Основным вопросом является клиническая значимость полученных данных. Ключевым моментом для решения этого вопроса является привязка к исходам реабилитации, для чего требуется пролонгирование наблюдения в течение не менее 1 года. Однако цель исследования имела поисковый характер и предполагала описание изменений лабораторного профиля на реабилитационном этапе у больных с синдромом зависимости от психостимуляторов и алкоголя. Значимость полученных данных обусловлена тем, что впервые дисбаланс свободнорадикального гомеостаза был установлен у больных наркологического профиля на реабилитационном этапе и в смешанной слюне, то есть с использованием неинвазивного подхода к лабораторной диагностике. Полученные данные представляют собой базу для разработки в перспективе алгоритмов мониторинга и прогнозирования эффективности реабилитации наркомобольных, в том числе оценке риска развития рецидива употребления психоактивных веществ.

В зарубежной литературе имеется достаточно много данных об изменениях оксидативного стресса и его свя-

зи с лекарственной терапией у пациентов, проходящих стационарное лечение от наркотической зависимости. На этапе госпитализации по поводу лечения синдрома зависимости для проведения дезинтоксикационно-стабилизационного курса терапии наблюдалось снижение активности супероксиддисмутазы, повышение активности глутатионредуктазы и уровня общей антиоксидантной активности. Антипсихотическая терапия (на фоне приема карбамазепина, хлорпромазина, рисперидона) сопровождалась тенденциями к росту активности супероксиддисмутазы и снижению общей антиоксидантной активности [24]. Похожие данные были выявлены и при исследовании больных с алкогольной зависимостью [25]. Таким образом медикаментозная терапия на данном этапе подводила к состоянию, которое близко к выявленному нами на начало реабилитационного этапа ведения пациентов наркологического профиля.

Полученные данные позволяют обосновано предположить, что окислительный стресс, выявляемый на разных этапах лечения синдрома зависимости от алкоголя и психостимуляторов, представляет собой единый непрерывный патологический процесс, имеющий тесную взаимосвязь с молекулярными основами развития химических аддикций. Это подтверждает перспективы разработки алгоритмов мониторинга и прогнозирования наркопатологии на основе оценки маркеров окислительного стресса, а использование смешанной слюны позволяет получать не только надежные данные, коррелирующие с изменениями прооксидантно-антиоксидантного баланса в крови, но и облегчить обследование пациентов в амбулаторных условиях на этапе реабилитации.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований было подтверждено наличие дисбаланса состояния прооксидантно-антиоксидантной системы у больных с синдромом зависимости от психостимуляторов или алкоголя в начале реабилитационного периода, следующего за дезинтоксикационно-стабилизационным периодом стационарного лечения. Проведение реабилитационных мероприятий в течение 3 месяцев сопровождается неполной нормализацией выявленных нарушений, сохраняется сниженная общая антиоксидантная активность и активность ферментов антиоксидантной защиты. Маркеры окислительного стресса смешанной слюны положительно и статистически значимо коррелируют с аналогичными маркерами крови, что позволяет в перспективе разрабатывать алгоритмы неинвазивного мониторинга и прогнозирования наркопатологии и облегчить обследование пациентов в амбулаторных условиях на этапе реабилитации.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Губарев С.В., Максимов С.А., Муромцева Г.А., Панченко Е.И., Редько А.Н. Социально-демографические особенности потребления алкоголя в городской и сельской популяциях в Краснодарском крае по данным исследования ЭССЕ-РФ2. *Профилактическая медицина*. 2023;26(4):26–33. <https://doi.org/10.17116/profmed20232604126>  
Gubarev SV, Maksimov SA, Muromtseva GA, Panchenko EI, Redko AN. Socio-demographic features of alcohol consumption in the Kras-

- nodar urban and rural populations based on the ESSE-RF2 study. *Russian Journal of Preventive Medicine*. 2023;26(4):26–33 (In Russ.). <https://doi.org/10.17116/profmed20232604126>
2. Абрамов А.Ю., Кошкина Е.А., Кича Д.И., Алексеенко А.О. Анализ наркологической ситуации среди подростков Москвы и России за 2010–2020 годы. *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Медицина*. 2022;26(3):304–315. <https://doi.org/10.22363/2313-0245-2022-26-3-304-315>

- Abramov AY, Koshkina EA, Kicha DI, Alekseyenko AO. Drug dependence analysis in young adults living in Moscow and across Russia for the years 2010-2020. *RUDN Journal of Medicine*. 2022;26(3):304–315. <https://doi.org/10.22363/2313-0245-2022-26-3-304-315>
3. Zhu DT, Kwon YIC, Lai A, Park AM, Barnes AJ, Chapman DA. Global burden of disease due to opioid, amphetamine, cocaine, and cannabis use disorders, 1990-2021: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2021. *PLoS One*. 2025;20(8):e0328276. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0328276>
4. Sischy J, Blaustein J. Global drug policy at an impasse: Examining the politics of the 2016 United Nations General Assembly Special Session. *Int J Drug Policy*. 2018;60:74–81. <https://doi.org/10.1016/j.drugpo.2018.07.018>
5. Heinz A, Daedelow LS, Wackerhagen C, Di Chiara G. Addiction theory matters-Why there is no dependence on caffeine or antidepressant medication. *Addict Biol*. 2020;25(2):e12735. <https://doi.org/10.1111/adb.12735>
6. Lam RPK, Chan CK, Tse ML, Lau EHY, Tsui MSH, Chan SKW, Rainer TH. Factors associated with 30-day drug-related emergency department re-attendance among methamphetamine users: a territory-wide retrospective study in Hong Kong. *BMC Emerg Med*. 2025;25(1):166. <https://doi.org/10.1186/s12873-025-01325-6>
7. Sinha R. Stress and substance use disorders: risk, relapse, and treatment outcomes. *J Clin Invest*. 2024;134(16):e172883. <https://doi.org/10.1172/JCI172883>
8. Gilmore W, Gilmore I. Preventing Alcohol-Related Harm: Effective Strategies and the Role of Health Professionals. *Br J Hosp Med (Lond)*. 2025;86(8):1–12. <https://doi.org/10.12968/hmed.2024.0719>
9. Благов Л.Н., Шуплякова А.В., Лощинин А.А. Лечебно-реабилитационный компонент ведения аддиктивной патологии и созависимости: стратегия и тактика. *Наркология*. 2020;19(11):72–90. <https://doi.org/10.25557/1682-8313.2020.11.72-90>
- Blagov LN, Shuplyakova AV, Loschinin AA. Treatment-rehabilitation component implementing addictive pathology and codependence: strategy and tactics. *Narcology*. 2020;19(11):72–90 (In Russ.). <https://doi.org/10.25557/1682-8313.2020.11.72-90>
10. Koob GF. Drug Addiction: Hyperkatifeia/Negative Reinforcement as a Framework for Medications Development. *Pharmacol Rev*. 2021;73(1):163–201. <https://doi.org/10.1124/pharmrev.120.000083>
11. Esmaili-Shahzade-Ali-Akbari P, Bozorgnia A, Shaterian M, Jandaghian S, Moghimi Shahri S. Oxytocin Neuropeptide in the Control of Drug Dependence: A Review of Past Studies and Future Challenges. *Eur J Neurosci*. 2025;62(1):e70197. <https://doi.org/10.1111/ejn.70197>
12. Ветрова М.В., Палаткин В.Я., Проценко Е.А., Боровская В.Г., Ирхина М.Д., Белова О.Г., Тюсова О.В., Блохина Е.А., Бушара Н.М., Ярославцева Т.С., Холодная А.Н., Лиознов Д.А., Крупицкий Е.М., Звартау Э.Э. Гормональные биомаркеры стресса и когнитивные функции больных ВИЧ-инфекцией с опиоидной зависимостью. *Инфекционные болезни: новости, мнения, обучение*. 2022;11(3):112–119. <https://doi.org/10.33029/2305-3496-2022-11-3-112-119>
- Vetrova MV, Palatkin VYa, Protsenko EA, Borovskaya VG, Irkhina MD, Belova OG, Toussova OV, Blokhina EA, Bushara NM, Yaroslavtseva TS, Kholodnaia AN, Lioznov DA, Krupitsky E M, Zvartau EE. Stress hormone biomarkers and cognitive functions among HIV-positive patients with opioid use disorder. *Infectious Diseases: News, Opinions, Training*. 2022;11(3):112–119 (In Russ.). <https://doi.org/10.33029/2305-3496-2022-11-3-112-119>
13. Быков И.М., Любченко Д.А., Попов К.А., Столярова А.Н., Попова М.А., Цымбалов О.В., Есауленко Е.Е. Анализ содержания белковых маркеров в плазме крови больных с синдромом зависимости от наркотических веществ: наблюдательное клиническое исследование. *Кубанский научный медицинский вестник*. 2023;30(2):25–34. <https://doi.org/10.25207/1608-6228-2023-30-2-25-34>
- Bykov I.M., Lubchenko D.A., Popov K.A., Stolyarova A.N., Popova M.A., Tsybalov O.V., Esaulenko E.E. Analysis of Protein Markers in Plasma of Patients with Drug Dependence Syndrome: Observational Clinical Study. *Kuban Scientific Medical Bulletin*. 2023;30(2):25–34 (In Russ.). <https://doi.org/10.25207/1608-6228-2023-30-2-25-34>
14. Быков И.М., Любченко Д.А., Попов К.А. Изменения биохимических показателей у больных с зависимостью от психостимуляторов на фоне метаболической коррекции. *Медицинский вестник Северного Кавказа*. 2019;14(2):352–355. <https://doi.org/10.14300/mnnc.2019.14086>
- Bykov IM, Lubchenko DA, Popov KA. The changes in biochemical indices of patients suffering from psychostimulant dependence against the background of metabolic correction. *Medical News of North Caucasus*. 2019;14(2):352–355 (In Russ.). <https://doi.org/10.14300/mnnc.2019.14086>
15. Bosch JA. The use of saliva markers in psychobiology: mechanisms and methods. *Monogr Oral Sci*. 2014;24:99–108. <https://doi.org/10.1159/000358864>
16. Bauhuin SEEC, Giltay EJ, van Noorden MS, van der Werff SJA, de Leeuw M, van Hemert AM, van der Wee NJA. Salivary markers of stress system activation and social withdrawal in humans. *J Psychiatr Res*. 2021;136:435–443. <https://doi.org/10.1016/j.jpsychires.2020.10.017>
17. Čižmarová B, Tomečková V, Hubková B, Hurajtová A, Ohlasová J, Birková A. Salivary Redox Homeostasis in Human Health and Disease. *Int J Mol Sci*. 2022;23(17):10076. <https://doi.org/10.3390/ijms231710076>
18. Marrocco I, Altieri F, Peluso I. Measurement and Clinical Significance of Biomarkers of Oxidative Stress in Humans. *Oxid Med Cell Longev*. 2017;2017:6501046. <https://doi.org/10.1155/2017/6501046>
19. Мартусевич А.К., Суругина А.В., Ковалева Л.К., Диленин Л.Р. Влияние глутатион-содержащего динитрозильного комплекса железа на состояние окислительного метаболизма в эксперименте. *Экспериментальная и клиническая фармакология*. 2023;86(6):21–24. <https://doi.org/10.30906/0869-2092-2023-86-6-21-24>
- Martusevich AK, Surovegina AV, Kovaleva LK, Dilenyana LR. The effect of glutathione-containing dinitrosyl iron complex on the oxidative metabolism in experiment. *Experimental and clinical pharmacology*. 2023;86(6):21–24 (In Russ.). <https://doi.org/10.30906/0869-2092-2023-86-6-21-24>
20. Mukherjee K, Chio TI, Bane SL. Visualization of oxidative stress-induced carbonylation in live mammalian cells. *Methods Enzymol*. 2020;641:165–181. <https://doi.org/10.1016/bs.mie.2020.04.040>. Epub 2020 Jun 15. PMID: 32713522
21. Pellegrini N, Vitaglione P, Granato D, Fogliano V. Twenty-five years of total antioxidant capacity measurement of foods and biological fluids: merits and limitations. *J Sci Food Agric*. 2020;100(14):5064–5078. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9550>
22. Maciejczyk M, Bielas M, Zalewska A, Gerreth K. Salivary Biomarkers of Oxidative Stress and Inflammation in Stroke Patients: From Basic Research to Clinical Practice. *Oxid Med Cell Longev*. 2021;2021:5545330. <https://doi.org/10.1155/2021/5545330>
23. Nonaka T, Wong DTW. Saliva Diagnostics. *Annu Rev Anal Chem (Palo Alto Calif)*. 2022;15(1):107–121. <https://doi.org/10.1146/annurev-anchem-061020-123959>
24. Lorini Franciscatto I, Scherer Seibert B, Dries SS, Linden R, Ziulkoski AL, Perassolo MS. Evaluation of oxidative stress and its association with drug therapy in inpatients treated for cocaine dependence. *Drug Chem Toxicol*. 2024;47(4):372–380. <https://doi.org/10.1080/01480545.2023.2219039>
25. Dries SS, Seibert BS, Bastiani MF, Linden R, Perassolo MS. Evaluation of oxidative stress biomarkers and liver and renal functional parameters in patients during treatment a mental health unit to treat alcohol dependence. *Drug Chem Toxicol*. 2022;45(2):861–867. <https://doi.org/10.1080/01480545.2020.1780251>

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ**

**Ермакова Галина Алексеевна** — кандидат медицинских наук, доцент кафедры фундаментальной и клинической биохимии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

**Устинова Екатерина Сергеевна** — ассистент кафедры клинической иммунологии, аллергологии и лабораторной диагностики федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

<https://orcid.org/0000-0003-1916-2897>

**Любченко Дмитрий Александрович** — кандидат медицинских наук, доцент кафедры фундаментальной и клинической биохимии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

<https://orcid.org/0000-0002-9207-4546>

**INFORMATION ABOUT THE AUTHORS**

**Galina A. Ermakova** — Cand. Sci. (Med.), Assoc. Prof., Department of Fundamental and Clinical Biochemistry, Kuban State Medical University.

<https://orcid.org/0000-0001-6473-3594>

**Ekaterina S. Ustinova** — Teaching Assistant at the Department of Clinical Immunology, Allergology, and Laboratory Diagnostics, Kuban State Medical University.

<https://orcid.org/0000-0003-1916-2897>

**Dmitry A. Lubchenko** — Cand. Sci. (Med.), Assoc. Prof., Department of Fundamental and Clinical Biochemistry, Kuban State Medical University.

<https://orcid.org/0000-0002-9207-4546>

**Завгородняя Анна Германовна** — ассистент кафедры фундаментальной и клинической биохимии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

<https://orcid.org/0000-0002-3276-9733>

**Быков Илья Михайлович** — доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой фундаментальной и клинической биохимии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

<https://orcid.org/0000-0002-1787-0040>

**Попов Константин Андреевич** — кандидат медицинских наук, доцент кафедры фундаментальной и клинической биохимии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

<https://orcid.org/0000-0002-3649-1361>

**Anna G. Zavgorodnyaya** — Teaching Assistant, Department of Fundamental and Clinical Biochemistry, Kuban State Medical University.

<https://orcid.org/0000-0002-3276-9733>

**Iliya M. Bykov** — Dr. Sci. (Med.), Prof., Head of the Department of Fundamental and Clinical Biochemistry, Kuban State Medical University.

<https://orcid.org/0000-0002-1787-0040>

**Konstantin A. Popov** — Cand. Sci. (Med.), Assoc. Prof., Department of Fundamental and Clinical Biochemistry, Kuban State Medical University.

<https://orcid.org/0000-0002-3649-1361>

✉ Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

<https://doi.org/10.25207/1608-6228-2025-32-5-85-95>

УДК: 616.716.1-004.9



## Тотальная реабилитация верхней челюсти с применением цифрового протокола: клинический случай

И.П. Ашурко<sup>1</sup>, Н.О. Тунева<sup>1✉</sup>, А.Э. Трофимов<sup>2</sup>, Д.Ю. Соседкин<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский университет), ул. Трубецкая, д. 8, стр. 2, г. Москва, 119048, Россия

<sup>2</sup> Общество с ограниченной ответственностью «Рио-Стом», проезд Попов, д. 4, помещ. 1/1, г. Москва, 107014, Россия

<sup>3</sup> Общество с ограниченной ответственностью «Эстетика Дент», ул. Ломоносова, д. 11а, помещ. 56, г. Красноярск, 660021, Россия

### АННОТАЦИЯ

**Введение.** Современные достижения цифровой стоматологии способствуют повышению эффективности реабилитации пациентов с отсутствием зубов, постепенно сменяя аналоговые методы. Возможность объединения конусно-лучевой компьютерной томографии с данными внутриротового сканирования позволяет точно планировать операции в виртуальном формате и сводить к минимуму отклонения при установке имплантатов. Кроме того, это обеспечивает высокую точность посадки ортопедических конструкций. Мы хотим представить вашему вниманию пример клинического случая с демонстрацией полного цифрового протокола, который становится все более актуальным в стоматологической практике. **Описание клинического случая.** Представлен клинический случай по тотальному восстановлению верхнего зубного ряда пациента. Причиной потери зубов стал хронический пародонтит и его осложнения. После проведения диагностики пациенту был поставлен диагноз по МКБ-10: K08.1 — потеря зубов вследствие несчастного случая, удаления или локальной периодонтальной болезни, K05.3 — хронический генерализованный пародонтит в стадии ремиссии. Было проведено удаление зуба 1.3, установка шести имплантатов с применением навигационного шаблона, установка супраструктур (мультиюнит-абатментов) с последующим внутриротовым сканированием челюстей для изготовления временной ортопедической конструкции. На 3-и сутки после операции временная конструкция была зафиксирована в полости рта. Через 6 месяцев было проведено повторное внутриротовое сканирование и изготовлена постоянная ортопедическая конструкция на винтовой фиксации из диоксида циркония (без титановых оснований). **Заключение.** Описанный клинический случай демонстрирует отработанный подход в проведении тотальной реабилитации челюсти с применением денальных имплантатов и полного цифрового протокола. Цифровые технологии способствуют повышению эффективности имплантологического лечения пациентов, снижению рисков развития осложнений, повышению комфорта для пациента, облегчению взаимодействия между врачом и зубным техником.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** потеря зубов, имплантация, полный цифровой протокол, тотальная реабилитация, немедленная нагрузка, навигационная хирургия

**ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:** Ашурко И.П., Тунева Н.О., Трофимов А.Э., Соседкин Д.Ю. Тотальная реабилитация верхней челюсти с применением цифрового протокола: клинический случай. *Кубанский научный медицинский вестник*. 2025;32(5):85–95. <https://doi.org/10.25207/1608-6228-2025-32-5-85-95>

**ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ:** авторы заявляют об отсутствии спонсорской поддержки при проведении исследования.

**КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**ДЕКЛАРАЦИЯ О НАЛИЧИИ ДАННЫХ:** данные, подтверждающие выводы этого исследования, можно получить у контактного автора по обоснованному запросу.

**ИНФОРМИРОВАННОЕ СОГЛАСИЕ:** от пациента получено письменное информированное добровольное согласие на участие в исследовании, публикацию описания клинического случая и публикацию фотоматериалов в медицинском журнале, включая его электронную версию (дата подписания — 16.01.2025).

**ВКЛАД АВТОРОВ:** И.П. Ашурко, Н.О. Тунева, А.Э. Трофимов, Д.Ю. Соседкин — разработка концепции и дизайна исследования; И.П. Ашурко, Н.О. Тунева, А.Э. Трофимов, Д.Ю. Соседкин — сбор данных, ведение пациента; И.П. Ашурко, Н.О. Тунева, А.Э. Трофимов — анализ и интерпретация результатов; Н.О. Тунева — обзор литературы; И.П. Ашурко, Н.О. Тунева — составление черновика рукописи и формирование его окончательного варианта; А.Э. Трофимов, Д.Ю. Соседкин — критический пересмотр черновика рукописи с внесением ценного замечания интеллектуального содержания. Все авторы одобрили финальную версию статьи перед публикацией, выразили согласие нести ответственность за все аспекты работы, подразумевающую надлежащее изучение и решение вопросов, связанных с точностью и добросовестностью любой части работы.

✉ **КОРРЕСПОНДИРУЮЩИЙ АВТОР:** Тунева Наталия Олеговна, аспирант хирургической стоматологии института стоматологии им. Е.В. Боровского федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет). Адрес: ул. Трубецкая, д. 8, стр. 2, г. Москва, Россия. E-mail: tunaty@list.ru

Получена: 04.04.2025 / Получена после доработки: 25.08.2025 / Принята к публикации: 18.09.2025

© Ашурко И.П., Тунева Н.О., Трофимов А.Э., Соседкин Д.Ю., 2025

## Total maxillary rehabilitation using a digital protocol: A clinical case study

Igor P. Ashurko<sup>1</sup>, Natalia O. Tuneva<sup>1</sup>✉, Artem E. Trofimov<sup>2</sup>, Dmitriy Y. Sosedkin<sup>3</sup>

<sup>1</sup> I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Trubetskaya str., 8, bld. 2, Moscow, 119048, Russia

<sup>2</sup> Rio-Stom LLC, 4 Popov Lane, Room 1/1, Moscow, 107014, Russia

<sup>3</sup> Estetika Dent LLC, 11a Lomonosova str., room 56, Krasnoyarsk, 660021, Russia

### ABSTRACT

**Background.** Current advances in digital dentistry enhance the efficiency of rehabilitation for patients with missing teeth, while gradually replacing analog methods. The combination of cone beam computed tomography with intraoral scan data allows for precise virtual planning of surgical procedures thus minimizing deviations during implant placement. Furthermore, high precision in the placement of prosthetic structures is ensured. In this article, a clinical case study is presented to demonstrate a full digital protocol, which is becoming increasingly relevant in dental practice. **Clinical case description.** This clinical case study reports on the total rehabilitation of a patient's maxillary teeth. The cause of tooth loss was chronic periodontitis and its complications. After examination, the patient was diagnosed with ICD-10: K08.1: Loss of teeth due to accident, extraction, or local periodontal disease; K05.3: Chronic periodontitis. Tooth 1.3 was extracted, six implants were placed using a navigation template, superstructures (multi-unit abutments) were installed, followed by intraoral scanning of the jaws to make a temporary prosthetic structure. On Day 3 after surgery, a temporary structure was fixed in the oral cavity. After six months, a repeat intraoral scan was performed; a permanent screw-fixed prosthesis made of zirconium dioxide (without titanium bases) was prepared. **Conclusion.** The clinical case described demonstrates a well-established approach to total maxillary rehabilitation using dental implants and a fully digital protocol. Digital technologies contribute to improving the effectiveness of implant treatment for patients, reducing the risk of complications, increasing patient comfort, and facilitating communication between the dentist and dental technician.

**KEYWORDS:** tooth loss, implantation, fully digital protocol, total rehabilitation, immediate loading, navigational surgery

**FOR CITATION:** Ashurko I.P., Tuneva N.O., Trofimov A.E., Sosedkin D.Yu. Total maxillary rehabilitation using a digital protocol: A clinical case study. *Kuban Scientific Medical Bulletin*. 2025;32(5):85–95. <https://doi.org/10.25207/1608-6228-2025-32-5-85-95>

**FUNDING:** The authors declare that no funding was received for this study.

**CONFLICT OF INTEREST:** The authors declare no conflict of interest.

**DATA AVAILABILITY STATEMENT:** Data supporting the findings of this study are available from the corresponding author upon reasonable request.

**INFORMED CONSENT:** Written informed voluntary consent was received from the patient for the publication of a case report and photographic materials in a medical journal, including its electronic version (the date of signing — 16.01.2025).

**AUTHOR CONTRIBUTIONS:** I.P. Ashurko, N.O. Tuneva, A.E. Trofimov, D.Yu. Sosedkin — concept statement and study design; I.P. Ashurko, N.O. Tuneva, A.E. Trofimov, D.Yu. Sosedkin — data collection, patient management; I.P. Ashurko, N.O. Tuneva, A.E. Trofimov — analysis and interpretation of the results; N.O. Tuneva — literature review; I.P. Ashurko, N.O. Tuneva — drafting of the manuscript and preparation of its final version; A.E. Trofimov, D.Yu. Sosedkin — critical review of the manuscript with introduction of valuable intellectual content. All the authors approved the final version of the manuscript prior to publication, agreeing to be accountable for all aspects of the work, meaning that issues related to the accuracy and integrity of any part of the work are appropriately examined and resolved.

✉ **CORRESPONDING AUTHOR:** Natalia O. Tuneva, Postgraduate Student, Department of Surgical Dentistry, E.V. Borovsky Institute of Dentistry, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Trubetskaya str., 8, bld. 2, Moscow, 119048, Russia. E-mail: tunaty@list.ru

**Received:** 04.04.2025 / **Revised:** 25.08.2025 / **Accepted:** 18.09.2025

### ВВЕДЕНИЕ

Тенденции последних лет в области реконструктивной стоматологии направлены на внедрение цифровых технологий в клиническую и зуботехническую практику. Аналоговые методы протезирования постепенно отходят на второй план, уступая место цифровым протоколам реабилитации пациентов. Возможности современной стоматологии позволяют восстановить жевательную функцию и эстетику в максимально короткие сроки [1–3]. Возможность объединения данных конусно-лучевой компьютерной томографии и файлов внутриротового сканирования в программах-проектировщиках позволяет спланировать операцию в полностью виртуальном формате и воспроизвести ее с предельной точностью. Метод позволяет не только правильно позиционировать имплантат, но и визуализировать положение будущих ортопедических конструкций, а также согласовать с пациентом проект будущих протезов [4–7]. Помимо этого, подобный

поход позволяет свести к минимуму отклонения положения имплантата в момент его установки. Цифровое планирование способствует прогнозированию возможных осложнений, а также минимизации рисков еще на этапе подготовки к операции [6, 8]. Кроме того, применение внутриротового сканирования на этапе временного и постоянного протезирования с опорой на дентальные имплантаты обеспечивает точность посадки ортопедической конструкции, сопоставимую с традиционным лечением. Цифровые протоколы в стоматологической практике позволяют переходить к более индивидуализированным, предсказуемым, комфортным и безопасным стратегиям лечения. Объединение данных моделирования, планирования и результатов оперативного вмешательства в единый цифровой дизайн улыбки, в котором отражены пожелания пациента в том числе, обеспечивает устойчивый прогресс в качестве лечения и долгосрочные благоприятные исходы для пациента [9].

Представленный клинический случай демонстрирует применение полного цифрового протокола от диагностики до реализации и контроля исхода лечения с подробным описанием каждого из этапов. Клинический пример показывает, что цифровые технологии на сегодняшний день прочно входят в практику врачей-стоматологов, являются актуальным направлением в имплантологии и требуют дальнейшего изучения [10, 11].

## КЛИНИЧЕСКИЙ ПРИМЕР

### Информация о пациенте

Пациент А., 57 лет, в порядке самообращения обратился 8.07.2024 на кафедру хирургической стоматологии института стоматологии им. Е. В. Боровского федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Первый Московский государственный медицинский университет имени И. М. Сеченова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет) (ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И. М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет)) с жалобами на отсутствие зубов на верхней челюсти, затруднение жевания, неудовлетворенность внешним видом улыбки.

*Анамнез заболевания:* зубы на верхней челюсти были удалены вследствие развития пародонтита и его осложнений в течение последних пяти лет. Около 2-х лет назад пациенту был изготовлен частично-съемный протез на кламмерах. На момент осмотра пациент находился

под наблюдением врача стоматолога-гигиениста и пародонтолога.

*Анамнез жизни:* без особенностей. Вредные привычки отрицает.

*Аллергологический анамнез* со слов пациента неотягощен.

### Физикальная диагностика

*Внешний осмотр:* конфигурация лица не изменена (рис. 1). Открывание рта полное, свободное. При пальпации височно-нижнечелюстного сустава и жевательных мышц патологий не выявлено.

*Осмотр полости рта:* на верхней челюсти визуализируется частично-съемный протез на кламмерах с опорой на зубы 1.3 и 2.7. Наддесневые и поддесневые зубные отложения отсутствуют, слизистая оболочка бледно-розового цвета, умеренно увлажнена, кровоточивость при зондировании отсутствует. Глубина зондирования в области всех зубов не превышает 4 мм. Наблюдается удовлетворительное состояние тканей пародонта, без признаков воспаления (рис. 2).

Артериальное давление в пределах допустимых значений.

### Предварительный диагноз

На момент начала лечения на основании жалоб, анамнеза после объективного осмотра пациенту поставлен диагноз «частичное отсутствие зубов».

### Временная шкала

События развития заболевания пациента А., этапы диагностики, планирования представлены на рисунке 3.



Рис. 1. Клинические фотографии пациента А.: А — с улыбкой; Б — с ретрактором

*Примечание: фотография выполнена авторами.*

Fig. 1. Clinical photographs of patient A.: A — smiling; Б — with retractor

*Note: The photograph was taken by the authors.*



Рис. 2. Состояние мягких тканей полости рта пациента А. на момент обращения

Примечание: фотография выполнена авторами

Fig. 2. Soft oral tissue in patient A. at the time of consultation

Note: The photograph was taken by the authors.

### Диагностические процедуры

**Лабораторные исследования** (от 9.07.2024, проведены в лаборатории общества с ограниченной ответственностью «Научно-производственная фирма «Хеликс»)

Общий анализ крови в пределах допустимых значений. Биохимический анализ крови в пределах допустимых значений.

**Инструментальные исследования** (от 10.07.2024, проведены в институте стоматологии им. Е. В. Боровского ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И. М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет))

По данным конусно-лучевой компьютерной томографии, на верхней челюсти визуализируется частичное отсутствие зубов, отмечается атрофия кости альвеолярного отростка верхней челюсти. Верхнечелюстные пазухи умеренно пневматизированы, без патологических изменений. Объем кости достаточен для установки дентальных имплантатов (рис. 4).

### Клинический диагноз

На основании результатов проведенных диагностических исследований были установлены диагнозы по МКБ-10: K08.1 — потеря зубов вследствие несчастного случая, удаления или локальной периодонтальной болезни, K05.3 — хронический генерализованный пародонтит в стадии ремиссии.

### Дифференциальная диагностика

Данные конусно-лучевой компьютерной томографии позволили подтвердить окончательный клинический диагноз хронического пародонтита и частичной потери зубов, в связи с этим в проведении дифференциальной диагностики с другими заболеваниями зубов и периапикальных тканей не было необходимости.



Рис 3. Хронология развития болезни у пациента А.: ключевые события и прогноз

Примечание: блок-схема временной шкалы выполнена авторами (согласно рекомендациям CARE).

Fig. 3. Chronology of disease development in patient A.: key events and prognosis

Note: The block diagram of the timeline was created by the authors (as per CARE recommendation).

### Медицинские вмешательства

В соответствии с поставленным диагнозом был составлен план лечения, который включал в себя: удаление зуба 1.3; установка 6 имплантатов системы Neodent (Straumann, Швейцария) в области зубов 1.6, 1.4, 1.2, 2.2, 2.4, 2.6 с одномоментной установкой супраструктур (мультиюнит-абатменты); интраоперационное сканирование с уровня мультиюнит-абатментов с последующим изготовлением временной конструкции на винтовой фиксации из PMMA-пластмассы (Polymethyl Methacrylate, полиметилметакрилат); через 6 месяцев после проведения операции — окончательное протезирование.

Для планирования хирургического этапа лечения было выполнено внутриворотное сканирование зубных рядов пациента при помощи сканера Primescan (Dentsply Sirona, США). Далее полученные stl-файлы зубных рядов вместе с данными конусно-лучевой компьютерной томографии исследования пациента в виде dcm-файлов были загружены в программу для планирования постановки имплантатов 3Diagnosis (3DIEMME, Италия).

Коронки искусственных зубов на частично-съемном протезе пациента использовались в качестве ориентира при позиционировании имплантатов, так как имеющийся частично-съемный протез устраивал пациента с эстетической и функциональной точек зрения (рис. 5).

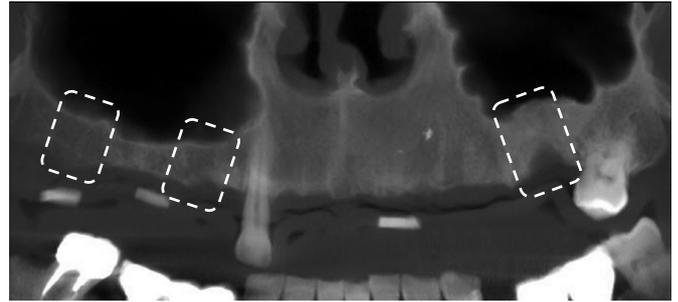


Рис. 4. Снимок конусно-лучевой компьютерной томографии пациента А. Отмечается атрофия кости альвеолярного отростка верхней челюсти (отмечено фигурами)  
*Примечание: фотография выполнена авторами.*

Fig. 4. Cone beam computed tomography image of patient A. The atrophy of maxillary alveolar process is noted (marked with rectangles)

*Note: The photograph was taken by the authors.*

После завершения позиционирования имплантатов данные выгружали в программу PlastyCad (3DIEMME, Италия), в которой проводили моделирование хирургического навигационного шаблона. Непосредственную печать хирургического шаблона проводили на 3D принтере HardLight SIRIUS Black Light (HardLight, Россия) из фотополимера Dental Yellow Clear Pro Resin (Harz Labs, Россия) (рис. 6).

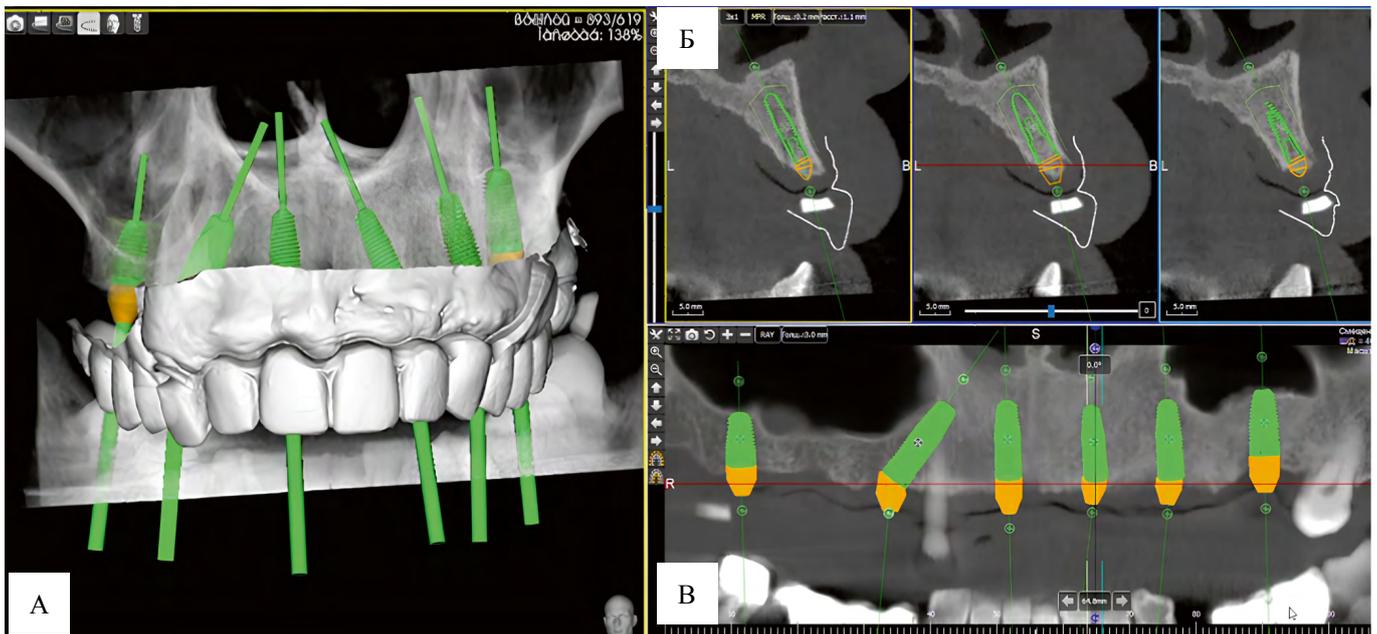


Рис. 5. Виртуальное планирование операции дентальной имплантации пациента А. в программе 3Diagnosis: А — модель коронки искусственных зубов на частично-съемном протезе пациента использовались в качестве ориентира при позиционировании имплантатов с наложением на снимки конусно-лучевой томографии; Б — позиционирование имплантатов в альвеолярном отростке верхней челюсти в программе-моделировщике на сагиттальном срезе; В — виртуальное позиционирование имплантатов с наложением на ортопантограмму  
*Примечание: фотографии выполнены авторами.*

Fig. 5. Virtual planning of dental implant surgery for patient A. in the 3Diagnosis software: А — a model of artificial tooth crown on the patient's partial removable denture was used as a reference point for implant positioning with superimposition on cone beam computed tomography images; Б — positioning of implants in the maxillary alveolar process in the simulation software on a sagittal section; В — virtual positioning of implants superimposed on an orthopantomogram

*Note: The photograph was taken by the authors.*



Рис. 6. Хирургический навигационный шаблон  
Примечание: фотография выполнена авторами.  
Fig. 6. Surgical navigation template  
Note: The photograph was taken by the authors.

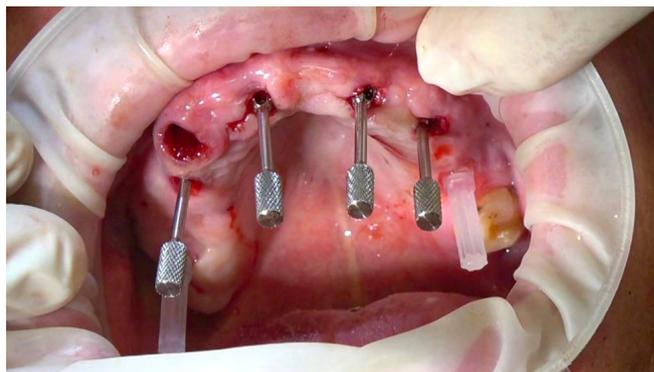


Рис. 8. Этап фиксации мультиюнит-абатментов у пациента А.  
Примечание: фотография выполнена авторами.  
Fig. 8. Fixation of multi-unit abutments in patient A.  
Note: The photograph was taken by the authors.

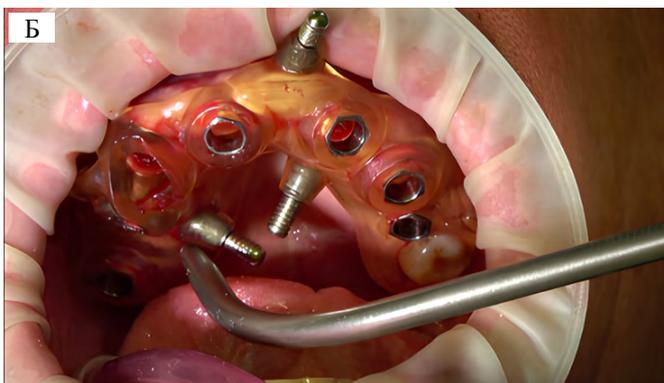


Рис. 7. Этап установки зубных имплантатов у пациента А: А — до удаления зуба 1.3; Б — после удаления зуба 1.3  
Примечание: фотографии выполнены авторами.  
Fig. 7. Placement of dental implants in patient A.: А — before extraction of tooth 1.3; Б — after extraction of tooth 1.3  
Note: The photograph was taken by the authors.

### Динамика и исходы

17.07.2024 г. Под инфильтрационной анестезией Артикаин Inibsa с эпинефрином 4% 1:100 000 1,8 мл (Inibsa, Испания) было произведено позиционирование и фиксация хирургического шаблона при помощи 5 внутрикостных пинов (3 — вестибулярно; 2 — небно). При помощи навигационных хирургических фрез были последовательно сформированы остеотомические отверстия и установлены зубные имплантаты во все запланированные позиции, исключая установку имплантата в области зуба 1.4 (ось установки имплантата пересекалась с корнем зуба 1.3, рис. 7 А). Далее было выполнено снятие хирургического шаблона, удаление зуба 1.3, после чего шаблон был зафиксирован повторно и произведена установка имплантата в области зуба 1.4 (рис. 7 Б). Все имплантаты были установлены с первичным торком более 30 Н/см<sup>2</sup>, что обеспечивало возможность немедленной нагрузки.

После снятия хирургического шаблона при помощи костного риммера (профайлера) было произведено контурирование кости в области шейки каждого из имплантатов, установлены мультиюнит-абатменты (1.6 и 2.6 — прямые; 2.4, 2.2, 1.2 — угловые (15°); 1.4 — угловой (30°), рис. 8).

После окончания хирургического этапа лечения при помощи внутриротового сканера Primescan (Dentsply Sirona, США) произведено сканирование верхней челюсти (со скан-маркерами и без), нижней челюсти и состояние в окклюзии. Для точности регистрации окклюзии был дополнительно изготовлен прикусной шаблон, который представлял собой аналог пластмассовой копии частичного съемного протеза пациента, который фиксировался в полости рта через отверстия для внутрикостных пинов (рис. 9).

В качестве послеоперационного ухода пациенту было рекомендовано ополаскивание полости рта раствором хлоргексидина глюконата 0,2% два раза в день в течение 7 дней. Назначен прием антибактериальных (1 г Амоксилав два раза в день в течение 5 дней) и противовоспалительных препаратов (нимесулида) в дозировке 100 мг

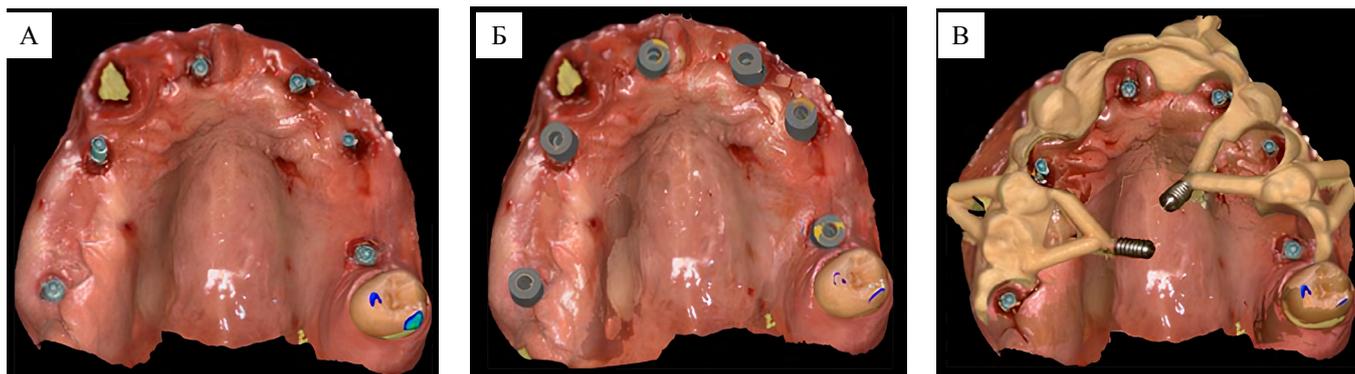


Рис. 9. Внутриротовое сканирование у пациента А. в день операции: А — без скан-маркеров; Б — со скан-маркерами; В — с прикусным шаблоном

*Примечание: фотографии выполнены авторами.*

Fig. 9. Intraoral scanning of patient A. on the day of surgery: A — without scan markers; B — with scan markers; B' — with occlusal template

*Note: The photograph was taken by the authors.*

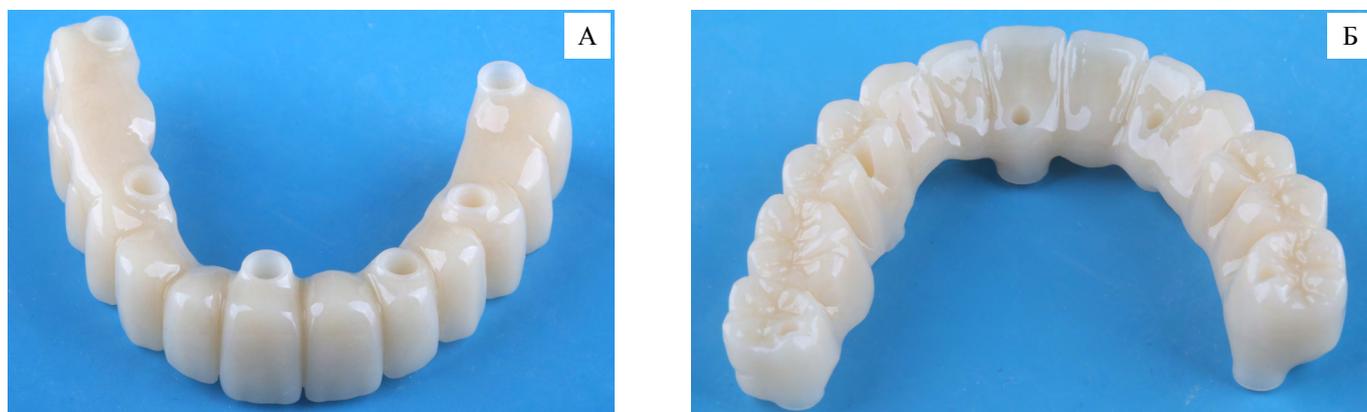


Рис. 10. Временная ортопедическая конструкция на винтовой фиксации: А — вид вестибулярной поверхности; Б — вид с окклюзионной плоскости

*Примечание: фотографии выполнены авторами.*

Fig. 10. Temporary prosthesis with screw fixation: A — view of the vestibular surface; B — view from the occlusal plane

*Note: The photograph was taken by the authors.*

2–3 раза в день. Рекомендовано свести к минимуму травматизацию в месте операции.

Далее весь комплект внутриротовых 3D-файлов был отправлен в зуботехническую лабораторию, где было произведено моделирование и изготовление временной конструкции на винтовой фиксации из РММА-пластмассы (рис. 10).

20.07.2024 г. На 3-и сутки после операции была произведена фиксация временной конструкции на установленные дентальные имплантаты (рис. 11, 12).

Для контроля точности позиционирования дентальных имплантатов было выполнено рентгенологическое исследование, которое позволило подтвердить соответствие фактического результата запланированному (рис. 13).

Постоянное протезирование было рекомендовано через 6 месяцев после созревания мягких тканей.

21.12.2024 г. Через 6 месяцев после операции были проведены осмотр и повторное внутриротовое сканирование (рис. 14).

Пациенту был проведен комплекс диагностических этапов, таких как проведение конусно-лучевой компьютерной



Рис. 11. Состояние мягких тканей полости рта пациента А. на 3-и сутки после установки дентальных имплантов

*Примечание: фотография выполнена авторами.*

Fig. 11. Soft oral tissue of patient A. on Day 3 after dental implant placement

*Note: The photograph was taken by the authors.*



Рис. 12. Внешний вид полости рта пациента А. после фиксации временной конструкции  
 Примечание: фотография выполнена авторами.  
 Fig. 12. Exterior view of the oral cavity in patient A. after fixation of the temporary structure  
 Note: The photograph was taken by the authors.

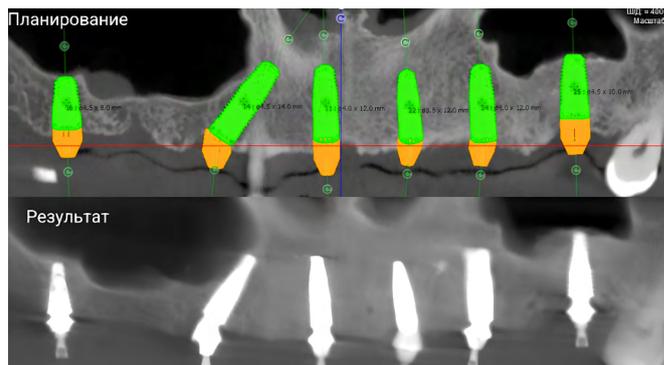


Рис. 13. Запланированное положение имплантатов (А) и контрольное рентгенологическое исследование после операции (Б)  
 Примечание: фотографии выполнены авторами.  
 Fig. 13. Planned implant position (А) and post-surgery control X-ray examination (Б)  
 Note: The photograph was taken by the authors.

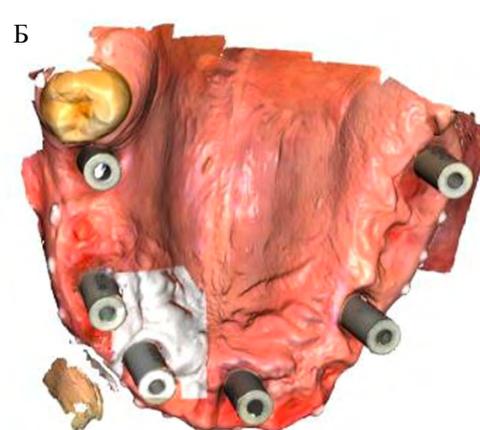


Рис. 14. Состояние мягких тканей полости рта пациент А. через 6 месяцев после операции (А). 3D-модель верхней челюсти через 6 месяцев после операции (сканирование с уровня скан-маркеров) (Б)  
 Примечание: фотография выполнена авторами.  
 Fig. 14. Soft oral tissue of patient A. six months after surgery (А). 3D model of the maxilla six months after surgery (scanned from scan markers) (Б)  
 Note: The photograph was taken by the authors.

томографии, аксиографии, миографии. Данные пациента были выгружены в программу P-art SDIMatrix (Цюрих, Швейцария), где была произведена оценка движения височно-нижнечелюстных суставов, работы мышц, определения центрального соотношения челюстей, высоты прикуса для рационального протезирования. Внутривитровые сканы вместе с фотографиями пациента и остальными диагностическими данными были отправлены в лабораторию, где зубным техником были выбраны оптимальная форма, длина, размеры искусственных зубов и их положение в зубной дуге.

Финальная несъемная конструкция была изготовлена в полную анатомию из диоксида циркония без армирования титановой балкой и без вклейки титановых оснований (рис. 15).

Исходами хирургического и ортопедического вмешательств являлись полноценная реабилитация верхней челюсти, полное заживление слизистой оболочки, восстановление функций речи и жевания (рис. 16, 17). Каких-

либо конструкционных или функциональных нарушений выявлено не было.

Пациенту было назначено динамическое наблюдение 1 раз в 6 месяцев у врача стоматолога-ортопеда и 1 раз в 3–4 месяца у врача — стоматолога-терапевта для контроля биопленки и проведения индивидуальной гигиены полости рта на протяжении всего периода эксплуатации, установленной цельноциркониевой ортопедической конструкции.

### Прогноз

Прогноз лечения пациента А. благоприятный при соблюдении рекомендаций и регулярных профилактических осмотрах.

### Мнение пациента

Пациент удовлетворен результатами лечения. Качество жизни пациента А. значительно улучшилось, восстановилась жевательная функция и эстетика на верхней челюсти.



Рис. 15. Постоянная ортопедическая конструкция из диоксида циркония: А — вид вестибулярной поверхности; Б — вид окклюзионной плоскости

*Примечание: фотография выполнена авторами.*

Fig. 15. Permanent prosthesis made of zirconium dioxide: А — view of the vestibular surface; Б — view of the occlusal plane

*Note: The photograph was taken by the authors.*



Рис. 16. Пациент А. сразу после постоянного протезирования

*Примечание: фотография выполнена авторами.*

Fig. 16. Exterior view of the oral cavity in patient A. immediately after the placement of a permanent prosthesis

*Note: The photograph was taken by the authors.*

## ОБСУЖДЕНИЕ

Комплексный подход стоматологов-хирургов и стоматологов-ортопедов при работе в полном цифровом протоколе демонстрирует успешные результаты [12, 13]. В рамках научных исследований, проведенных ранее, подтверждена высокая точность сканирования полной зубной дуги на имплантатах для изготовления временной и постоянной ортопедических конструкций [14]. Наряду с этим, по данным ряда авторов, применение полного навигационного протокола при тотальной реабилитации челюстей также имеет высокие показатели эффективности [15].

Протезирование без использования аналоговых оттисков с помощью внутриворотного сканирования все чаще находит применение в стоматологической практике [16, 17]. Ортопедические конструкции, изготовленные



Рис 17. Пациент А. сразу после постоянного протезирования

*Примечание: фотография выполнена авторами.*

Fig. 17. Patient A. immediately after the placement of a permanent prosthesis

*Note: The photograph was taken by the authors.*

из цельного диоксида циркония без использования титановых укрепляющих конструкций (балок) и без вклейки титановых оснований, демонстрируют удовлетворительные кратко- и среднесрочные результаты, однако в литературе недостаточно данных о долгосрочных результатах данного вида ортопедических конструкций [18, 19].

Данный клинический случай проиллюстрировал эффективность комплексного подхода в тотальной реабилитации верхнего зубного ряда с использованием цифрового протокола, что было подтверждено положительными исходами и высокой удовлетворенностью пациента. Преимуществами использования комплексного подхода в тотальной реабилитации верхнего зубного ряда с применением цифрового протокола перед использованием традиционных методов являются повышение точности передачи информации благодаря использованию цифровых технологий, упрощение коммуникации между стоматологической клиникой и лабораторией, что способствует уменьшению времени работы врачей-стоматологов и зубных техников, а также оптимизирует количество визитов пациента в стоматологический кабинет.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Bratos M, Ramos V Jr, He W, Zhang H. An integrated digital workflow for long-term interim combined fixed and removable prostheses. *J Prosthet Dent.* 2024;S0022-3913(24)00135-5. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2024.01.038>
2. Cappare P, Sannino G, Minoli M, Montemezzi P, Ferrini F. Conventional versus Digital Impressions for Full Arch Screw-Retained Maxillary Rehabilitations: A Randomized Clinical Trial. *Int J Environ Res Public Health.* 2019;16(5):829. <https://doi.org/10.3390/ijerph16050829>
3. Ashurko I, Trofimov A, Tarasenko S, Mekhtieva S. Full-Mouth Screw-Retained Implant-Supported Rehabilitation with Multi-unit Abutments Using Virtual Guided Surgery and Digital Prosthetics Protocol. *Case Rep Dent.* 2020;2020:3585169. <https://doi.org/10.1155/2020/3585169>
4. Garcia E, Tung TW, Jaramillo S, Gutierrez A, Alvear J, Tinajero M. Full-Arch Rehabilitation With Mucosa-Supported Prostheses Utilizing a Digital Workflow: A Case Report. *Cureus.* 2024;16(7):e64941. <https://doi.org/10.7759/cureus.64941>
5. Tealdo T, Bevilacqua M, Scaglione L, Alberti C, Montagna P, Gelpi F, Gelpi F. A fully digital planning and manufacturing of an aesthetically conceived and guided full-arch implant-supported rehabilitation. *European Journal of Musculoskeletal Diseases.* 2024;13:2.
6. Nowicki A, Osypko K. Digital Workflow in Full Mouth Rehabilitation with Immediate Loading, Intraoral Welding and 3D-Printed Reconstructions in a Periodontal Patient: A Case Report. *Reports (MDPI).* 2023;6(4):52. <https://doi.org/10.3390/reports6040052>
7. Cattoni F, Chirico L, Merlone A, Manacorda M, Vinci R, Gherlone EF. Digital Smile Designed Computer-Aided Surgery versus Traditional Workflow in "All on Four" Rehabilitations: A Randomized Clinical Trial with 4-Years Follow-Up. *Int J Environ Res Public Health.* 2021;18(7):3449. <https://doi.org/10.3390/ijerph18073449>
8. Franchina A, Stefanelli LV, Gorini S, Fedi S, Lizio G, Pellegrino G. Digital Approach for the Rehabilitation of the Edentulous Maxilla with Pterygoid and Standard Implants: The Static and Dynamic Computer-Aided Protocols. *Methods Protoc.* 2020;3(4):84. <https://doi.org/10.3390/mps3040084>
9. La Monaca G, Pranno N, Annibaldi S, Di Carlo S, Pompa G, Cristalli MP. Immediate flapless full-arch rehabilitation of edentulous jaws on 4 or 6 implants according to the prosthetic-driven planning and guided implant surgery: A retrospective study on clinical and radiographic outcomes up to 10 years of follow-up. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2022;24(6):831–844. <https://doi.org/10.1111/cid.13134>
10. Papaspyridakos P, De Souza A, Bathija A, Kang K, Chochlidakis K. Complete Digital Workflow for Mandibular Full-Arch Implant Rehabilitation in 3 Appointments. *J Prosthodont.* 2021;30(6):548–552. <https://doi.org/10.1111/jopr.13356>
11. Creagh J, Bohner L, Sesma N, Coachman C. Integrating a Facial-ly Driven Treatment Planning to the Digital Workflow for Rehabilitation of Edentulous Arches: A Case Report. *J Contemp Dent Pract.* 2020;21(12):1393–1397.
12. Gracher AHP, de Moura MB, da Silva Peres P, Thomé G, Padovan LEM, Trojan LC. Full arch rehabilitation in patients with atrophic upper jaws with zygomatic implants: a systematic review. *Int J Implant Dent.* 2021;7(1):17. <https://doi.org/10.1186/s40729-021-00297-z>
13. Meloni S, Spano G, Ceruso FM, Gargari M, Lumbau A, Baldoni E, Massarelli O, Pisano M, Tallarico M. Upper jaw implant restoration on six implants with flapless guided template surgery and immediate loadings: 5 years results of prospective case series. *Oral & Implantology.* 2019;12(2):28. [https://doi.org/10.1111/clr.45\\_13508](https://doi.org/10.1111/clr.45_13508)
14. Wulfman C, Naveau A, Rignon-Bret C. Digital scanning for complete-arch implant-supported restorations: A systematic review. *J Prosthet Dent.* 2020;124(2):161–167. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2019.06.014>
15. Azevedo M, Correia F, Faria Almeida R. Accuracy of Implant Guided Surgery in Fully Edentulous Patients: Prediction vs. Actual Outcome-Systematic Review. *J Clin Med.* 2024;13(17):5178. <https://doi.org/10.3390/jcm13175178>
16. Pesce P, Pera F, Setti P, Menini M. Precision and Accuracy of a Digital Impression Scanner in Full-Arch Implant Rehabilitation. *Int J Prosthodont.* 2018;31(2):171–175. <https://doi.org/10.11607/ijp.5535>
17. Pesce P, Bagnasco F, Pancini N, Colombo M, Canullo L, Pera F, Bressan E, Annunziata M, Menini M. Trueness of Intraoral Scanners in Implant-Supported Rehabilitations: An In Vitro Analysis on the Effect of Operators' Experience and Implant Number. *J Clin Med.* 2021;10(24):5917. <https://doi.org/10.3390/jcm10245917>
18. Kim W, Li XC, Bidra AS. Clinical outcomes of implant-supported monolithic zirconia crowns and fixed partial dentures: A systematic review. *J Prosthodont.* 2023;32(2):102–107. <https://doi.org/10.1111/jopr.13575>
19. Bidra AS, Rungruanant P, Gauthier M. Clinical outcomes of full arch fixed implant-supported zirconia prostheses: A systematic review. *Eur J Oral Implantol.* 2017;10 Suppl 1:35–45.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

**Ашурко Игорь Павлович** — кандидат медицинских наук, доцент, доцент кафедры хирургической стоматологии института стоматологии им. Е.В. Боровского федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский университет).

<https://orcid.org/0000-0001-9862-2657>

**Тунева Наталья Олеговна** ✉ — аспирант кафедры хирургической стоматологии института стоматологии им. Е.В. Боровского федерального государственного автономного образовательного

## INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Igor P. Ashurko** — Cand. Sci. (Med.), Assoc. Prof., Associate Professor of the Department of Surgical Dentistry, E.V. Borovsky Institute of Dentistry, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University).

<https://orcid.org/0000-0001-9862-2657>

**Natalia O. Tuneva** ✉ — Postgraduate Student, Department of Surgical Dentistry, E.V. Borovsky Institute of Dentistry, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University).

<https://orcid.org/0009-0002-4313-1708>

учреждения высшего образования «Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский университет).

<https://orcid.org/0009-0002-4313-1708>

**Трофимов Артем Эдуардович** — кандидат медицинских наук, главный врач стоматологической клиники «РИО-Стом» общества с ограниченной ответственностью «Рио-Стом».

<https://orcid.org/0009-0004-6890-9066>

**Соседкин Дмитрий Юрьевич** — генеральный директор общества с ограниченной ответственностью «Эстетика Дент».

<https://orcid.org/0009-0002-4282-2902>

**Artem E. Trofimov** — Cand. Sci. (Med.), Head physician, RIO-Stom Dental Clinic, RIO-Stom LLC.

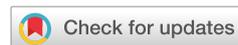
<https://orcid.org/0009-0004-6890-9066>

**Dmitriy Yu. Sosedkin** — CEO of Estetika Dent LLC.

<https://orcid.org/0009-0002-4282-2902>

---

✉ Автор, ответственный за переписку / Corresponding author



## Организационная приверженность среднего медицинского персонала: определение понятия и специфика измерений (обзор зарубежных публикаций)

К.В. Кузьмин<sup>1</sup>✉, Л.Е. Петрова<sup>2</sup>, В.С. Харченко<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Государственное бюджетное профессиональное учреждение «Свердловский областной медицинский колледж», ул. Репина, д. 2а, г. Екатеринбург, 620014, Россия

<sup>2</sup> Муниципальное образовательное учреждение высшего образования «Екатеринбургская академия современного искусства (институт)», ул. Культуры, д. 3, г. Екатеринбург, 620012, Россия

<sup>3</sup> Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени Первого президента России Б.Н. Ельцина», ул. Мира, д. 19, г. Екатеринбург, 620062, Россия

### АННОТАЦИЯ

**Введение.** Вопросам организационной приверженности среднего медицинского персонала в российской исследовательской литературе уделяется пока крайне мало внимания. В то же время в зарубежной научной традиции, берущей свое начало с 1960-х гг., приверженность рассматривается как своеобразная «квинтэссенция», комплексно отражающая в себе отношение работников государственного здравоохранения не только к своей организации, но и к своей профессии, работодателю, труду в целом. В этом смысле приверженность выходит за рамки измерений удовлетворенности/неудовлетворенности трудом, лояльности/нелояльности организации, вовлеченности/невовлеченности в ее работу и т. д. **Цель исследования:** на основе анализа зарубежных публикаций систематизировать и критически осмыслить основные подходы к пониманию организационной приверженности среднего медицинского персонала, выявить основные этапы развития данной темы в историографии, основные компоненты и механизмы формирования приверженности в медицинских организациях. **Методы.** Проблемно-хронологический, сравнительный и критический анализ литературных источников ( $n = 3808$ ), размещенных в англоязычной текстовой базе данных медицинских и биологических публикаций «PubMed» и выделенных на основании тематического запроса «organizational commitment of nurses» («организационная приверженность медицинских сестер»). **Результаты.** Выделены 4 хронологических этапа изучения вопросов организационной приверженности в зарубежной литературе, отличающиеся как по своему содержанию, так и по направленности научных публикаций. На первом этапе (рубеж 1960/1970-х — 1980-е гг.) публикации, как правило, носили описательный характер и касались в основном характеристики обязательств работников по отношению к своим организациям, приверженности этическим моделям поведения и ценностям профессии. В то же время появились первые исследования, призывавшие к разработке «систем объективных оценок программ охраны труда» работников здравоохранения, которые учитывали бы различные аспекты «трудовой жизни», «ролевою неопределенность» и «ролевые конфликты», влияющие на желание работать в медицинской организации. На втором этапе (1990-е гг.) внимание исследователей привлекли вопросы изучения вовлеченности и удовлетворенности трудом как факторов, определяющих организационную приверженность персонала. В публикациях, посвященных анализу «личного жизненного опыта», внедрения психологических контрактов и моделей «совместного управления», создания «самостоятельных рабочих групп медсестер» и «совместных команд», отмечалась необходимость вовлечения среднего медперсонала в управление организациями. На третьем этапе (рубеж 1990/2000-х — начало 2020-х гг.) появилось множество публикаций, посвященных измерению приверженности среднего медперсонала на основе применения модели Дж. Мейера и Н. Аллен. Большое значение приобрел анализ «особости» медсестринского труда в ключе формирования «культуры учреждений», учета ожиданий сотрудников и создания атмосферы воспринимаемой поддержки. В поле зрения оказались вопросы эмоциональных составляющих труда, совмещенные с комплексным изучением проблем эмоционального истощения, стрессов и стрессоров, профессионального выгорания, деперсонализации и пр. При этом наблюдался процесс расширения географии исследований, совмещенный с попытками понять специфику организационной приверженности за пределами «западного опыта». На четвертом этапе (с начала 2020-х гг.) внимание исследователей привлекли вопросы безопасности персонала на рабочих местах, коллективного эмоционального и профессионального выгорания и сохранения «качества здоровья» среднего медперсонала. Новыми темами стали вопросы влияния цифровизации и мультикультурности на поддержание организационной приверженности и стабильности медсестринских коллективов. **Заключение.** В дискуссиях по вопросам содержания организационной приверженности и проблемам его качественного измерения рано ставить точку, так как реальная жизнь ставит все новые и новые проблемы, требующие адекватного изучения и детального научного анализа. Результаты обзора позволяют не только совершенствовать существующие подходы к оценке организационной приверженности, но и разрабатывать комплексные программы организационного развития, ориентированные на удержание, мотивацию и профессиональное развитие среднего медицинского персонала в российских медицинских учреждениях.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** средний медицинский персонал, организационная приверженность, проблемно-хронологический, сравнительный и критический анализ публикаций

**ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:** Кузьмин К.В., Петрова Л.Е., Харченко В.С. Организационная приверженность среднего медицинского персонала: определение понятия и специфика измерений (обзор зарубежных публикаций). *Кубанский научный медицинский вестник*. 2025;32(5):96–120. <https://doi.org/10.25207/1608-6228-2025-32-5-96-120>

**ИСТОЧНИКИ ФИНАНСИРОВАНИЯ:** исследование выполнено в рамках работы над темой «Формирование приверженности среднего медицинского персонала к длительной работе в государственном здравоохранении Свердловской области: разработка моделей укрепления кадрового потенциала» по Плану государственного задания Министерства здравоохранения Свердловской области (2025 год).

**КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ:** авторам неизвестно о каких-либо потенциальных конфликтах интересов, связанных с этой рукописью.

**ДЕКЛАРАЦИЯ О НАЛИЧИИ ДАННЫХ:** данные, подтверждающие выводы этого исследования, можно получить у контактного автора по обоснованному запросу.

**СООТВЕТСТВИЕ ПРИНЦИПАМ ЭТИКИ:** данный вид исследования не требует прохождения экспертизы локальным этическим комитетом, исследование проведено с опорой на кодекс ESOMAR

**ВКЛАД АВТОРОВ:** К. В. Кузьмин, Л. Е. Петрова, В. С. Харченко — разработка концепции и дизайна исследования; К. В. Кузьмин, Л. Е. Петрова — отбор и анализ литературы, подготовка и редактирование текста; К. В. Кузьмин, Л. Е. Петрова, В. С. Харченко — анализ и интерпретация результатов; Л. Е. Петрова, В. С. Харченко — составление черновика рукописи и формирование его окончательного варианта; критический пересмотр черновика рукописи с внесением ценных замечаний интеллектуального содержания. Все авторы одобрили финальную версию статьи перед публикацией, выразили согласие нести ответственность за все аспекты работы, подразумевающую надлежащее изучение и решение вопросов, связанных с точностью и добросовестностью любой части работы.

✉ **КОРРЕСПОНДИРУЮЩИЙ АВТОР:** Кузьмин Константин Викторович, кандидат исторических наук, доцент, руководитель Координационного научно-методического центра по социальной работе в системе здравоохранения Свердловской области государственного бюджетного профессионального учреждения «Свердловский областной медицинский колледж». Адрес: ул. Репина, д. 2 а, г. Екатеринбург, 620014, Россия. E-mail: konstantinkuzmin1966@gmail.com

Получена: 12.03.2025 / Получена после доработки: 26.08.2025 / Принята к публикации: 18.09.2025

## Organizational commitment of nursing staff: Definition of the concept and specifics of measurement (review of foreign publications)

*Konstantin V. Kuzmin<sup>1</sup>, Larisa E. Petrova<sup>2</sup>, Vera S. Kharchenko<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> Sverdlovsk Regional Medical College, Repina str., 2a, Yekaterinburg, 620014, Russia

<sup>2</sup> Yekaterinburg Academy of Contemporary Art (Institute), Kultury str., 3, Yekaterinburg, 620012, Russia

<sup>3</sup> Ural Federal University named after the First President of Russia B.N. Yeltsin, Mira str., 19, Yekaterinburg, 620062, Russia

### ABSTRACT

**Background.** In Russia, organizational commitment among nursing staff is given only a limited emphasis in the research literature. In contrast, since the 1960s, the global academic community has been considering commitment as a kind of quintessence that comprehensively reflects the attitude of public health workers not only toward their organization, but also toward their profession, employer, and work in general. Thus, commitment transcends the measurement of job satisfaction/dissatisfaction, loyalty/disloyalty to the organization, involvement/non-involvement in its work, etc. **Objective.** To examine the major approaches to comprehending organizational commitment among nursing staff through the foreign literature review, to identify the key stages in the development of this topic in historiography, and to explore the primary components and mechanisms of commitment formation in healthcare organizations. **Methods.** Chronological, comparative, and critical analyses of publications ( $n = 3808$ ) were conducted; the search query “organizational commitment of nurses” was used to select the publications from the English-language PubMed database of medical and biological publications. **Results.** Four chronological periods of studying organizational commitment in foreign publications have been identified, differing both in content and in the focus of research. The publications of the first period (late 1960s/early 1970s to the 1980s) focused primarily on describing the characteristics of employees’ obligations to their organizations, their commitment to ethical models of behavior and occupational values. Along with these, the first studies were published that appealed for the development of “objective assessment systems for occupational health and safety programs” for healthcare workers, which would take into account various aspects of “working life,” “role ambiguity,” and “role conflicts” that affect the desire to work in a medical organization. The second period (1990s) involved the issues of engagement and job satisfaction as factors that define organizational commitment among staff. The necessity of involving nursing staff in the management of organizations was noted in publications analyzing “individual life experiences,” the introduction of psychological contracts and “co-management” models, and the creation of “independent nursing teams” and “joint teams.” In the third period (late 1990s/early 2000s to early 2020s), numerous publications appeared that aimed to measure the commitment of nursing staff using the model developed by J. Meyer and N. Allen. Of particular interest was the analysis of the “specificity” of nursing work in terms of shaping the “culture of institutions,” taking into account employee expectations, and creating an atmosphere of perceived support. The focus was on the emotional components of work, combined with a comprehensive study of emotional exhaustion, stress and stressors, professional burnout, depersonalization, etc. In addition, the process of expanding the geography of research was observed, with some attempts to understand the specifics of organizational commitment beyond the “Western experience.” The fourth period (since the early 2020s) involved the issues of workplace safety, collective emotional and professional burnout, and maintaining the “quality of health” of nursing staff. New topics included the impact of digitalization and multiculturalism on maintaining organizational commitment and stability among nursing teams. **Conclusion.** The debates on the nature of organizational commitment and its qualitative measurement should not be considered closed, as real life constantly presents new challenges that require adequate study and detailed scientific analysis. The review results provide a basis not only for improving existing approaches to assessing organizational com-

mitment, but also for developing comprehensive organizational development programs focused on retaining, motivating, and professionally developing nursing staff in Russian medical organizations.

**KEYWORDS:** nursing staff, organizational commitment, chronological, comparative, and critical analyses

**FOR CITATION:** Kuzmin K.V., Petrova L.E., Kharchenko V.S. Organizational commitment of nursing staff: definition of the concept and specifics of measurement (review of foreign publications). *Kuban Scientific Medical Bulletin*. 2025;32(5):96–120. <https://doi.org/10.25207/1608-6228-2025-32-5-96-120>

**FUNDING:** The study was conducted as part of work on the topic “Forming the commitment of nursing staff to long-term work in the public healthcare system of the Sverdlovsk Region: developing models for strengthening human resources” under the State Task Plan of the Ministry of Health of the Sverdlovsk Region (2025).

**CONFLICT OF INTEREST:** The authors are not aware of any potential conflicts of interest related to this manuscript.

**DATA AVAILABILITY STATEMENT:** Data supporting the findings of this study are available from the corresponding author upon reasonable request.

**COMPLIANCE WITH ETHICAL STANDARDS:** This study does not require a local ethics committee approval; the study was conducted in accordance with the ESOMAR code.

**AUTHOR CONTRIBUTIONS:** K.V. Kuzmin, L.E. Petrova, V.S. Kharchenko — concept statement and study design; K.V. Kuzmin, L.E. Petrova — literature review and analysis, text preparation and editing; K.V. Kuzmin, L.E. Petrova, V.S. Kharchenko — analysis and interpretation of the results; L.E. Petrova, V.S. Kharchenko — drafting the manuscript and preparing its final version; critical review of the manuscript with introduction of valuable intellectual content. All authors approved the final version of the article before publication and assume responsibility for all aspects of the work, which implies proper study and resolution of issues related to the accuracy and integrity of any part of the work.

✉ **CORRESPONDING AUTHOR:** Konstantin V. Kuzmin, Cand. Sci. (History), Assoc. Prof., Head of the Coordination Scientific and Methodological Center for Social Work in the Healthcare System of the Sverdlovsk Region, Sverdlovsk Regional Medical College. Address: Repina str., 2a, Yekaterinburg, 620014, Russia. E-mail: konstantinkuzmin1966@gmail.com

**Received:** 12.03.2025 / **Revised:** 26.08.2025 / **Accepted:** 18.09.2025

## ВВЕДЕНИЕ

Изучение приверженности сотрудников к длительной работе в организации (или — «*организационной приверженности*»), рассматриваемой в качестве особой эмоциональной (психологической) привязанности персонала к организации (работодателю), поддерживающей вовлеченность и преданность сотрудников и не дающей им возможности либо препятствующей их желанию искать работу в другом месте, является новой для российских исследователей и потому пока не обладает широкой исследовательской базой, выраженной в достаточном массиве *прикладных* научных публикаций.

Впервые интерес к обозначенной тематике обнаруживается в 2010-е гг. [1–7], однако фундаментальной можно считать статью Ю. В. Потаповой и В. А. Климухиной «Структура и факторы формирования организационной приверженности: теоретическая модель» [8], в которой на основе системного подхода Дж. Мейера и Н. Аллен (1991) [9] представлен анализ факторов формирования и содержательных особенностей компонентов приверженности при соотношении с такими понятиями, как «лояльность работников», «вовлеченность персонала», «удовлетворенность трудом», «организационная идентификация» и др. По определению авторов, высокая приверженность сотрудников к работе в организации порождает множество позитивных последствий, способствуя повышению удовлетворенности работой и уровня доверия организации, производительности труда, мотивации и снижению текучести кадров, стресса и выгорания, возрастанию готовности к внедрению инноваций, повышению оптимизма и улучшению спо-

собности справляться с неудачами в профессиональной деятельности и т. д.

При этом важно учесть тот факт, что организационная приверженность — более широкое понятие по сравнению с такими, подчас отдельно изучаемыми, понятиями, как удовлетворенность/увлеченность трудом, вовлеченность в работу организации, лояльность работодателю и пр. Обращаясь именно к объяснительному конструкту «организационная приверженность», мы достигаем комплексного подхода в получении новых знаний о феномене и их использовании для управленческих решений.

Особенно актуален поиск объяснительных моделей поведения сотрудников медицинских организаций — как теоретических, дающих приращение знания о социальных механизмах достижения качества медицинской помощи, так и практических, обладающих потенциалом реальных организационных изменений, так как решение задач здоровьесбережения в рамках достижения национальных целей РФ<sup>1</sup> предполагает сохранение населения, укрепление здоровья и повышение благополучия людей за счет повышения доступности медицинской помощи и преодоления как «количественного», так и «качественного» дефицита кадров в здравоохранении.

Понятие «организационная приверженность» в этой связи отвечает, на наш взгляд, указанным задачам — как теоретическим, так и прикладным. При этом важно учитывать, что медицинские сестры — один из центральных элементов системы здоровьесбережения нации — играют ключевую роль в реализации мероприятий по обеспечению эффективности и качественной медицинской поддержки. Тем не менее изучение особенностей орга-

<sup>1</sup> Указ Президента РФ от 07.05.2024 г. № 309 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года». Available: <http://kremlin.ru/events/president/news/73986> (дата обращения: 28.09.2025).

низационной приверженности среднего медицинского персонала представлено в российской литературе фактически только одной публикацией — статьей С.В. Умнова и соавт. «Современные подходы к формированию высокой приверженности персонала медицинской организации» [10], в которой авторы выделили 4 основных направления, влияющие на приверженность: 1) сокращение дистанции и изменение корпоративной культуры; 2) повышение функциональной гибкости персонала; 3) создание возможностей для карьеры и профессионального роста; 4) вовлечение персонала в управление.

*Цель исследования* — теоретический анализ зарубежных публикаций, посвященных концепту организационной приверженности, который в российском контексте здравоохранения представляет собой новый и недостаточно изученный феномен. Теоретические аспекты цели: систематизировать и критически осмыслить зарубежные подходы к пониманию организационной приверженности, выявить ее основные компоненты и механизмы формирования в медицинских организациях. Прикладные цели заключаются в адаптации полученных знаний для дальнейшего развития управленческих практик в российской системе здравоохранения, направленных на повышение мотивации и удержания медицинского персонала, что будет способствовать улучшению качества медицинской помощи и решению кадрового дефицита. Такой подход позволит заложить основу для дальнейших эмпирических исследований и практических рекомендаций в рамках национальных целей развития отрасли здравоохранения.

В исследовании впервые предпринята попытка комплексного анализа имеющихся научных подходов к изучению организационной приверженности среднего медицинского персонала как объяснительной модели и механизма улучшения. Обзор зарубежных публикаций предназначен для обоснованного выбора дизайна эмпирических исследований персонала в российских медорганизациях.

## МЕТОДЫ

В исследовании применены качественные методы: проблемно-хронологический, сравнительный и критический анализ. Отбор материалов проводился посредством целенаправленного поиска в англоязычной текстовой базе данных медицинских и биологических публикаций «PubMed» с использованием ключевых слов, релевантных теме организационной приверженности медицинского персонала. Критериями отбора являлись актуальность, полнота раскрытия темы и методологическая достоверность. Анализ литературы осуществлялся поэтапно: после формирования базы данных публикаций были систематизированы основные подходы и теоретические модели, затем проведено сопоставление результатов различных исследований, а в завершающей стадии выполнена критическая оценка и выявление научных пробелов.

Объективность и достоверность интерпретации полученных данных обеспечивались с помощью триангуля-

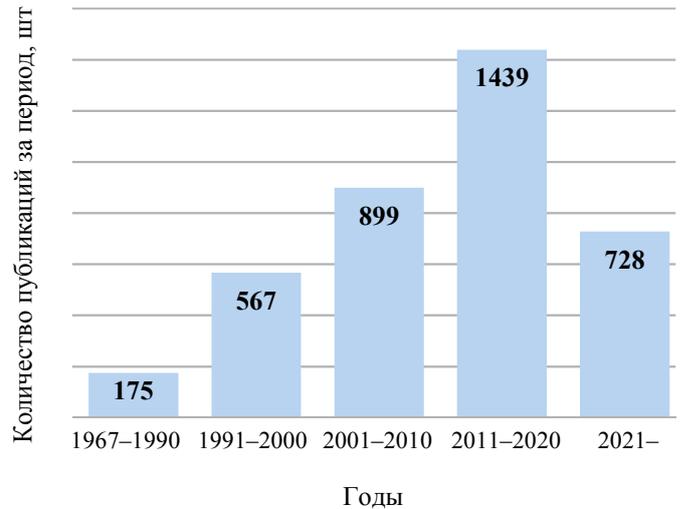


Рис. 1. Количество публикаций ( $n = 3808$ )

*Примечание: рисунок выполнен авторами.*

Fig. 1. Number of publications ( $n = 3808$ )

*Note: The figure was created by the authors.*

ции, включающей систематическое сопоставление результатов, полученных разными исследователями, в ходе регулярных обсуждений в авторском коллективе. Такой подход предполагает многогранное рассмотрение материала, что снижает влияние субъективных и методологических искажений. Регулярные совместные обсуждения позволяли интегрировать различные точки зрения, обеспечивая комплексную и надежную интерпретацию результатов исследования.

Авторы использовали наукометрический (количественный) подход в оценке научных публикаций — ниже представлена динамика публикационной активности зарубежных исследователей, что в целом свидетельствует о востребованности объяснительного концепта «организационная приверженность» (рис. 1).

В то же время данное исследование представляет собой скорее литературный обзор научных публикаций (метаобзор), нежели наукометрический анализ, что накладывает определенные ограничения на количественную оценку развития научной темы. Однако такой подход позволяет глубоко и критически осмыслить концептуальные основы организационной приверженности, обеспечивая теоретическую базу для последующих эмпирических исследований и практических рекомендаций в сфере здравоохранения.

Всего по тематическому запросу «organizational commitment of nurses» («организационная приверженность медицинских сестер») в базе данных «PubMed» идентифицировано свыше 3,8 тыс. статей<sup>2</sup>, обращенных к анализу заявленной проблематики.

Очевидно, что интерес исследователей к изучению содержания и специфики измерений организационной приверженности среднего медицинского персонала постоянно растет: если за период с 1967 по 1990 г. вышло

<sup>2</sup> Дата обращения — 27.03.2025 г.

175 публикаций указанной тематики (4,6% от общего числа), то с 1991 по 2000 г. — 567 (14,9%), с 2001 по 2010 г. — 899 (26,6%), а с 2011 по 2020 г. — уже 1439 (37,8%). Можно предположить, что выявленная динамика сохранится и в дальнейшем; во всяком случае за период с 2021 по март 2025 г. было опубликовано свыше 700 статей; при этом, к сожалению, совсем не представлены исследования российских авторов. Методы: проблемно-хронологический, сравнительный и критический анализ публикаций. Отбор литературы осуществлялся на основании критериев релевантности тематике исследования. Анализ проводился несколькими авторами, что минимизировало субъективность оценок.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Как содержательно, так и по качественным характеристикам (новизна результатов) статьи, посвященные анализу организационной приверженности такой специфической социально-профессиональной группы, как медицинские сестры, различаются, что позволило выделить 4 основных хронологических этапа в изучении темы в зарубежной историографии.

### ***1. Начальный этап формирования концепции применительно к изучению среднего медицинского персонала — конец 1960-х — начало 1990-х гг.***

Первые публикации, увидевшие свет в конце 1960-х — 1980-е гг., как правило, носили описательный характер; они касались в основном анализа «обязательств» средних медработников по отношению к своим организациям, коллегам и/или пациентам, «приверженности» этическим моделям поведения, а также роли ценностей профессии в оказании помощи больным людям [11–15].

При этом общей для авторов была убежденность, что социальная значимость профессии и внедренные стандарты оказания медицинской помощи *автоматически* порождают приверженность организации [16], выраженную в «*миссионерском рвении*» среднего медицинского персонала в выполнении своего предназначения [17], а личный и профессиональный рост всегда представлялись производным от приверженности организации [18]. К примеру, утверждалось, что медсестры должны «полностью осознавать, что их профессия подразумевает работу 24 часа в сутки, 7 дней в неделю, включая праздники» [19], так как главным ресурсом развития здравоохранения является «выполнение медсестрами своих обязательств» [20]. К. Zander (1988) [21] указывал, что в основе приверженности лежат ответственность медсестер за результаты ухода за пациентами, «неустанное выражение ухода», «готовность учиться и рисковать», «слушание, отзывчивость, чувство юмора и признание вклада каждого», а D. L. Patterson (1991) [22] — что «приверженность совершенству требует *пожизненной приверженности* сестринскому делу, исследованиям, обучению, личному балансу и благополучию». Нередко организационная приверженность рассматривалась исключительно в контексте взаимодействия медсестры и пациента, о чем красноречиво свидетельствовал К. Krause (1993) [23], утверждавший,

что «профессия не может развиваться без сильной приверженности задаче сестринского дела, эта приверженность и ее совершенствование являются важнейшей задачей. За приверженностью следуют ответственность, коллегиальность и коллективность как средства достижения общей цели».

Если же ничего из вышеперечисленного не наблюдалось, то «корень проблем» виделся в недостаточности либо отсутствии необходимой «биологической» или «медицинской» подготовки медсестер, а также в дихотомии, возникающей между «сестринским образованием и сестринским обслуживанием» [24], выраженной, например, в несогласованности сфер профессиональной подготовки и оказания медицинской помощи [25] и «необученности» ведению необходимой документации [26] и порождающей недовольство и конфликты молодых медсестер при устройстве на работу в больницы.

Иными словами, средний медперсонал рассматривался в первую очередь как объект воздействия со стороны менеджеров больниц, но при этом фактически был лишен права самостоятельного «голоса»; неслучайно в связи с этим впоследствии D. Ouellet и C. Elsner (1993) [27] отмечали, что для понимания природы приверженности необходимо сначала сформировать «профессиональный массив знаний в области сестринского дела и гарантировать, что текущая практика основана на достоверных результатах исследований», а M. C. Corley и H. O. Mauksch (1993) [28] указывали, что истинному пониманию приверженности мешает «переплетение» в образе медсестры «*множественности обязательств*» — организационных, рабочих, профессиональных, служебных, пациентских и кадровых, за которыми не видно самого предмета, а именно того, чего ожидают медсестры, и как они вообще со своими «обязательствами» справляются. Значительное влияние на ситуацию также оказывало «женское лицо» профессии: организационные структуры и системы, основанные на патриархатных началах, очень часто задерживали или напрямую противодействовали реализации карьерных устремлений медсестер [29].

Первым, кто обратил внимание на оборотную сторону медали, а именно на то, что сама медицинская организация *может и должна* сделать для удержания у себя среднего медперсонала, стал S. B. Webb Jr. (1975) [30], подчеркнувший важность разработки и внедрения «*системы объективных оценок программ охраны труда*», основанной на «профессионально приемлемых руководящих принципах и стандартах» и нацеленной не на получение больницами сиюминутной выгоды, а на поддержание здоровья сотрудников и их желания максимально долго работать в здравоохранении. В частности, исследователь подчеркивал, что такая система должна включать в себя 4 компонента: 1) руководящую философию и политику; 2) организационную структуру; 3) ресурсы; 4) службы охраны труда.

Наиболее эффективными средствами разработки таких «систем объективных оценок» исследователи называли:

1) внедрение принципов партисипативного управления<sup>3</sup> и фасилитирующего лидерства<sup>4</sup> в работу организаторов сестринского дела, способствующих развитию лидерских качеств среди персонала и повышающих его мотивацию и ответственность за счет расширения возможностей высказывать свое мнение и принимать участие в обсуждении ключевых вопросов [31, 32];

2) расширение возможностей «совместного управления» сестринским делом с привлечением клинического и управленческого персонала как механизма повышения приверженности организации, ответственности и профессионализма [33];

3) постоянный мониторинг качества сестринского ухода на уровне отдельных подразделений внутри каждой больницы с вовлечением в него всех медсестер [34].

К примеру, позднее Т. Porter-O'Grady (1991) [35] замечал, что «переход к совместному управлению влияет на то, как медсестры работают и относятся к организации. Использование стратегий коллективных переговоров, перемещение медсестры в сферы контроля над вопросами, которые учреждения когда-то считали выходящими за рамки ее роли или прав, и стратегии управления конфликтами должны будут измениться, чтобы облегчить перемещение медсестер в основной поток принятия решений. По мере того как учреждение переходит от иерархической структуры к многопрофильной и создается более отзывчивая рыночная организация, медсестрам придется играть более активную роль в маркетинге и управлении своей практикой», а С. Doherty и W. Nore (2000) [36] подчеркивали, что «совместное управление — это культурное изменение, которое будет развивать лидерские и управленческие навыки всех категорий персонала; это не быстрое решение для профессии, [так как] вовлечение всего персонала требует времени, настойчивости, решимости и сильной приверженности обучению и развитию».

Постепенно исследователи начинали также осознавать, что средний медперсонал следует рассматривать в качестве важного и особенного объекта научного изучения: так, на необходимость детального анализа и измерения качества «*трудовой жизни*» медсестер в связи с организационной и профессиональной приверженностью впервые обратила внимание Н. L. Smith (1981) [37], обнаружившая, что наиболее высокие показатели приверженности отмечаются у тех работников, которые сообщают об удовлетворенности трудом, а самые низкие — у тех, кто отмечает у себя высокий уровень «напряженности на работе».

Природа такой напряженности виделась, с одной стороны, в «*ролевой неопределенности*» — неуверенности средних медработников относительно ожиданий других субъектов (врачей, управленцев, пациентов и пр.), а с другой — в «*ролевых конфликтах*», возникающих на основе «несовместимых требований от различных отправителей ролей или от нескольких ролей, выполняемых одновре-

менно» [38]. При этом, как замечал М. Jamal (1984) [39], отсутствие приверженности, выраженное в трудовом абсентизме (прогулах, опозданиях и текучести кадров), проистекает из «оцениваемых факторов стресса на работе», включающих в себя «ролевую двусмысленность, ролевую перегрузку, ролевой конфликт и нехватку ресурсов», что неизбежно снижает производительность. Преодолению же «ролевой неопределенности» и повышению приверженности должно служить сочетание автономии (самоконтроля за трудовой деятельностью работника) и социальной интеграции (выстраивания отношений с коллегами) [40].

Помимо этого, также были обнаружены существенные отличия в организационной и профессиональной приверженности медицинских сестер, на что, в частности, одними из первых обратили внимание L. G. Kraemer и J. Rigolizzo-Gurenlian (1985) [41], отмечавшие, что сотрудник нередко *вынужден* выбирать между профессией и организацией, «поскольку их ценности конфликтуют»: профессионал рассматривается как отвечающий авторитету, основанному на экспертизе, а организация характеризуется авторитетом, основанным на иерархической, в первую очередь бюрократической, позиции. В связи с этим обращалось внимание на этические составляющие приверженности: Р. J. Christensen (1988) [42] замечал, что менеджеры здравоохранения *должны* нести «ответственность за создание этической рабочей среды», включающей в себя «этическую осведомленность, принципиальное обоснование, моральную приверженность профессии и друг другу, а также первоочередное внимание к человеческому благополучию со стратегиями его продвижения», — то есть за все то, без чего формирование приверженности невозможно.

Таким образом, авторы первых исследований, посвященных изучению организационной приверженности среднего медицинского персонала, обратили внимание на две связанные и зависимые друг от друга переменные: «*внешнюю*», обусловленную необходимостью переосмысления управления сестринским делом в организациях здравоохранения, и «*внутреннюю*», отмеченную попытками изучить и понять, *что* может служить стимулами для сотрудников в развитии их заинтересованности в длительной работе в медицинской организации. Неслучайно, суммируя опыт и достижения первых исследований, М. J. Moran и J. E. Johnson (1992) [43] отмечали, что формирование приверженности должно охватывать *все* уровни структуры организации, и штатная медсестра, наряду с другими специалистами, в том числе управленцами, играет *жизненно важную роль*, являясь «*лучшим человеком* для оценки состояния услуг здравоохранения и работы над улучшением процессов, посредством которых эти услуги предоставляются клиентам в условиях здравоохранения».

<sup>3</sup> Партисипативное управление — управление, направленное на раскрепощение творческой активности работников и обеспечивающее их вовлечение в управление организацией.

<sup>4</sup> Фасилитирующее лидерство — умение формального или неформального лидера организовать процесс командной работы с максимальным использованием потенциала сотрудников.

## 2. Классический этап моделирования концепции — 1990-е гг.

Качественно новый этап, в частности, характеризуемый стремлением исследователей понять и детально проанализировать *настроения среднего медперсонала* в ключе разработки и практического применения новых методик изучения вовлеченности в работу и удовлетворенности трудом, отмечается в 1990-е гг. Определяющими здесь стали своеобразные *«поиски смыслов»* — ответов на вопросы, главными из которых стали вопросы о том, что же *лежит в основе* и какие факторы *определяют* приверженность среднего медперсонала к длительной работе в медицинской организации?

При этом на первый план вышли призывы, с одной стороны, тщательнейшим образом изучить *«личный жизненный опыт»* средних медработников для того, чтобы наконец-то четко определить их *«роль в творческой и поддерживающей среде»*, а также особенности профессионального роста и развития [44], а с другой стороны, *«внедрить социологию»* в исследования в целях создания новой целостной модели сестринского дела, основанной на профессиональной и организационной приверженности, но при этом избавленной от «сомнительного эклектизма, маргинализации философских противоречий и маскировки сложных эпистемологических и онтологических конфликтов» [45].

В частности, одним из первых исследователей, обратившихся к изучению удовлетворенности работой среднего медперсонала на основе массовых опросов, стал М.А. Vlegen (1993) [46], выделивший 7 переменных, оказывающих наибольшее воздействие на формирование приверженности к длительной работе в медицинской организации, а именно: общение с руководителем, автономия, признание, рутинизация (стандартизация должностного функционала), общение с коллегами, справедливость и «локус контроля» — степень, в которой сотрудники верят, что они, в отличие от внешних сил (вне их влияния), контролируют исход событий в своей жизни. В свою очередь, S. Asogn et al. (1997) [47] отмечали, что, хотя удовлетворенность трудом является предиктором (предвестником/маркером) организационной приверженности, все же наиболее важной нужно считать *децентрализацию работы* с четким определением обязанностей, функций и прав медсестры, поскольку именно децентрализация «влияет на организационную приверженность как напрямую, так и косвенно, через профессиональную автономию и удовлетворенность работой». Целый ряд авторов [48–51] подчеркивал, что важнейшими факторами, обеспечивающими приверженность, удовлетворенность работой и качество принимаемых решений, являются сплоченность коллектива, открытое обсуждение возникающих трудностей в процессе как формального, так и неформального общения, а также поддержка со стороны менеджеров и всего персонала, в том числе и немедицинского.

Тем самым ставился вопрос о необходимости кардинальных организационных перемен в работе как медицинских организаций в целом, так и их руководителей/менедже-

ров, врачебной и медсестринской корпораций. Симптоматичным в связи с этим стало появление исследований, посвященных проблемам внедрения неформальных *«психологических контрактов»* между работодателями и сотрудниками, основанных на их ожиданиях друг от друга «с точки зрения работы и организационных обязательств», поддержании взаимного доверия и достижении взаимовыгодных соглашений «по всем вопросам, где это возможно»; к примеру, S. J. Cavanagh (1996) [52] подчеркивал, что «психологический контракт — это неявное соглашение между работодателем и сотрудником о том, что каждая сторона будет относиться к другой справедливо... Хотя такой контракт не является юридически обязывающим соглашением, он, тем не менее, является обязательным соглашением между людьми». Сходным образом рассуждал А. Е. Molzahn (1997) [53], полагавший, что важнейшим средством формирования приверженности является внедрение новой, *«заботливой»*, организационной культуры, важнейшими составляющими которой должны стать «ценности группы, качества заботливого лидера, стиль управления, процессы принятия решений, планирование изменений, принятие мер и размышление/оценка/ответственность».

При этом исследователи предлагали различные варианты формирования *«заботливой культуры»*. Так, I. Johansson et al. (1994) [54] подчеркивали определяющую значимость межличностных отношений и фасилитирующего лидерства руководителей медсестринских коллективов, а G. MacDonald (1995) [55] — необходимость внедрения «совместного управления», реализуемого на корпоративной основе и способного «повысить вовлеченность медсестер в работу, мотивацию, качество трудовой жизни, организационную приверженность, возможность влиять на уход за пациентами и профессиональную гордость». M. C. Narayan et al. (1996) [56], F. Annand (1997) [57] и M. Parker и S. Gadbois (2000) [58] ратовали за создание *«самостоятельных рабочих групп медсестер»* (*«сообществ на рабочем месте»*), разрабатывающих конкретные вопросы управления на уровне отдельных подразделений и основанных на принципах наставничества, общения, организационной приверженности, сотрудничества и совместного вклада в общее дело; С. К. Wilson (1998) [59] — за создание *«совместных команд»*, объединяющих менеджеров и специалистов сестринского дела и основанных на взаимозависимости, организационной власти, самоопределении, компетентности, приверженности и «подлинной заботе о качестве выполняемой работы»; М. А. McCrea (1998) [60] — за установление *«баланса сил»*, обеспечивающего приверженность всех заинтересованных сторон настоящему партнерству и совместное участие в принятии решений.

Отдельное внимание было уделено критическому анализу состояния межличностных и профессиональных взаимодействий на уровне медицинских организаций. Например, S. Makaram (1995) [61] называл фактором, существенно снижающим организационную приверженность, *«исторически»* конфликтные отношения медсестры и врача, поро-

ждающие дисбаланс в деятельности организаций и мешающие межпрофессиональному сотрудничеству, а D. Corrales et al. (2000) [62] в связи с этим подчеркивали, что зачастую взаимодействие врачей и медсестер строится на уровне взаимных обвинений, так как «врачи считают, что медсестры не хотят брать на себя совместную ответственность за рабочую нагрузку в медицинских центрах, а медсестры считают, что врачи не хотят делиться задачами, а скорее [их] делегируют или приказывают им». Подобная «обвинительная риторика» сохранится и в дальнейшем: например, L. Caricati et al. (2014) [63] отмечали, что «профессиональная приверженность врачей препятствует их готовности сотрудничать с медсестрами таким образом, чтобы признавать их автономии» и если медицинские сестры всегда готовы к такому сотрудничеству, то врачи, как правило, его необходимость начисто отрицают.

В свою очередь, А. М. Brewer и Р. Lok (1995) [64] подчеркивали, что в отсутствие доверия и организационной идентификации виноваты прежде всего сложившиеся неравноправные отношения между медсестрами и руководством больниц, так как последнее чаще всего прислушивается к мнению врачей, но не медсестер, а R. B. Dwoze et al. (2000) [65] упрекали управленцев в том, что те искусственно поддерживают «стеклянный потолок», не давая медсестрам продвигаться на управленческие должности и сознательно рассматривая их в роли работников «второго сорта».

В связи с вышесказанным авторы публикаций указывали на противоречия, сложившиеся внутри самой культуры медицинских организаций: с одной стороны, приверженность виделась как результат конструктивного сотрудничества всех заинтересованных сторон, ядром которого является пара «врач-медсестра» [66], а с другой — именно медсестры являются первыми, *кого не хотели бы видеть* в качестве равноправных партнеров, участвующих в обсуждении вопросов состояния и перспектив развития медицинских организаций, ни врачи, ни управленцы [67]. Неслучайно В. D. Gifford et al. (2002) [68] подчеркивали, что «бюрократическая культурная норма больниц с ее иерархическими структурами, правилами и положениями, а также сильным акцентом на измерении результатов и затрат, возможно, *не является* культурой, наиболее благоприятной для повышения удовлетворенности работой и приверженности медсестер».

Предметом изучения исследователей 1990-х гг. также стали факторы, мотивирующие средних медработников оставаться в организации на длительный срок: например, R. Bergler (1995) [69] замечал, что такая мотивация «в первую очередь носит личный характер», включая в себя «социальную приверженность, мотивацию к достижению и ответственность за решение разнообразных человеческих проблем»; демотивирующими факторами становятся пренебрежение пациентами, стресс, дезорганизация рабочего времени, засилье бюрократии и отсутствие личной ответственности.

Особое внимание уделялось эмоциональным (аффективным) составляющим организационной приверженности, присущим в целом профессиям, относящимся к типу «человек—человек». В частности, отмечалось, что состояние «*профессионального психического здоровья*» является определяющим фактором, стимулирующим рост производительности среднего медперсонала, повышение приверженности и удовлетворенности работой [70], а в основе его поддержания лежат способности анализировать причины и интенсивность стрессов, адекватно реагировать на стрессоры, а также нейтрализовать их ожидаемые негативные последствия [71]. Укреплению психического здоровья должно также содействовать развитие культуры толерантности, нацеленной на необходимость учета при планировании и внедрении стратегий управления и лидерства «*культурного многообразия*» [72], так как сама «пациентская среда» заставляет практикующих медсестер чаще задумываться о ценностях и приверженности профессии, находя себя в принятии «иных» пациентов, сочувствии и «демонстрации этноцентричности» [73].

В целом на важность анализа качеств «*среды ухода за пациентами*» указывал S. H. Pappas (1995) [74], отмечавший, что приверженность становится результатом как способностей медсестер «предоставлять качественную помощь пациентам и получать личное удовлетворение от работы по уходу», так и их «*выносливости*», включающей в себя 3 важнейшие характеристики: 1) веру в то, что люди могут контролировать или влиять на события в своей жизни; 2) способность чувствовать себя вовлеченными в профессию; 3) ожидание перемен как «захватывающего вызова для дальнейшего развития». Однако, как указывали пессимистически настроенные авторы [75], в условиях хронической нехватки персонала такое вряд ли возможно, и, учитывая тот факт, что удовлетворенность пациентов является ключом к пониманию удовлетворенности медсестер своей работой, без адекватного кадрового обеспечения сформировать их высокую организационную приверженность не получится.

При этом показательным оказывался тот факт, что обсуждение проблем организационной приверженности и алгоритмов ее формирования вызывало серьезную настороженность, а подчас — негодование со стороны приверженцев «старой» школы сестринского дела<sup>5</sup>. Например, V. M. Woodward (1997) [76] указывал на риски разрушения «*целостности целого*» — экспрессивных компонентов сестринской деятельности, основанных на альтруистических ценностях; M. B. Modic и M. Amour (1998) [77] призывали «вернуть» в сестринское дело приверженность *профессии*, а не организации; C. L. Farley (2003) [78] — заменить абстрактную и малопонятную приверженность «*обучением служению*», охватывающим широкий спектр всех видов практической деятельности и медицинской педагогики; J. Salvage (1998) [79] — прекратить смешивать «*альтруизм и прагматизм*», пытаясь прикрыть попытки

<sup>5</sup> Подобная ситуация сохранится и в дальнейшем — в более поздних публикациях.

«контролировать медсестринскую профессию» повышением приверженности организации. Наконец, М. Н. Нем и К. Heggen (2004) [80] указывали на то, что приверженность, основанная на организации повседневной работы в больничном отделении, четком разделении труда между медсестрами и врачами и прагматичном подходе медсестер к уходу за больными, вообще противоречит главной сестринской ценности — *состраданию*.

Организационной приверженности нередко противопоставлялась приверженность профессии: к примеру, В. Beagan и С. Ells (2009) [81] утверждали, что средние медработники в подавляющем своем большинстве выражают «приверженность ценностям помощи другим, заботе, ориентированности на пациента, защите его интересов, профессиональной честности, целостному уходу и обмену знаниями для расширения прав и возможностей пациентов», но, сталкиваясь с политикой внедрения организационных ценностей, они зачастую испытывают проблемы и разочарование, испытывая растущее давление профессиональных иерархий и властных структур.

И все же в целом организационная приверженность среднего медперсонала стала с 1990-х гг. рассматриваться как один из важнейших элементов, обеспечивающих «удовлетворение потребностей и предпочтений пациентов, особенно в областях эмоциональной поддержки, координации ухода, подготовки к выписке и вовлечения семьи и друзей», наряду с инвестициями в обучение и переподготовку персонала, перепроектированием систем оценки его работы, мероприятиями по повышению качества лечения и сестринского ухода, обеспечением «коммуникации между лицами, осуществляющими уход, пациентами и членами их семей» [82]. Неслучайно R. A. Westrope et al. (1995) [83] подчеркивали, что «качественный уход за пациентами лучше всего обеспечивают компетентные клинические сотрудники, которые *преданы своей работе, организационным ценностям и целям* и сохраняют занятость с течением времени», а R. Peterson (1999) [84] отмечала, что обеспечение качественного ухода за пациентами немислимо вне «собственного профессионального роста» среднего медперсонала, так как именно медсестры уполномочены быть «заботливыми целителями, учителями и защитниками интересов пациентов в постоянно меняющейся среде здравоохранения».

### **3. Прикладной этап «внедрения социологии» в сестринские исследования — рубеж 1990/2000-х — начало 2020-х гг.**

Новый содержательный поворот в исследованиях обнаруживается на рубеже 1990/2000-х гг., что можно связать с попытками комплексного анализа особенностей организационной приверженности среднего медперсонала. При этом основными задачами стали, с одной стороны, изучение путей преодоления противоречий между профессиональной и организационной приверженностью, проявляющих себя, в частности, в стремлении к идеалу индивидуализированной целостной помощи и реальностью среды с ограниченными ресурсами [85], а с другой стороны, детальный критический анализ специфики ком-

муникаций, *приверженности*, вовлеченности, достижения консенсуса и совместимости действий разных субъектов здравоохранения, обеспечивающих комплексный уход за пациентами и помощь их близкому окружению [86].

Одними из первых здесь стали P. J. Kalbfleisch и В. W. Bach (1998) [87], утверждавшие, что ожидаемые размеры адекватного вознаграждения способствуют росту организационной приверженности, удовлетворенности и вовлеченности в работу; при этом факторами, провоцирующими снижение приверженности, назывались сверхнапряжение на работе, отсутствие внимания со стороны окружающих, частая и необоснованная критика, а также редкость или несоразмерность затраченному труду вознаграждений. При этом целый ряд исследователей [88–91] отмечал, что для повышения приверженности необходимо внедрить программы удержания/сокращения текучести кадров, вознаграждения/признания и ротацию рабочего графика и обязанностей, так как основными причинами, по которым медсестры меняют работу, являются недовольство размерами зарплаты, объемом нематериальных льгот и графиком работы, а также «воспринимаемые» организационные стрессы, связанные как с уходом за пациентами, так с взаимодействием с начальством и коллегами, проявляющиеся в ухудшении здоровья сотрудников, вызывающие профессиональное выгорание и «моральное возмущение» и способствующие как уходу из организации, так и уходу из здравоохранения в целом.

Напротив же, когда руководители организаций и средний медперсонал находятся «в одной лодке» и понимают свою «*взаимозависимость*», тогда у сотрудников формируется позитивное организационное мышление, основанное на принципах партнерства, автономности и «*гордости за организацию*», а их вовлечение в совместную постановку целей, организованную вокруг «*наших проблем*», а не собственных забот руководителя, ведет к формированию длительной привязанности к организации [92]. При этом, по утверждению M. Simons (2004) [93], формирование высокой приверженности в принципе невозможно без ответной приверженности руководителей медорганизаций благополучию сотрудников, основанной на принципах «*заботливой и сострадательной культуры*»: «Так же, как мы заботимся о тех, кто находится в наших стенах, мы должны планировать и реализовывать программы, которые способствуют здоровью и благополучию нашего сообщества».

По мнению исследователей, на приверженность среднего медперсонала влияют не только воспринимаемый «имидж работы» и напряжение, с ней связанное, но и завышенные/необоснованные требования со стороны пациентов, их родственников, врачей и менеджеров [94], провоцирующие стрессы, выгорание, эмоциональное истощение, деперсонализацию и психосоматические проблемы со здоровьем, в конечном счете выливающиеся в выраженное стремление «*порвать с организацией*» [95, 96]. Для преодоления негативных последствий «эмоционального истощения» и в целях создания оптимальной «заботливой среды» предлагалось широко использовать

возможности социокультурной анимации — организации «зон спокойствия», проведения регулярных развлекательных мероприятий, назначения лиц, ответственных за противодействие издевательствам и непрофессиональному поведению, неформального признания заслуг и пр. [97].

При этом D. K. McNeese-Smith (2000) [98] одной из первых призвала рассматривать организационную приверженность *во временном диапазоне*, то есть в зависимости от стажа работы и возраста медсестры, отметив, что ее величина будет зависеть от того либо иного этапа карьерного роста и профессиональных изменений в сознании сотрудника, связанных с особенностями личностной идентификации с «рабочей средой» в организации. Исследователь выделила 3 этапа: вхождение в организацию («вступление в должность»), достижение мастерства («освоение должности») и отстранение от организации («выход из должности»), отметив, что чем дольше медсестра работает в организации *на одной должности*, тем больше она *отстраняется от нее*, и состояние приверженности в итоге сменяется состоянием «разъединения». Наибольшую же удовлетворенность работой, производительность и организационную приверженность демонстрируют *медсестры старшего возраста*, находящиеся на стадии «освоения должности» и имеющие перед собой четкие карьерные перспективы, что подчеркивает «настоятельную необходимость для медсестер и организаций совместно планировать карьеру» [99]. В противовес данным утверждениям M. Ruokolainen et al. (2014) [100] отмечали, что «возрастные» медсестры с большим стажем и опытом работы, будучи наиболее преданными своей организации, более всего уязвимы в неуверенности в своей работе в силу возрастания конфликтов между работой и семьей; молодые же медсестры, чувствующие тесную привязанность к своей организации, используют ее в качестве «защитного фактора» в преодолении неуверенности при выполнении своих должностных обязанностей.

Попытки обнаружить зависимость между приверженностью, возрастом и стажем работы породили в дальнейшем очень интересную дискуссию, связанную с изучением поколенческих различий разных отрядов среднего медперсонала. Так, к примеру, J. Hu et al. (2004) [101] утверждали, что разные поколения («молчаливое», бэби-бумеры, поколения X и Y) вообще «имеют совершенно *разные требования* к трудоустройству и *разные потребности* в ориентации, обучении, продвижении по службе, льготах, привилегиях и вариантах выхода на пенсию». Такие требования и потребности, по мнению исследователей [102–104], должны *наконец-то заставить* медицинские организации и их руководителей научиться «предвидеть межпоколенческие различия» с тем, чтобы «обеспечить благоприятную рабочую среду, признающую эти различия», выработать более дифференцированный «*индивидуальный стиль*», интуитивно учитывающий мнения разных поколений, а также понять, что «многообразие поколений на рабочем месте открывает более широкие возможности для практики, поскольку опыт и знания каждого поколения в сестринской среде создают атмосферу приня-

тия и гармонии, способствующую удержанию медсестер». Более того, D. K. McNeese-Smith и M. Crook (2003) [105] полагали, что если организаторы сестринского дела и менеджеры больниц *не будут* иметь четких представлений о специфике и разнообразии личных ценностей средних медработников в зависимости от их возраста, пола, стажа, этнической, религиозной и поколенческой принадлежности и о том, насколько эти ценности соответствуют или не соответствуют (а, может быть, противоречат) ценностям организации, то разговоры о формировании приверженности организации будут вообще лишены всякого смысла.

Авторы публикаций [106, 107] призывали руководителей медсестринских коллективов и больниц при формировании «*культуры учреждений*», поддерживающей традиции сестринского дела, стремиться к всеобъемлющему «*пониманию нужд и чаяний*» среднего медперсонала, возникающих в связи и по поводу работы, так как в противном случае кадровые потери будут необратимыми: сотрудники, испытывающие потерю идентичности и смысла в работе,отреагируют на все это «в форме ухода, изоляции, неудач в командной работе и высокой конфликтной среды». Примечательным в этой связи стало исследование «*неоднозначности ролей*», проведенное M. Kroposki et al. (1999) [108] и показавшее, что сотрудники, испытывающие сильные конфликты, демонстрируют значительно меньшую организационную приверженность и удовлетворенность работой.

Именно приверженность, доступные ресурсы и *поддерживающая* организационная среда представлялись важнейшими факторами, обеспечивающими включенность персонала в «*культурные нормы организации*», находящими свое наиболее яркое отражение как в улучшении качества оказания медицинской помощи [109], так и в нахождении «*точек соприкосновения*» с ожиданиями сотрудников, связанными с управлением и повышающими такие ценности, как доверие, уважение, приверженность, личные инвестиции и командная работа для достижения целей организации [110], а также в создании «*атмосферы воспринимаемой поддержки*» в виде неформальных «*социальных сетей*», объединяющих рядовых сотрудников и руководителей медсестринских коллективов [111].

При этом E. Manias et al. (2003) [112] подчеркивали необходимость создания «*эффективных сетей коммуникации*», основанных на заинтересованном обсуждении всеми сторонами таких вопросов, как «уведомление о наличии смен, распределение работы и признание медсестры как ценного члена команды здравоохранения» и др. В целом же позитивно воспринимаемая в сознании сотрудника «*рабочая среда*», обеспечивающая равный доступ к информации, поддержке, ресурсам и возможностям учиться и развиваться, активно влияет на отношение сотрудников к работе, производительность и организационную эффективность [113], а «*объединение в команды*» способствует росту приверженности и «взаимного желания» работать над общей миссией организации и ее видением [114]; при этом важным условием повышения эффективности

работы таких команд становится выявление и поддержка неформальных целеустремленных лидеров сестринских коллективов, искренне болеющих за процветание своей организации [115].

В условиях хронического недофинансирования здравоохранения и кадрового дефицита исследователи были убеждены, что формирование новой «культуры учреждений» перебросят «мостик» между «старой приверженностью» мастерству и альтруизму, основанной на защите интересов пациентов и правах человека, и «новой приверженностью», соединенной с ценностями свободы выбора профессии и образа жизни, личной ответственности, понимания вероятных результатов деятельности и «пределов успеха», основанных на справедливом перераспределении ресурсов [116]. Ведущая роль здесь отдавалась всемерному расширению прав и возможностей медсестер, важнейшими элементами которых становились удовлетворенность работой и организационная приверженность [117]; при этом медсестры с большей вероятностью будут удовлетворены и преданы своей профессии, если «они чувствуют, что их мнение услышано и что их рабочая среда способствует профессиональному росту» [118].

Как утверждали J. Motwani et al. (1999) [119], ключевыми компонентами успешности внедрения «культуры учреждений» могут стать: 1) организационная структура и приверженность выявлению и улучшению процессов ее функционирования; 2) использование статистических и аналитических инструментов на основе данных опросов персонала; 3) наделение сотрудников полномочиями брать на себя ответственность за выполнение своих рабочих задач таким образом, чтобы поощрять их непрерывное обучение; 4) вовлечение «внутренних и внешних клиентов» в процессы организационных улучшений; 5) разработка практических мер для мониторинга эффективности внедряемых улучшений. Наконец, кроме всего вышеперечисленного, по мнению В. Hannigan и Р. Burnard (2000) [120], медсестры должны обладать «политической осведомленностью», необходимой как для понимания сущности структурных и идеологических факторов, лежащих в основе политики в области здравоохранения, так и для продуцирования собственных политических инициатив.

Следует заметить, что только в 2000–2010-е гг. исследователи, наконец, обратили внимание на возможности применения модели Дж. Мейера и Н. Аллен для изучения различных типов организационной приверженности, формируемых у среднего медицинского персонала: аффективного, инерционного и нормативного, косвенно доказав, что само по себе «внедрение социологии» в контекст «сестринских исследований» оказалось не такой уж простой задачей. При этом, по образному выражению R. M. Caine и Н. Lowenstein (2000) [121], для того чтобы медицинским организациям выжить и процветать «в блуждающих полях напряженных ожиданий, путешествующих по неясным тропам, манипулирующих волшебными технологиями и сталкивающимися с новыми врагами», нужно иметь «мозги, сердце и мужество», а именно приверженность, командную работу и вовлеченность среднего медперсонала.

Пионерами здесь стали S. L. Wagner и M. C. Rush (2000) [122], указавшие на то, что приверженность, удовлетворенность работой и доверие руководству проще и быстрее сформировать у молодых сотрудников, получивших соответствующую поддержку в медицинской организации, и тем самым косвенно подметив, что у медсестер старших возрастов в большей степени превалирует не аффективная, а нормативная приверженность. T. Murgells et al. (2008) [123], в свою очередь, подмечали, что молодые медработники в целом в большей мере подвержены воздействиям, направленным на формирование аффективной приверженности, будучи заинтересованными в содержании работы, направленной на оказание помощи, и благоприятном климате в своем отделении, даже при недостаточности материального вознаграждения.

Н. К. Laschinger et al. (2000, 2001) [124, 125] предполагали, что более высоким уровнем организационного доверия и аффективной приверженности обладают медсестры, наделенные властными полномочиями; тем самым создание благоприятной среды, усиливающей восприятие расширения прав и возможностей для средних медработников, оказывает положительное влияние на членов организации, повышая ее эффективность, так как «медсестры с более высоким уровнем профессиональной нагрузки значительно более самостоятельны, более преданы организации и более удовлетворены своей работой». Неслучайно, по утверждению L. Kuokkanen и J. Katajisto (2003) [126], при формировании приверженности ведущая роль, наряду с удовлетворенностью работой и ясными возможностями дальнейшего обучения, принадлежит субъективному осознанию работником своей карьеры в конкретной медицинской организации.

Однако приверженность оставаться в организации будет исключительно инерционной при отсутствии других возможностей трудоустройства; в частности, на негативное воздействие «отсутствия обучения, признания и справедливости, неадекватных денежных льгот, плохих отношений с коллегами, этапа завершения карьеры и отсутствия гарантий занятости» обращал внимание D. K. McNeese-Smith (2001) [127]. С другой стороны, медицинские организации, стремящиеся сохранить кадры любой ценой и для этого предлагающие работникам относительно высокие зарплаты и нематериальные льготы, но ничего не делающие для укрепления организационного доверия работников и формирования соответствующей «культуры организации», заведомо рискуют, так как «покупка рабочей силы» порождает цинизм и прагматизм среднего медперсонала по отношению как к выполнению своих обязанностей, так и взаимодействию внутри коллектива [128]. Неслучайно С. Р. Hsu et al. (2015) [129] подтверждали, что, хотя вознаграждения и играют важную роль в повышении удовлетворенности работой, их значимость существенно ниже, чем развитие доверия и взаимной поддержки как в коллективе, так и во взаимоотношениях руководителей и их подчиненных.

Впоследствии подобных исследований, основанных на анализе данных социологических опросов среднего

медицинского персонала, а также кадровой статистики, и связанных с выявлением положительных либо отрицательных корреляций между организационной приверженностью, удовлетворенностью трудом, вовлеченностью в работу, воспринимаемой доступностью профессионального переобучения, размерами вознаграждения и социальных льгот и текучестью кадров, между намерением покинуть организацию и намерением покинуть профессию, между состоянием воспринимаемого благополучия и проблемами со здоровьем и пр., становится очень много (см., напр., [130–142] и мн. др.). Более того, выводы исследователей нередко оказывались несовместимыми друг с другом, что было связано как с различиями и особенностями изучаемого контингента, так и с разными методологическими подходами к его изучению. Неслучайно нередкими в подобных публикациях оказывались утверждения о том, что для дальнейшего уточнения данных необходимы дополнительные исследования, что «результаты имеют ограниченную обобщаемость... и будущие исследования могут быть направлены на другие объективные измерения производительности» [143].

Некоторые авторы стремились максимально расширить зону исследовательского поиска, пытаясь учесть и измерить наибольшее число факторов, влияющих на приверженность организации и текучесть кадров. К примеру, S. S. Han et al. (2009) [144] выделили 12 таких факторов, в том числе самоэффективность, эффективность работы медсестры, удовлетворенность работой, приверженность организации, стресс, выгорание, организационную культуру сестринского дела, продолжительность обучения в колледже и на рабочем месте, количество больничных коек, стаж работы в здравоохранении и продолжительность работы на текущем рабочем месте; S. A. Vagharseyedin (2016) [145] на основе комплексного обзора литературы выделил 63 фактора, определяющих организационную приверженность медсестер, разделив их на 4 большие группы: 1) личные характеристики и черты характера медсестер; 2) стиль и поведение руководства и управления; 3) восприятие организационного контекста; 4) характеристики работы и рабочей среды. Без сомнения, в связи с этим попытки сопоставления и нахождения логических связей между множеством факторов, а также противоречий, лежащих в основе их взаимодействий и взаимовлияний, нередко оказывались непосильной задачей для исследователей.

В то же время многие авторы подчеркивали, что, анализируя организационную приверженность среднего медицинского персонала, следует в первую очередь учитывать сам объект изучения, так как *медсестринская деятельность обладает значимой спецификой*, отличающей ее от иных видов профессиональной деятельности, и, стало быть, невозможно механически перенести традиционное понимание приверженности на средний медперсонал без его досконального и критического изучения в связи с особенностями данной социально-профессиональной группы. При этом в вопросах того, что же в первую очередь формирует у среднего медперсонала приверженность

организации, исследователи, хотя и замечали, что «проактивная политика удержания, ориентированная на потребности медсестер, демонстрирует приверженность и заинтересованность в сохранении их на рабочих должностях и в профессии» [146], высказывали самые разные, подчас малосовместимые, предположения.

Например, A. Sjöberg и M. Sverke (2000) [147] замечали, что «намерение текучести кадров опосредует *аддитивные и мультипликативные эффекты* вовлеченности в работу и организационной приверженности на фактическую текучесть кадров»; иными словами, при анализе показателей вовлеченности и приверженности следует учитывать наличие *«промежуточных связей»*, имеющих отношение не только к организации, но и к медсестринской корпорации в целом, профессии и/или пациентам, а также к уникальным характеристикам *«эмоционального труда»*. Неслучайно M. T. Mgrayan (2008) [148] сообщал, что медсестры нередко оставались на работе в своей организации, даже когда «эта работа не соответствовала их ожиданиям», а, по мнению S. R. Liou (2009) [149], при прогнозировании намерений медсестер уйти из организации *необходимо сочетать* приверженность, опыт работы, характеристики и условия труда в контексте комплексного анализа личных качеств сотрудников.

Ряд авторов полагал, что следует сосредоточиться на анализе влияния на организационную приверженность таких факторов, как организационная справедливость, организационное доверие и организационная идентификация: например, S. Y. Chen et al. (2015) [150] замечали, что организационная справедливость, позитивно воспринимаемая медсестрами, влияет на их организационные доверие и идентификацию, а последние в конечном счете формируют организационную приверженность. Особую роль играет восприятие получаемой организационной справедливости на неформальном уровне: к примеру, H. Sveinsdóttir et al. (2016) [151] указывали, что медсестры, «часто» получавшие словесную похвалу руководства, показывали большую удовлетворенность работой, описывали более позитивный рабочий климат и были более преданы организации, гордясь тем, что они в ней работают. При этом важнейшим требованием к руководителям называлось «сдерживание обещаний»: «Менеджеры должны быть осторожны, давая только те обещания, которые они могут выполнить, и особенно избегать разрыва психологического контракта», так как невыполненные обещания могут разом «свести на нет» многолетние усилия по формированию приверженности персонала [152].

С другой стороны, исследователи утверждали, что наиболее точными и адекватными в оценках могут быть *только пациенты и их близкие*: если медсестра оказывает помощь, ориентированную на пациента и связанную с его потребностями, заботится о его чаяниях и тревогах, то она тем самым демонстрирует свою вовлеченность в работу и *приверженность организации*; «безличный» и «рутинный» уход, лишенный учета индивидуальности больного человека, наглядно представляет собой обратную картину [153]. По утверждению E. Endo et al. (2005) [154], вступая

«в заботливые отношения распознавания образов пациентов», медсестры ощущают неизбежные трансформации, преобразующие их сознание и глубоко проникающие во всю сферу сестринской практики; иными словами, медицинская сестра, пронизанная идеями сострадания и преданности профессии, контактируя с больными людьми и их близкими, начинает ощущать неразрывную связь со своей медицинской организацией. Тем самым организационная приверженность автоматически порождается приверженностью профессии, и в большинстве случаев медицинским организациям следует исходить из принципа «*один размер подходит всем*», направляющего медсестер на прогресс в режиме «синхронизированного шага» в приобретении навыков и знаний в рамках своей специальности [155, 156].

И все же целый ряд исследователей критически относился к самому понятию «организационная приверженность»: например, S. De Gieter et al. (2011) [157] вообще отрицали ее роль при принятии работником решения покинуть организацию, так как куда большую роль играют различные аспекты удовлетворенности/неудовлетворенности работой, а M. Cleary и J. Horsfall (2014) [158] полагали, что *воспитание приверженности* за счет включения медсестер «в иерархическую бюрократическую организацию» способно привести к тому, что те, у кого были «самые заветные позитивные ценности ухода за пациентами, у кого [была] более сильная приверженность моральным убеждениям относительно общественного блага и четко развито понимание параметров целостности, уйдут и, возможно, оставят профессию».

Как и в более ранних исследованиях, большое внимание уделялось «эмоциональным составляющим» труда среднего медперсонала и их влиянию на приверженность организации, однако *качественно новыми* здесь стали попытки анализа особенностей взаимопроникновения и взаимовлияния, с одной стороны, «эмоционального истощения», «стресса и стрессоров», «профессионального выгорания», «деперсонализации» и пр., а с другой — организационных обязательств, социальной поддержки, способностей к совладанию с трудностями, самоэффективности и т. д.

Так, T. Huynh et al. (2008) [159] отмечали, что «эмоциональный труд» — это процесс, в ходе которого медсестры принимают «рабочую персону» для выражения своих автономных, поверхностных или глубоких эмоций во время встреч с пациентами, включающий в себя 3 важнейших элемента: 1) «организацию» — социальные нормы и социальную поддержку; 2) «медсестру» — идентификацию роли, профессиональную приверженность, опыт работы и межличностные навыки; 3) «работу» — автономию, степень эмоциональной потребности, частоту взаимодействия и сложность профессионального труда. В этой связи если сотрудники «чувствуют себя бессильными», не имея никакого влияния на свою работу, и/или «чувствуют себя бессмысленными», понимая, что их работа не стоит затрачиваемых усилий, то обесценивается не только смысл работы, но «растворяется в воздухе» приверженность организации [160].

При этом P. S. Pendry (2007) [161] сообщала, что нередко медсестры испытывают выраженный «моральный дистресс» — физические или эмоциональные страдания, когда, «имея больше ответственности, чем полномочий, но не имея автономии, чтобы делать то, что, по их мнению, должно быть сделано», они в большинстве случаев уходят и из организации, и из профессии. Интересны в этом отношении данные исследований A. Yildirim и D. Yildirim (2007) [162] и D. Yildirim (2009) [163], изучавших проявления «моббинга» на рабочем месте, включающем в себя эмоциональное давление, запугивание, унижение и «психотеррор» и определяемый как «систематическое, направленное, неэтичное общение и антагонистическое поведение со стороны одного или нескольких лиц»; «*травля на рабочем месте*» («буллинг») в подавляющем большинстве случаев приводила к депрессии, снижению мотивации, способностей концентрироваться на работе, низкой производительности и плохим отношениям с пациентами, руководителями и коллегами.

Неслучайно в связи с этим L. Olender-Russo (2009) [164] полагал, что «нездоровые отношения между коллегами», выходящие за рамки случайной невежливости и на самом деле направленные на «причинение вреда», являются главными причинами деградации медицинских организаций, приводящими к тому, что «медсестры покидают пункты оказания помощи», а R. Schalk (2011) [165] утверждал, что косвенным подтверждением кризиса приверженности работников своим организациям служит резкий рост числа жалоб на здоровье и невыходов на работу по болезни.

Именно поэтому, по мнению исследователей [166, 167], высокий уровень организационной приверженности, проявляющий себя в целенаправленно сформированной профессиональной и личной самоэффективности работника, наличии индивидуальных моделей преодоления трудностей и способностях к самоконтролю, приводит к меньшему выгоранию и значимо меньшей подверженности стрессам, а важнейшую роль в ее укреплении играет «чувство согласованности» жизни самих медсестер как «глобальная ориентация на то, чтобы рассматривать жизнь как структурированную, управляемую и значимую, а также иметь возможность справляться со стрессовыми ситуациями» [168].

Немалую роль в удержании персонала и поддержании высокой приверженности организации играет «воспринимаемая поддержка» со стороны руководства [169], находящая свое отражение в мероприятиях, направленных на преодоление «ролевого стресса».

К примеру, W. H. Ho et al. (2009) [170] и S. Y. Chen et al. (2015) [171] полагали, что при выявлении такого стресса, спровоцированного рутинностью трудовых операций и инерционностью труда, необходимо применять политику «ротации работы», например переводя сотрудников из одного отделения в другое, вовлекая их в смену профессиональных занятий, предлагая аналогичные должности в других подразделениях больницы и т. д.; подобная ротация, по мнению авторов, *успокаивающе* воздействует на психику работников, косвенно влияя на удовлетво-

ренность работой и оказывая положительное воздействие на приверженность организации, что, в свою очередь, «ограничивает порочный круг высокой текучести кадров и низкого морального духа в организациях, приводящих к растрате ценных человеческих ресурсов». В свою очередь, D. E. Allen et al. (2009) [172] считали, что для профилактики возникновения стрессовых ситуаций на работе и намерений сотрудников уйти из организации необходимы постоянные (ежедневные или еженедельные) неформальные собрания руководителей и коллектива, организуемые в одно и то же время для свободного обсуждения «*рассказов*» сотрудников о беспокоящих их проблемах как на работе, так и в личной/семейной жизни в поддерживающей и лишенной какой-либо критики и обвинений «*обстановке заботы*». Такие нарративы, по предположению авторов, будут способствовать преодолению возможной изоляции членов коллектива и созданию духа профессионального сотрудничества, укрепляющего приверженность организации на основе как заботы о своих пациентах, так и заботы о работающем персонале.

Примечательной чертой исследований 2000–2010-х гг. также стало подозрительное, а подчас — негативное отношение к такому понятию, как «*лояльность организации*», в ключе его противопоставления организационной приверженности и удовлетворенности работой.

M. McAllister и L. Stockhausen (2001) [173] замечали, что если приверженность подразумевает «*поощрение участия*» медсестер в деятельности организации, направленное на своевременное выявление и проблематизацию тех аспектов, которые способны принести ей вред, то лояльность, нередко пропагандируемая и поддерживаемая менеджерами здравоохранения, напротив, *ведет к росту ограничений*, сдерживанию критики и расцвету конформистских настроений в медсестринских коллективах. К тому же приоритетность влияния врачей на политику больниц ведет к «ощущаемой конкуренции, борьбе за лидерство и путанице в отношении ролей, препятствующей сотрудничеству между практикующими медсестрами и врачами» [174], а высокая степень лояльности руководству провоцирует феномен «*группового молчания*», когда медсестры из опасений испортить хорошие отношения с руководством предпочитают не сообщать о случаях нарушений, в том числе в части применения небезопасных практик в уходе за пациентами [175].

При этом исследователи подчеркивали, что само наличие доверия к руководителям со стороны персонала вовсе не подразумевает высокой приверженности организации и поддержанию намерений в ней оставаться [176] и, более того, чрезмерная преданность руководству мало влияет на снижение негатива — «*уровня цинизма*» — по отношению к медицинской организации и «убеждениям относительно ее целостности» [177], но при этом способна спровоцировать более высокие уровни тревожности и депрессии [178, 179], а также усиление организационного надзора и контроля качества работы медсестер, что неизбежно вызовет у них разочарование, беспокойство, стрессы, психологические расстройства, семейные

проблемы, меньшую организационную приверженность и большее намерение из нее уйти [180]. Неслучайно J. A. Cugin et al. (2016) [181] подмечали, что, когда больницы вводили множество формальных правил, контролируемых установленные процедуры и алгоритмы их выполнения работниками, это приводило к снижению мотивации и негативному отношению к работе, подрывало моральный дух и вызывало разочарование среди медицинских работников.

В связи с этим M. A. Bastos (2001) [182] подчеркивал, что «процесс социализации медсестер», выдержанный в духе лояльности организации, *в любом случае* будет «пронизан чувствами неуверенности, тревоги, дистресса, некомпетентности и страха», ведущими к разрыву профессиональной карьеры, а J. Rapps et al. (2001) [183] утверждали, что всякая медицинская организация, заинтересованная в укреплении своего кадрового потенциала, должна избавиться от попыток внедрения лояльности и помочь своим сотрудникам стать «самоопределяющимися, независимыми мыслителями», вбирающими в себя необходимые знания, навыки и склонности к критическому мышлению, опыт работы, на основе которых и сформируется организационная приверженность. При этом, по мнению C. Robinson-Walker (2002) [184], для получения устойчивых и высококачественных результатов по формированию организационной приверженности, повышения личной и профессиональной удовлетворенности работой необходимо внедрение не духа лояльности, а *коучинга* — целенаправленного раскрытия потенциала каждого работника для достижения его жизненных или профессиональных целей с позиций успеха организации.

Еще одной новой особенностью исследований 2000–2010-х гг. стало заметное расширение их географии: если раньше в подавляющем большинстве случаев изучения организационной приверженности речь шла об опыте европейских или североамериканских больниц (сюда же можно отнести австралийские и новозеландские больницы), то теперь возросло число публикаций, основанных на материалах деятельности азиатских (Китай, Южная Корея, Индия, Саудовская Аравия, Филиппины, Таиланд, Иран, Тайвань, Иордания, Бангладеш), латиноамериканских (Бразилия, Аргентина), а также африканских (Нигерия, Малави, ЮАР, Гана, Эфиопия) медицинских организаций.

Неизбежными следствиями «*расширения географии*» стало обсуждение вопросов применимости «*западного опыта*» в условиях других этнокультурных общностей и изучение *иных* особенностей организационной приверженности в разных уголках планеты — то есть там, где «социальный контекст рынка труда принципиально иной» [185], где ярко представлены различия между коллективистскими и индивидуалистическими культурными взглядами [186], и, наконец, где ситуация зачастую отличается своей политической нестабильностью [187]. Неслучайно S. R. Liou et al. (2013) [188] отмечали, что при анализе приверженности в странах за пределами «золотого миллиарда» следует «использовать культурно обоснованные

инструменты, учитывающие культурный контекст, включающий в себя языки и ценности».

Например, характерной чертой исследований китайских авторов (как из КНР, так и из Китайской республики на Тайване) стало обращение внимания на влияние семейных и личностных связей и ценностей на приверженность медсестер. Так, K.Y. Lu et al. (2001) [189] утверждали, что, наряду с уровнем образования и занимаемой должностью, а также статусом больницы, на приверженность активно воздействуют такие факторы, как поддержка семьи, семейное положение и наличие в семье маленьких детей, в частности, заставляющее медсестер-матерей проявлять больше заботы о своих пациентах; F.J. Shih et al. (2002) [190] отмечали, что на укрепление приверженности медицинской организации и в целом профессии влияют: 1) «осознание бренности жизни и желание прожить более значимую жизнь», ценностно связанные с уходом за больными людьми; 2) «забота о близких и любовь к Родине»; 3) «четкое представление об уходе и лучшее понимание ценности сестринского дела и собственной самооценки»; 4) «глубокое понимание человеческой боли»; и др.

Южнокорейские исследователи W.Y. Park и S.H. Yoon (2009) [191] указывали на то, что ведущую роль в формировании приверженности в «азиатском» духе, росте удовлетворенности работой и отсутствии намерений уйти из организации играют особые представления о справедливости: «процедурной» (связывающей медсестру и ее пациента), «распределительной» (формирующей безусловную преданность руководителям больницы) и «справедливости взаимодействия» (сплачивающей медсестринский коллектив в единое целое).

Индийские исследователи W.L. Cheah et al. (2012) [192] акцентировали внимание на том, что в основе организационной приверженности вообще лежит «общее восприятие управления системой охраны труда» медсестер, предлагая каждой больнице назначить лидеров, обладающих соответствующими навыками руководства и надзора и приверженных обучению персонала.

Иранские исследователи R. Memarian et al. (2008) [193] указывали на то, что главную роль в формировании организационной приверженности играет руководитель больницы как ее «духовный лидер», являющийся образцом нравственного поведения и «духовным наставником для медсестер», наделяющий их соответствующей «духовной силой» и дающий видение четких и ясных целей сестринского дела. A. Ravaei et al. (2013) [194] подчеркивали, что приверженность базируется на «духовном удовольствии и удовлетворении» медработников, считающих сестринское дело «божественной профессией и инструментом», основанным на ценностях «внутренней гармонии», «традиционной приверженности» и «духовного единства». A.N. Nasrabadi et al. (2016) [195] видели в основе организационной приверженности альтруизм, включающий в себя защиту интересов пациента, духовную удовлетворенность работой и профессиональную приверженность; при этом «удовлетворенность работой, возникающая в результате альтруизма, воспринимается

как приятное чувство вместе с удовольствием, возникающим в результате удовлетворения потребностей пациента, который с нетерпением ждет защиты со стороны медсестры».

Бразильские исследователи M.A. Trevizan et al. (2008) [196] при изучении вопросов организационной приверженности среднего медперсонала выводили на первый план проблемы переосмысления поведенческой приверженности, основанной на рисках, неопределенности, духовной и этической вовлеченности, честности и связанной с различными «измерениями Бытия»; в целом же, по мнению авторов, стимулирование критического осмысления медсестрами проблем гуманности человеческого капитала организаций должно стать неотъемлемой ценностью в процессах управления сестринским делом.

Не следует при этом думать, что «западным» авторам присуща исключительно прагматичность и некая «бездуховность» в их рассуждениях по проблемам организационной приверженности: например, B. Pesut et al. (2009) [197] отмечали, что «духовность» занимает особое место в профессиональной жизни медсестры, подтверждая 3 незыблемые истины: 1) «Все люди духовны»; 2) «Человеческую духовность можно оценить и измерить»; 3) «Духовность является надлежащей областью заботы и вмешательства медсестры». С другой стороны, духовность может оказаться «разменной монетой» для противопоставления людей разных культур и взглядов, свидетельством чему может служить очень спорное исследование I. Kagan et al. (2017) [198], в рамках которого авторы безапелляционно заявляли, что «патриотизм имеет религиозные и культурные измерения. Культурные различия объясняют разницу в организационной приверженности между медсестрами, родившимися в Израиле, и иммигрантами».

Африканские исследователи, в свою очередь, подчеркивали, что в странах с громадным количеством разных языков и межплеменными контрастами приверженность среднего медперсонала зависит в первую очередь от его способности к коммуникации с представителями разных культур [199], а попытки «тонко настроить» систему организационных обязательств на «западный манер» требуют большей гибкости «в соответствии с национальными (здравоохранительными) целями» [200]. Кроме этого, средним медработникам, как и врачам, приходится не только заниматься решением своих непосредственных задач, связанных с организацией ухода за больными людьми, но в целом выступать «защитниками в области прав человека» [201], нередко при этом рискуя своей жизнью и здоровьем.

Впрочем, вопросы приверженности мало волнуют африканских исследователей, так как «головной болью» большинства их стран (особенно к югу от Сахары) оказывалась либо глобальная нехватка кадров, для преодоления которой не существует «волшебного решения» [202], либо катастрофически низкая заработная плата и отсутствие на местах «наборов внутренних правил и руководства с хорошими управленческими качествами» [203]. В этой связи авторы публикаций подчеркивали, что в большей

степени актуальна не приверженность африканских медсестер организации, а, учитывая масштабы «утечки мозгов» в более развитые страны, их приверженность *работе в своей стране* в целом [204].

Надо заметить, что во второй половине 2010-х гг. тема организационной приверженности казалась в достаточной степени исчерпанной; статей, посвященных данной проблематике, стало заметно меньше, а публикации исследователей в основном вращались вокруг «триады» взаимодействий организационной приверженности (в первую очередь аффективной), «межличностной» справедливости (или профессионального призвания) и намерения текучести кадров.

4. *Интегративный, междисциплинарный этап — с начала 2020-х гг.*

Новый поворот в исследовательских поисках наблюдался на рубеже 2010/2020-х гг. и отразил те глобальные перемены в мировом здравоохранении и организации сестринской деятельности, которые произошли под влиянием пандемии новой коронавирусной инфекции (НКВИ, COVID-19), когда «медицинские работники продемонстрировали сильный коллективистский дух и чувство солидарности, что помогло им справиться с дополнительным стрессом и рабочей нагрузкой» [205].

В частности, обсуждение проблем организационной приверженности стало в большей мере фокусироваться на вопросах сохранения кадрового потенциала в целом в условиях как вынужденного (по причине сокращения штатов), так и добровольного ухода среднего медицинского персонала не только из организаций, но и из профессии. Описывая ситуацию, Н. J. Langster и S. Cutrer (2021) [206] эмоционально восклицали: «Деморализация выживших и потеря доверия к организации являются основными результатами... Эти глубокие эмоциональные реакции на нарушение психологического контракта приводят к снижению организационного гражданского поведения, организационной приверженности, производительности и желания сотрудников работать».

Более того, в новых условиях, по мнению исследователей, на первый план вышли проблемы нейтрализации психосоциальных рисков, влияющих на психофизиологическое здоровье работников из-за воздействия длительного стресса, порождающего синдром выгорания и влекущего за собой отток специалистов [207], когда и приверженность профессии, и приверженность организации зависит от воспринимаемого «чувства безопасности» на работе, связанного не только и не столько с усталостью, сколько с присутствием угроз как здоровью, так и жизни медсестер [208]. Неслучайно J. Jun et al. (2021) [209] подчеркивали, что проблема эмоционального и профессионального выгорания обрела теперь *не индивидуальный, а коллективный характер*, затрагивая в комплексе весь спектр пребывания медсестры в больнице, а именно безопасность и удовлетворенность пациентов, качество ухода, организационную приверженность и производительность, а A. D. G. Atalla et al. (2025) [210] отмечали, что налицо кризис организационной приверженности, проявляющий себя, в частности,

в «*болезненном презентеизме*» — ситуации, когда работник проводит на рабочем месте больше времени, чем это необходимо, но в силу плохого самочувствия работает менее эффективно.

Именно поэтому, по мнению M. Rodríguez-Fernández et al. (2021) [211], возникла потребность в разработке новых моделей организационной приверженности, направленных как на повышение производительности труда, так и на обеспечение «*качества здоровья*», с формированием соответствующей политики управления медицинскими организациями, ориентированной на поиск приверженности и удовлетворенности работой, так как «важно разрабатывать инновационные практики, связанные с четким дизайном работы и устраняющие причины неопределенности и стресса». Для разработки и внедрения таких практик необходимо «создать позитивный климат, предоставив медсестрам возможности для повышения их компетентности, связанности и автономии посредством активного участия» [212].

Важную роль неформальных лидеров, заботящихся как о профессиональном росте и адаптации молодых сотрудников, так и об укреплении кадрового потенциала медицинских организаций в новых условиях, по мнению ряда исследователей, должны играть, с одной стороны, наставники («наставнические отношения способствуют карьерному оптимизму подопечных, *усиливая* их организационную приверженность. Больницы должны предоставлять медсестрам пространство для проявления их способностей, расширять возможности для улучшения их способности к командному сотрудничеству, четко определять объем работы и права медсестер и предоставлять медсестрам право принимать решения» [213]), с другой — профессиональные сестринские организации, способствующие продвижению этики и ценностей профессии, «содействующие внедрению организационных инноваций, отстаивающие права медсестер, социальную справедливость и доверие общества» [214].

Не менее важным также является то, на рубеже 2010/2020-х гг. исследователи обратились к анализу проблем, вызванных трансформационными изменениями в системе оказания медицинской помощи и в работе организаций здравоохранения и связанных, с одной стороны, с процессами цифровизации и расширением применения искусственного интеллекта (например, через призму модели ChatGPT), а с другой — с ростом мультикультурности самих медсестринских коллективов.

К примеру, I. Gibson et al. (2024) [215] отмечали, что понимание факторов, влияющих на внедрение цифровых инструментов в клиническую практику, само по себе представляет очень важную и перспективную область научных исследований, ориентированных на комплексное понимание проблем взаимодействия и взаимовлияния как внутренней среды медицинской организации — приверженности и мотивации работников, поддержки руководства, рабочей нагрузки, воспринимаемого соответствия своей рабочей роли, особенностей организационной культуры и командной работы, так и ее внешней

среды — технических и кадровых возможностей, цифровых платформ, инструментов самоконтроля пациентов, цифровой инфраструктуры и пр.

По поводу последствий цифровизации в ключе ее влияния на формирование и поддержание организационной приверженности среднего медперсонала мнения исследователей расходятся.

С одной стороны, D. Sommer et al. (2024) [216] указывают на то, что цифровизация за счет сокращения документации и увеличения времени для обслуживания пациента способна позитивно воздействовать на рост удовлетворенности условиями труда и повышение возможностей карьерного роста, что сможет «привязать» медсестер к своей организации и препятствовать желанию ее покинуть; D. Adam et al. (2023) [217] отмечают, что использование цифровых приложений, включающих в себя адаптированные программы снижения стресса на основе осознанности в сочетании с аспектами поведенческой терапии, когнитивно-поведенческой терапии или терапии принятия и приверженности, в перспективе могут быть внедрены в практику работы с медицинскими работниками и способствовать снижению воздействия психосоциальных рисков на поддержание их желания оставаться в своей организации.

С другой стороны, С. А. Mather et al. (2018) [218], напротив, призывают проявлять максимальную осторожность при внедрении цифровых технологий в практику оказания медицинской помощи пациентам, так как, несмотря на растущее понимание преимуществ, связанных с их использованием, представители сестринского дела «не хотят проявлять активность и бросать вызов традиционным моделям работы, чтобы изменить статус-кво», а A. L. Watson (2024) [219] — *не навязывать* сверху цифровые технологии и не пытаться приказывать медсестрам, что им надлежит делать, так как последние должны сами отыскать «тонкий баланс между искусственным интеллектом и основными ценностями эмпатии и сострадания... в сочетании с непоколебимой этической приверженностью».

Вторая, не менее важная тема, обратившая на себя внимание в 2020-е гг., связана с ростом мультикультурности коллективов среднего медицинского персонала и возникающих в связи с этим вопросов поддержания и укрепления его связей со своими организациями. По мнению H. G. Jeon et al. (2024) [220], «ориентация на чувствительность к разнообразию и позитивная организационная культура сестринского дела оказывают *двойной посреднический эффект* на связь между управлением разнообразием и организационной приверженностью», а V. Morrison et al. (2021) [221] подчеркивают, что разнообразие, равенство и инклюзивность в сестринском деле сами по себе способствуют как укреплению организационной приверженности, так и «расширению структурных прав и возможностей в направлении более разнообразной, справедливой и инклюзивной организации».

Актуальной отсюда становится проблема конструирования «культуры воспринимаемой справедливости» как «краеугольного камня» любой организации, стремя-

щейся обеспечить безопасность, создать систему обратной связи с сотрудниками и совершенствовать их организационную идентификацию и заинтересованность в процветании их учреждения здравоохранения [222]. При этом, как утверждают A. Ito et al. (2023) [223], аффективная приверженность медсестры, с одной стороны, положительно связана с процедурной справедливостью (справедливостью вознаграждений) и интеракционной справедливостью (справедливостью взаимодействий, основанных на уважительном отношении к работнику), существующих в отдельных подразделениях медицинских организаций, но с другой — опосредуется работником на уровне личностного восприятия («индивидуальной справедливости»). В целом же, как полагают J. Buss и D. Arnold (2023) [224], необходимо избавиться от диссонанса, возникающего между профессиональными ценностями медсестер и неолиберальными ценностями, воплощенными в системе здравоохранения, и нередко приводящего к потере способностей жить в соответствии со своими моральными идеалами и отстаивать социальную справедливость.

## ОБСУЖДЕНИЕ

Суммируя опыт измерения уровня организационной приверженности среднего медицинского персонала и разработки конкретных мероприятий по его повышению, A. G. Lee и K. D. Carter (2004) [225] справедливо замечают, что, подобно измерению результатов процессов обучения, основные проблемы заключаются в поисках конкретных инструментов и критериев оценивания. Как утверждают исследователи, к последним в первую очередь может быть отнесено *наличие нескольких оценок разных наблюдателей с использованием разных инструментов в разные периоды времени*; при этом сами «инструменты» должны быть надежными, воспроизводимыми, действительными и практичными, то есть осуществимыми, удобными, требующими небольших временных затрат, простыми в использовании и недорогими для внедрения и обслуживания; они должны представлять собой не просто констатацию фактов на основе полученных качественных и/или количественных данных, но быть ориентированными на *улучшения в будущем*. Сам же процесс оценивания должен быть справедливым, объективным и связан с реальной действительностью, а шкала оценок должна быть открытой и четко определенной.

Неслучайно S. O. Choi (2005) [226] замечает, что конструирование модели приверженности медицинской организации требует огромных усилий, так как приверженность должна учитывать *органическую взаимосвязь* удовлетворенности работой, производительности труда, намерений покинуть рабочее место, способностей работника принимать самостоятельные решения и общих результатов организационной социализации, с одной стороны, и организационных и индивидуальных ценностей, знаний и навыков, связанных с выполнением задач, эмоций и особенностей коммуникации медицинских сестер, с другой стороны, а также конструктивного учета того, *чего хотят* сами медработники с позиций получения ими личных (возможно, «корыстных») результатов [227].

В этой связи исследователи призывают обращать внимание на «качество трудовой жизни» медсестер, выражающее смысл организационной приверженности и являющееся интегральной «системой анализа того, как они воспринимают работу, как она связана с удовлетворенностью работой, намерением уйти, текучестью кадров, личностью и стрессом на работе» [228], в связи с чем В. М. Schrems (2013) [229] указывала, что необходимо заполнить пробелы в области сестринского дела с ориентацией исследователей на изучение «процессов, сообщества, контекста и отношений», а А. Hofmeyer и Р. В. Marck (2008) [230] замечали, что руководителям следует использовать ресурсы «социального капитала» медсестер, предпринимая конкретные шаги по выделению необходимых человеческих и материальных ресурсов для: 1) налаживания отношений по «укреплению связей и наведению мостов»; 2) укрепления солидарности и доверия; 3) содействия коллективным действиям и сотрудничеству; 4) укрепления коммуникации и поощрения обмена знаниями; 5) создания потенциала для социальной сплоченности и инклюзивности.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе анализа научных публикаций, обращенных к изучению вопросов приверженности среднего медицинского персонала своим организациям, авторами выделены 4 хронологических этапа.

Итак, на первом, начальном, этапе (рубеж 1960/1970-х — 1980-е гг.) публикации еще очень редки и, как правило, носят описательный характер, касающийся обязательств

среднего медперсонала, его приверженности этическим моделям поведения и роли ценностей профессии. В то же время появляются статьи, содержащие призывы к разработке «систем объективных оценок программ охраны труда» среднего медперсонала, учитывающих разнообразные аспекты «трудовой жизни», а также влияние «ролевой неопределенности» и «ролевых конфликтов» на желание длительное время работать в медицинской организации.

Второй этап (1990-е гг.) характеризуется активизацией научных поисков, связанных со стремлением исследователей понять настроения среднего медперсонала в ключе разработки и применения методик изучения вовлеченности и удовлетворенности трудом, в частности того, что лежит в основе и определяет приверженность к длительной работе в медицинской организации. В этой связи появляются публикации, обращенные к анализу особенностей «личного жизненного опыта», проблем внедрения психологических контрактов, конструирования моделей «совместного управления», создания «самостоятельных рабочих групп медсестер» («сообществ на рабочем месте») и «совместных команд» и пр.; отмечается необходимость вовлечения медсестер в управление организациями и установления на местах «баланса сил», обеспечивающего права среднего медперсонала. Тем самым этап изучения вовлеченности и удовлетворенности акцентирует внимание на личном опыте, внедрении психологических контрактов, совместном управлении и рабочих группах.

Третий этап (рубеж 1990/2000-х — начало 2020-х гг.) ознаменовался широким «внедрением социологии» в ис-

Таблица. Этапы изучения организационной приверженности среднего медицинского персонала  
Table. Stages of studying organizational commitment among nursing staff

Этап	Содержание исследований	Цели исследований и направленность публикаций	Результаты и академические выводы
1. Начальный этап формирования концепции: конец 1960-х — начало 1990-х гг.	Определение и первичное осмысление понятия	Установление базовых определений и концептов приверженности в профессии медицинской сестры и организации	Установлена значимость организационной приверженности как психологического феномена для устойчивости персонала в организациях
2. Классический этап моделирования концепции: 1990-е гг.	Разработка теоретических моделей и систематизация	Разработка теоретических моделей, изучение факторов и последствий организационной приверженности	Теоретическое осмысление трехкомпонентной модели приверженности; расширено понимание механизмов формирования
3. Прикладной этап «внедрения социологии»: рубеж 1990/2000-х — начало 2020-х гг.	Эмпирические исследования влияния на качество услуг	Оценка влияния приверженности на рабочие процессы, качество медицинской помощи и кадровую устойчивость	Подтверждена связь организационной приверженности с повышением качества услуг и снижением текучести кадров
4. Интегративный, междисциплинарный этап: с начала 2020-х гг.	Междисциплинарный анализ, расширение методов	Интеграция различных подходов, применение сложных методик, практическое применение	Выявлена мультикомпонентная природа приверженности, расширены методы измерения, усилена ориентация на практические решения в управлении здравоохранением

Примечание: таблица составлена авторами.

Note: The table was compiled by the authors.

следовательскую практику: появляется множество публикаций, посвященных измерению уровней аффективной, инерционной и нормативной приверженности среднего медперсонала на основе применения модели Дж. Мейера и Н. Аллен. В то же время большое значение обретает анализ «особости» медсестринского труда; в частности, авторы обращают внимание на необходимость формирования «культуры учреждений», нахождения «точек соприкосновения» с ожиданиями сотрудников, создания атмосферы воспринимаемой поддержки в виде неформальных социальных сетей и эффективных сетей коммуникации. В поле зрения исследователей оказались вопросы эмоциональных составляющих труда среднего медперсонала и их влияния на приверженность организации с анализом таких аспектов, как эмоциональное истощение, стрессы и стрессоры, профессиональное выгорание, деперсонализация и пр. Наконец, наблюдается процесс расширения географии исследований, совмещенный с попытками понять специфику организационной приверженности за пределами «западного опыта». В целом же этап измерения и анализа эмоциональных аспектов акцентировал внимание на развитии моделей оценки приверженности, исследовании особенностей сестринского труда и эмоционального выгорания.

Четвертый этап (с начала 2020-х гг.), спровоцированный событиями пандемии НКВИ, обнаруживает значительно возросшее внимание исследователей к вопросам безопасности персонала на рабочих местах, коллективного эмоционального и профессионального выгорания и в целом сохранения «качества здоровья» среднего медперсонала. Показательным становится появление новых тем, связанных с изучением влияния цифровизации и мультикультурности на поддержание организационной приверженности и стабильности медсестринских коллективов.

В целом в дискуссиях по вопросам содержания организационной приверженности среднего медицинского персонала и проблемам его качественного измерения рано ставить точку, так как реальная жизнь ставит все новые и новые проблемы, требующие адекватного изучения и детального научного анализа.

## ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ И ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ

Теоретическая значимость исследования заключается в систематизации и углублении понимания организационной приверженности, что расширяет теоретическую базу и способствует развитию концептуальных моделей.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Алексеева Е.А. Концепт организационной приверженности в социологической дискуссии. *Казанский социально-гуманитарный вестник*. 2022;6(57):4–10. <https://doi.org/10.26907/2079-5912.2022.6.4-10>  
Alekseeva EA. Concept of organizational commitment of the sociological discussion. *The Kazan Socially-Humanitarian Bulletin*. 2022;6(57):4–10 (In Russ.). <https://doi.org/10.26907/2079-5912.2022.6.4-10>
2. Липатов С.А. Проблема взаимодействия человека и организации: концепции и направления исследований. *Вестник Московского университета. Серия 14. Психология*. 2012;1:85–96.

Практическая значимость — в обосновании использования организационной приверженности как инструмента для повышения эффективности управления персоналом в здравоохранении и решения актуальных кадровых проблем. Это позволяет разрабатывать адресные стратегии мотивации и удержания медицинских специалистов, улучшая качество медицинских услуг и стабильность кадровых ресурсов.

Результаты обзора могут стать основой для разработки новых инструментов оценки и программ повышения организационной приверженности среднего медперсонала в российских медицинских организациях по следующим направлениям:

1. Адаптация зарубежных моделей оценки. Использование валидированных зарубежных инструментов (например, модели Дж. Мейера и Н. Аллен) с учетом российских реалий позволит создавать надежные и воспроизводимые методики измерения приверженности, которые отражают не только удовлетворенность трудом, но и ценностные ориентации, профессиональную идентичность, восприятие поддержки и безопасность труда.

2. Разработка объективных и простых в применении шкал. В обзоре подчеркивается необходимость создания инструментов, которые будут простыми, малозатратными, справедливыми и максимально приближенными к реальной практике, что важно для их массового внедрения в организациях здравоохранения.

3. Ориентация на организационные улучшения. Полученные с помощью новых инструментов данные должны использоваться не только для констатации уровня приверженности, но и для целенаправленного совершенствования организационной культуры, повышения вовлеченности, профилактики выгорания и формирования атмосферы поддержки персонала.

4. Учет современных вызовов. Программы повышения приверженности должны включать компоненты, связанные с цифровизацией, мультикультурностью, коллективной безопасностью и профилактикой эмоционального выгорания, что отражает современные тенденции в зарубежных исследованиях и актуально для российских условий.

5. Вовлечение персонала в управление. Важным направлением является внедрение практик совместного управления, формирования самостоятельных рабочих групп и психологических контрактов, что способствует росту вовлеченности и ответственности среднего медперсонала.

Lipatov SA. Problema vzaimodeistviya cheloveka i organizatsii: kontseptsii i napravleniya issledovaniy [The problem of interaction between man and organization: concepts and directions of research]. *Moscow University Psychology Bulletin*. 2012;1:85–96 (In Russ.).

3. Липатов С.А., Синчук Х.И. Социально-психологические факторы организационной приверженности сотрудников (на примере коммерческих организаций). *Организационная психология*. 2012;5(4):6–28.  
Lipatov SA, Sinchuk KhI. Social-psychological factors of commitment of employees of the organization. *Organizational Psychology*. 2012;5(4):6–28 (In Russ.).

4. Ловаков А.В., Липатов С.А. Организационная идентификация и приверженность персонала: сходство и различие. *Психология. Журнал Высшей школы экономики*. 2011;8(2):69–80. Lovakov AV, Lipatov SA. Organizatsionnaya identifikatsiya i priverzhennost' personala: shodstvo i razlichie [Organizational identification and employee commitment: similarities and differences]. *Psikhologiya. Zhurnal Vysshej shkoly jekonomiki*. 2011;8(2):69–80 (In Russ.).
5. Ранова Л.Н. Управление человеческими ресурсами: особенности людей, мотивация, приверженность, организационная культура. *Вестник магистратуры*. 2014; 2(3(30)):18–20. Ranova LN. Upravlenie chelovecheskimi resursami: osobennosti lju-dej, motivatsija, priverzhennost', organizatsionnaja kul'tura [Human resource management: people's traits, motivation, commitment, organizational culture]. *Vestnik Magistratury*. 2014; 2(3(30)):18–20 (In Russ.).
6. Трофимова Е.Л., Бондаренко В.Ю. Проблема приверженности персонала к организации в отечественной и зарубежной литературе. *Психология в экономике и управлении*. 2013;1:28–36. Trofimova EL, Bondarenko VYu. The problem of personnel commitment to organization in native and foreign literature. *Psychology in Economics and Management*. 2013;1:28–36 (In Russ.).
7. Чернякевич Е.Ю. Лидерский потенциал и карьерные ориентации как предикторы организационной приверженности молодых специалистов: гендерный аспект. *Известия Иркутского государственного университета. Серия Психология*. 2023;44:85–98. <http://dx.doi.org/10.26516/2304-1226.2023.44.85> Chernyakevich EYu. Leadership Potential and Career Orientations as Predictors of Organization Commitment of Newcomers: A Gender Aspect. *The Bulletin of Irkutsk State University Series Psychology*. 2023;44:85–98 (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.26516/2304-1226.2023.44.85>
8. Потапова Ю.В., Климухина В.А. Структура и факторы формирования организационной приверженности: теоретическая модель. *Организационная психология*. 2024;14(3):117–146. <https://doi.org/10.17323/2312-5942-2024-14-3-117-146> Potapova YuV, Klimukhina VA. The structure and factors of organizational commitment formation: a theoretical model. *Organizational Psychology*. 2024;14(3):117–146 (In Russ.). <https://doi.org/10.17323/2312-5942-2024-14-3-117-146>
9. Meyer JP, Allen NJ. A three-component conceptualization of organizational commitment. *Human Resource Management Review*. 1991;1(1):61–89. [http://dx.doi.org/10.1016/1053-4822\(91\)90011-z](http://dx.doi.org/10.1016/1053-4822(91)90011-z)
10. Умнов С.В., Берсенева Е.А., Кудрина В.Г., Андреева Т.В., Спасеников Б.А. Современные подходы к формированию высокой приверженности персонала медицинской организации. *Бюллетень Национального научно-исследовательского института общественного здоровья имени Н.А. Семашко*. 2022;1–2:42–49. <https://doi.org/10.25742/NRIPH.2022.01.005> Umnov SV, Berseneva EA, Kudrina VG, Andreeva TV, Spasennikov BA. Modern approaches to forming high commitment of the personnel of a medical organization. *Bulletin of Semashko National Research Institute of Public Health*. 2022;1–2:42–49 (In Russ.). <https://doi.org/10.25742/NRIPH.2022.01.005>
11. 1967: a time for commitment. *Ohio Nurses Rev*. 1967;42(1):7–12.
12. Notter LE. The profession's commitment. *N Y State Nurse*. 1967;39(2):6–10.
13. Henderson V. Some commitments for nurses today. *Alumnae Mag Columbia Univ Presbyt Hosp Sch Nurs Alumnae Assoc*. 1968;63(1):5–15.
14. Mullane MK. Today's challenges--tomorrow's commitments. *Va Nurse Q*. 1977;45(4):6–10.
15. Schlotfeldt RM. Nursing research: reflection of values. *Nurs Res*. 1977;26(1):4–9.
16. Recommendations spell out commitment. *RNABC News*. 1979;11(5):22–23.
17. Smith JP. The challenge of health education for nurses in the 1980s. *J Adv Nurs*. 1979;4(5):531–543. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2648.1979.tb00886.x>
18. Nichols B. Belonging to your professional organization: a commitment to personal growth and professional development. *Imprint*. 1980;27(4):18.
19. Holland D. A grass roots approach to developing inpatient nursing unit work groups. *J Neurosurg Nurs*. 1984;16(4):217–220. <https://doi.org/10.1097/01376517-198408000-00009>
20. Hicks F. Nursing: health care's best resource--fulfilling the commitment. *Oreg Nurse*. 1986;51(2):12–15.
21. Zander K. Nursing case management. Resolving the DRG paradox. *Nurs Clin North Am*. 1988;23(3):503–520.
22. Patterson DL. Achieving excellence in nursing. *J Pediatr Nurs*. 1991;6(6):391–395.
23. Krause K. Sairaanhoitajan ammatin kehittämisestä [Development of the nursing profession]. *Sairaanhoitaja (1991)*. 1993;4(4):25–27. Finnish.
24. Martin PJ. One meter stick--the nursing audit. *J Adv Nurs*. 1980;5(2):199–208. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2648.1980.tb00950.x>
25. Melia KM. Student nurses' construction of occupational socialisation. *Sociol Health Illn*. 1984;6(2):132–151. <https://doi.org/10.1111/1467-9566.ep10778231>
26. Barbiasz JE, Hunt V, Lowenstein A. Nursing documentation: a format not a form. *J Nurs Adm*. 1981;11(6):22–26.
27. Ouellet D, Elsner C. A roadmap for the novice researcher. *Can J Cardiovasc Nurs*. 1993;4(2):16–19.
28. Corley MC, Mauksch HO. The nurse's multiple commitments. *J Prof Nurs*. 1993;9(2):116–122. [https://doi.org/10.1016/8755-7223\(93\)90028-b](https://doi.org/10.1016/8755-7223(93)90028-b)
29. Ring N. A personal and historical investigation of the career trends of UK graduate nurses qualifying between 1970 and 1989. *J Adv Nurs*. 2002;40(2):199–209. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2648.2002.02362.x>
30. Webb SB Jr. Objective criteria for evaluating occupational health programs. *Am J Public Health*. 1975;65(1):31–37. <https://doi.org/10.2105/ajph.65.1.31>
31. Britton L. Use of behavioral science concepts and processes to facilitate change: a team building program for nursing supervisors. *Aust Health Rev*. 1984;7(3):162–179.
32. Morison MJ. Promoting the motivation to change. The role of facilitative leadership in quality assurance. *Prof Nurse*. 1992;7(11):715–716, 718.
33. Stichler JF. Shared governance: what it means to those involved. *Aspens Advis Nurse Exec*. 1989;4(9):1, 3, 6–8.
34. Coyne C, Killien M. A system for unit-based monitors of quality of nursing care. *J Nurs Adm*. 1987;17(1):26–32.
35. Porter-O'Grady T. Shared governance for nursing. Part II: Putting the organization into action. *AORN J*. 1991;53(3):694–703. [https://doi.org/10.1016/s0001-2092\(07\)68943-1](https://doi.org/10.1016/s0001-2092(07)68943-1)
36. Doherty C, Hope W. Shared governance--nurses making a difference. *J Nurs Manag*. 2000;8(2):77–81. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2834.2000.00162.x>
37. Smith HL. Nurses' quality of working life in an HMO: a comparative study. *Nurs Res*. 1981;30(1):54–58. <https://doi.org/10.1097/00006199-198101000-00018>
38. Rosse JG, Rosse PH. Role conflict and ambiguity: an empirical investigation of nursing personnel. *Eval Health Prof*. 1981;4(4):385–405. <https://doi.org/10.1177/016327878100400403>
39. Jamal M. Job stress and job performance controversy: an empirical assessment. *Organ Behav Hum Perform*. 1984;33(1):1–21. [https://doi.org/10.1016/0030-5073\(84\)90009-6](https://doi.org/10.1016/0030-5073(84)90009-6)
40. McCloskey JC. Two requirements for job contentment: autonomy and social integration. *Image J Nurs Sch*. 1990;22(3):140–143. <https://doi.org/10.1111/j.1547-5069.1990.tb00196.x>
41. Kraemer LG, Rigolizzo-Gurenlian J. Role conflicts in nursing and allied health: a comparison of professional and organizational commitment. *J Allied Health*. 1985;14(1):53–62.
42. Christensen PJ. An ethical framework for nursing service administration. *ANS Adv Nurs Sci*. 1988;10(3):46–55. <https://doi.org/10.1097/00012272-198804000-00006>
43. Moran MJ, Johnson JE. Quality improvement: the nurse's role. *ANA Publ*. 1992;(NP-80 7.5 M):45–61.
44. Bousfield C. A phenomenological investigation into the role of the clinical nurse specialist. *J Adv Nurs*. 1997;25(2):245–256. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2648.1997.1997025245.x>
45. Mulholland J. Assimilating sociology: critical reflections on the 'sociology in nursing' debate. *J Adv Nurs*. 1997;25(4):844–852. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2648.1997.1997025844.x>
46. Blegen MA. Nurses' job satisfaction: a meta-analysis of related variables. *Nurs Res*. 1993;42(1):36–41.
47. Acorn S, Ratner PA, Crawford M. Decentralization as a determinant of autonomy, job satisfaction, and organizational commitment

- among nurse managers. *Nurs Res*. 1997;46(1):52–58. <https://doi.org/10.1097/00006199-199701000-00009>
48. Davies SM. An evaluation of nurse-led team care within a rehabilitation ward for elderly people. *J Clin Nurs*. 1994;3(1):25–33. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2702.1994.tb00355.x>
  49. McNeese-Smith DK. The influence of manager behavior on nurses' job satisfaction, productivity, and commitment. *J Nurs Adm*. 1997;27(9):47–55. <https://doi.org/10.1097/00005110-199709000-00011>
  50. Knox S, Irving JA. Nurse manager perceptions of healthcare executive behaviors during organizational change. *J Nurs Adm*. 1997;27(11):33–39. <https://doi.org/10.1097/00005110-199711000-00008>
  51. Salyer J, Geddes N, Smith CS, Mark BA. Commitment and communication: keys to minimizing attrition in multisite longitudinal organizational studies. *Nurs Res*. 1998;47(2):123–125. <https://doi.org/10.1097/00006199-199803000-00012>
  52. Cavanagh SJ. A 'new' psychological contract for nurses: some management implications. *J Nurs Manag*. 1996;4(2):79–83.
  53. Molzahn AE. Creating caring organization cultures in dialysis units. *ANNA J*. 1997;24(2):247–253.
  54. Johansson I, Larsson G, Hamrin E. Changes of nursing organization in a surgical department: effects on work satisfaction and quality of care. *J Clin Nurs*. 1994;3(3):169–175. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2702.1994.tb00382.x>
  55. MacDonald G. Shared governance--a unit based concept. *Axone*. 1995;17(1):3–5.
  56. Narayan MC, Tennant J, Larose P, Grumbly J, Marchessault L. Achieving success in home care through the self-directed work group approach. *Home Healthc Nurs*. 1996;14(11):865–872; quiz 874–875. <https://doi.org/10.1097/00004045-199611000-00004>
  57. Annand F. The mentor commitment. *Insight*. 1997;22(2):41–45. [https://doi.org/10.1016/s1060-135x\(97\)90044-0](https://doi.org/10.1016/s1060-135x(97)90044-0)
  58. Parker M, Gadbois S. The fragmentation of community: Part 1, The loss of belonging and commitment at work. *J Nurs Adm*. 2000;30(7–8):386–390. <https://doi.org/10.1097/00005110-200007000-00015>
  59. Wilson CK. Team behaviors: working effectively in teams. *Semin Nurse Manag*. 1998;6(4):188–194.
  60. McCrea MA. Personal reflections on early learning in shared leadership. *Semin Nurse Manag*. 1998;6(2):83–88.
  61. Makaram S. Interprofessional cooperation. *Med Educ*. 1995;29 Suppl 1:65–69. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2923.1995.tb02893.x>
  62. Corrales D, Galindo A, Escobar MA, Palomo L, Magariño MJ. El debate sobre la organización, las funciones y la eficiencia de enfermería en atención primaria: a propósito de un estudio cualitativo [The debate on the organization, functions and efficiency of nursing in primary care: apropos of a qualitative study]. *Aten Primaria*. 2000;25(4):214–219. Spanish. [https://doi.org/10.1016/s0212-6567\(00\)78489-7](https://doi.org/10.1016/s0212-6567(00)78489-7)
  63. Caricati L, Mancini T, Bianconcini M, Guidi C, Prandi C, Silvano R, Sollami A, Tafurelli C, Artioli G. Psychosocial predictors of collaborative practice between nurses and physicians working in hospitals. *Acta Biomed*. 2014;85(3):32–40.
  64. Brewer AM, Lok P. Managerial strategy and nursing commitment in Australian hospitals. *J Adv Nurs*. 1995;21(4):789–799. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2648.1995.21040789.x>
  65. Dwore RB, Murray BP, Fosbinder D, Parsons R, Smith P, Dalley K, Vorderer L, Gustafson G. Integration of nurse executives into executive level administration in Utah hospitals. *Health Care Manag (Frederick)*. 2000;18(4):22–36. <https://doi.org/10.1097/00126450-200018040-00005>
  66. Norsen L, Opladen J, Quinn J. Practice model: collaborative practice. *Crit Care Nurs Clin North Am*. 1995;7(1):43–52.
  67. Cheater FM, Keane M. Nurses' participation in audit: a regional study. *Qual Health Care*. 1998;7(1):27–36. <https://doi.org/10.1136/qshc.7.1.27>
  68. Gifford BD, Zammuto RF, Goodman EA. The relationship between hospital unit culture and nurses' quality of work life. *J Healthc Manag*. 2002;47(1):13–25; discussion 25–26.
  69. Bergler R. Zur Psychologie des Pflegepersonals in der ambulanten Pflege [Psychology of nursing personnel in home care nursing]. *Zentralbl Hyg Umweltmed*. 1995;197(1–3):45–74. German.
  70. Laschinger HK, Havens DS. The effect of workplace empowerment on staff nurses' occupational mental health and work effectiveness. *J Nurs Adm*. 1997;27(6):42–50. <https://doi.org/10.1097/00005110-199706000-00012>
  71. Hinds PS, Sanders CB, Srivastava DK, Hickey S, Jayawardene D, Milligan M, Olsson MS, Puckett P, Quargnenti A, Randall EA, Tyc V. Testing the stress-response sequence model in paediatric oncology nursing. *J Adv Nurs*. 1998;28(5):1146–1157. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2648.1998.00731.x>
  72. Frederick B, Frederick L. Quality improvement with a culturally diverse staff: implications for nurse managers. *Semin Nurse Manag*. 1995;3(3):137–142.
  73. Cioffi RN. Communicating with culturally and linguistically diverse patients in an acute care setting: nurses' experiences. *Int J Nurs Stud*. 2003;40(3):299–306. [https://doi.org/10.1016/s0020-7489\(02\)00089-5](https://doi.org/10.1016/s0020-7489(02)00089-5)
  74. Pappas SH. Creating an environment to support hardiness and quality patient care. *Semin Nurse Manag*. 1995;3(3):115–118.
  75. Shaver KH, Lacey LM. Job and career satisfaction among staff nurses: effects of job setting and environment. *J Nurs Adm*. 2003;33(3):166–172. <https://doi.org/10.1097/00005110-200303000-00008>
  76. Woodward VM. Professional caring: a contradiction in terms? *J Adv Nurs*. 1997;26(5):999–1004. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2648.1997.00389.x>
  77. Modic MB, Amour M. Putting compassion and commitment back into nursing. *Aspens Advis Nurse Exec*. 1998;13(8):1, 3–6.
  78. Farley CL. Service learning: applications in midwifery education. *J Midwifery Womens Health*. 2003;48(6):444–448. <https://doi.org/10.1016/j.jmwh.2003.08.010>
  79. Salvage J. Evidence-based practice: a mixture of motives? *Nurs Times*. 1998;94(23):61–64.
  80. Hem MH, Heggen K. Is compassion essential to nursing practice? *Contemp Nurse*. 2004;17(1–2):19–31. <https://doi.org/10.5172/conu.17.1-2.19>
  81. Beagan B, Ells C. Values that matter, barriers that interfere: the struggle of Canadian nurses to enact their values. *Can J Nurs Res*. 2009;41(1):86–107.
  82. Rogut L, Hudson A. Meeting patients' needs: quality care in a changing environment. *Pap Ser United Hosp Fund N Y*. 1995:1–33.
  83. Westrope RA, Vaughn L, Bott M, Taunton RL. Shared governance. From vision to reality. *J Nurs Adm*. 1995;25(12):45–54. <https://doi.org/10.1097/00005110-199512000-00008>
  84. Peterson R. Building a mission for quality care. *J Neurosci Nurs*. 1999;31(6):363–365. doi: 10.1097/01376517-199912000-00007
  85. Naughton M, Nolan M. Developing nursing's future role: a challenge for the millennium: 1. *Br J Nurs*. 1998;7(16):983–986. <https://doi.org/10.12968/bjon.1998.7.16.5614>
  86. Woods SS, Jensen LB, Schulz P, Barnason S, Graham J, Rasmussen D, Carder B, Wild MC. Collaborative research: a community approach. *Clin Nurse Spec*. 2000;14(1):13–16. <https://doi.org/10.1097/00002800-200001000-00008>
  87. Kalbfleisch PJ, Bach BW. The language of mentoring in a health care environment. *Health Commun*. 1998;10(4):373–392. [https://doi.org/10.1207/s15327027hc1004\\_5](https://doi.org/10.1207/s15327027hc1004_5)
  88. Cangelosi JD Jr, Markham FS, Bounds WT. Factors related to nurse retention and turnover: an updated study. *Health Mark Q*. 1998;15(3):25–43. [https://doi.org/10.1300/J026v15n03\\_02](https://doi.org/10.1300/J026v15n03_02)
  89. Barrett L, Yates P. Oncology/haematology nurses: a study of job satisfaction, burnout, and intention to leave the specialty. *Aust Health Rev*. 2002;25(3):109–121. <https://doi.org/10.1071/ah020109>
  90. Dyck D, Roithmayr T. Organizational stressors and health. How occupational health nurses can help break the cycle. *AAOHN J*. 2002;50(5):213–219.
  91. Hirsch NJ. In the patient's best interest--a call to action, a call to balance. *Bioethics Forum*. 2002;18(1–2):24–29.
  92. Fairfield KD. Whose side are you on? Interdependence and its consequences in management of healthcare delivery. *J Healthc Manag*. 2004;49(1):17–29; discussion 30–31.
  93. Simons M. The cycle of caring. *Nurs Adm Q*. 2004;28(4):280–284. <https://doi.org/10.1097/00006216-200410000-00010>
  94. Lim VK, Yuen EC. Doctors, patients, and perceived job image: an empirical study of stress and nurses in Singapore. *J Behav Med*. 1998;21(3):269–282. <https://doi.org/10.1023/a:1018769000750>
  95. Koivula M, Paunonen M, Laippala P. Prerequisites for quality improvement in nursing. *J Nurs Manag*. 1998;6(6):333–342. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2834.1998.00091.x>

96. Jamal M, Baba VV. Job stress and burnout among Canadian managers and nurses: an empirical examination. *Can J Public Health*. 2000;91(6):454–458. <https://doi.org/10.1007/BF03404828>
97. Brunges M, Foley-Brinza C. Projects for increasing job satisfaction and creating a healthy work environment. *AORN J*. 2014;100(6):670–681. <https://doi.org/10.1016/j.aorn.2014.01.029>
98. McNeese-Smith DK. Job stages of entry, mastery, and disengagement among nurses. *J Nurs Adm*. 2000;30(3):140–147. <https://doi.org/10.1097/00005110-200003000-00006>
99. McNeese-Smith DK, van Servellen G. Age, developmental, and job stage influences on nurse outcomes. *Outcomes Manag Nurs Pract*. 2000;4(2):97–104
100. Ruokolainen M, Mauno S, Cheng T. Are the most dedicated nurses more vulnerable to job insecurity? Age-specific analyses on family-related outcomes. *J Nurs Manag*. 2014;22(8):1042–1053. <https://doi.org/10.1111/jonm.12064>
101. Hu J, Herrick C, Hodgins KA. Managing the multigenerational nursing team. *Health Care Manag (Frederick)*. 2004;23(4):334–340. <https://doi.org/10.1097/00126450-200410000-00008>
102. Keepnews DM, Brewer CS, Kovner CT, Shin JH. Generational differences among newly licensed registered nurses. *Nurs Outlook*. 2010;58(3):155–163. <https://doi.org/10.1016/j.outlook.2009.11.001>
103. Farr-Wharton R, Brunetto Y, Shacklock K. The impact of intuition and supervisor-nurse relationships on empowerment and affective commitment by generation. *J Adv Nurs*. 2012;68(6):1391–1401. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2648.2011.05852.x>
104. Hendricks JM, Cope VC. Generational diversity: what nurse managers need to know. *J Adv Nurs*. 2013;69(3):717–725. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2648.2012.06079.x>
105. McNeese-Smith DK, Crook M. Nursing values and a changing nurse workforce: values, age, and job stages. *J Nurs Adm*. 2003;33(5):260–270. <https://doi.org/10.1097/00005110-200305000-00002>
106. SmithBattle L, Diekemper M, Drake MA. Articulating the culture and tradition of community health nursing. *Public Health Nurs*. 1999;16(3):215–222. <https://doi.org/10.1046/j.1525-1446.1999.00215.x>
107. Churchill J. Organizational culture in the changing workplace: an employee assistance program perspective. *Semin Nurse Manag*. 1999;7(1):17–20.
108. Kroposki M, Murdaugh CL, Tavakoli AS, Parsons M. Role clarity, organizational commitment, and job satisfaction during hospital reengineering. *Nursingconnections*. 1999;12(1):27–34.
109. Omery A, Williams RP. An appraisal of research utilization across the United States. *J Nurs Adm*. 1999;29(12):50–56. <https://doi.org/10.1097/00005110-199912000-00011>
110. Beccaria LM, Fávero N. Expectativas de gerentes e assessores de enfermagem quanto ao estilo gerencial do diretor executivo de um hospital de ensino [Expectations of nursing managers and assistants as to the managerial style of an executive director of a teaching hospital]. *Rev Lat Am Enfermagem*. 2000;8(2):83–90. Portuguese. <https://doi.org/10.1590/s0104-11692000000200013>
111. MacPhee M. Hospital networking. Comparing the work of nurses with flexible and traditional schedules. *J Nurs Adm*. 2000;30(4):190–198. <https://doi.org/10.1097/00005110-200004000-00010>
112. Manias E, Aitken R, Peerson A, Parker J, Wong K. Agency-nursing work: perceptions and experiences of agency nurses. *Int J Nurs Stud*. 2003;40(3):269–279. [https://doi.org/10.1016/s0020-7489\(02\)00085-8](https://doi.org/10.1016/s0020-7489(02)00085-8)
113. Laschinger HK, Finegan J, Shamian J. The impact of workplace empowerment, organizational trust on staff nurses' work satisfaction and organizational commitment. *Health Care Manage Rev*. 2001;26(3):7–23. <https://doi.org/10.1097/00004010-200107000-00002>
114. Haney L, Amann MC. Cultivating effectiveness in your organization. *AAOHN J*. 2001;49(8):369–373.
115. Downey M, Parslow S, Smart M. The hidden treasure in nursing leadership: informal leaders. *J Nurs Manag*. 2011;19(4):517–521. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2834.2011.01253.x>
116. Curtin LL. The impact of market-based 'reform' on cultural values in health care. *Semin Nurse Manag*. 1999;7(4):198–202.
117. Kuokkanen L, Leino-Kilpi H, Katajisto J. Nurse empowerment, job-related satisfaction, and organizational commitment. *J Nurs Care Qual*. 2003;18(3):184–192. <https://doi.org/10.1097/00001786-200307000-00004>
118. Badr L, Rizk U, Farha R. The divergent opinions of nurses, nurse managers and nurse directors: the case in Lebanon. *J Nurs Manag*. 2010;18(2):182–193. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2834.2010.01052.x>
119. Motwani J, Klein D, Navitskas S. Striving toward continuous quality improvement: a case study of Saint Mary's Hospital. *Health Care Manag (Frederick)*. 1999;18(2):33–40. <https://doi.org/10.1097/00126450-199912000-00006>
120. Hannigan B, Burnard P. Nursing, politics and policy: a response to Clifford. *Nurse Educ Today*. 2000;20(7):519–523. <https://doi.org/10.1054/nedt.2000.0505>
121. Caine RM, Lowenstein H. Messages of professional empowerment from the land of Oz. *Crit Care Nurse*. 2000;20(5):8, 10, 12–13.
122. Wagner SL, Rush MC. Altruistic organizational citizenship behavior: context, disposition, and age. *J Soc Psychol*. 2000;140(3):379–391. <https://doi.org/10.1080/00224540009600478>
123. Murrells T, Robinson S, Griffiths P. Job satisfaction trends during nurses' early career. *BMC Nurs*. 2008;7:7. <https://doi.org/10.1186/1472-6955-7-7>
124. Laschinger HK, Finegan J, Shamian J, Casier S. Organizational trust and empowerment in restructured healthcare settings. Effects on staff nurse commitment. *J Nurs Adm*. 2000;30(9):413–425. <https://doi.org/10.1097/00005110-200009000-00008>
125. Laschinger HK, Finegan J, Shamian J, Almost J. Testing Karasek's Demands-Control Model in restructured healthcare settings: effects of job strain on staff nurses' quality of work life. *J Nurs Adm*. 2001;31(5):233–243. <https://doi.org/10.1097/00005110-200105000-00003>
126. Kuokkanen L, Katajisto J. Promoting or impeding empowerment? Nurses' assessments of their work environment. *J Nurs Adm*. 2003;33(4):209–215. <https://doi.org/10.1097/00005110-200304000-00005>
127. McNeese-Smith DK. A nursing shortage: building organizational commitment among nurses. *J Healthc Manag*. 2001;46(3):173–186; discussion 186–187.
128. Gellatly IR, Cowden TL, Cummings GG. Staff nurse commitment, work relationships, and turnover intentions: a latent profile analysis. *Nurs Res*. 2014;63(3):170–181. <https://doi.org/10.1097/NNR.0000000000000035>
129. Hsu CP, Chiang CY, Chang CW, Huang HC, Chen CC. Enhancing the commitment of nurses to the organisation by means of trust and monetary reward. *J Nurs Manag*. 2015;23(5):567–576. <https://doi.org/10.1111/jonm.12180>
130. Lu KY, Lin PL, Wu CM, Hsieh YL, Chang YY. The relationships among turnover intentions, professional commitment, and job satisfaction of hospital nurses. *J Prof Nurs*. 2002;18(4):214–219. <https://doi.org/10.1053/jpnu.2002.127573>
131. Sourdif J. Predictors of nurses' intent to stay at work in a university health center. *Nurs Health Sci*. 2004;6(1):59–68. <https://doi.org/10.1111/j.1442-2018.2003.00174.x>
132. Lynn MR, Redman RW. Faces of the nursing shortage: influences on staff nurses' intentions to leave their positions or nursing. *J Nurs Adm*. 2005;35(5):264–270. <https://doi.org/10.1097/00005110-200505000-00010>
133. Park HH, Park KS, Yom YH, Kim KH. [Impact of clinical nurses' power and empowerment on job satisfaction and organizational commitment]. *Taehan Kanho Hakhoe Chi*. 2006;36(2):244–254. Korean. <https://doi.org/10.4040/jkan.2006.36.2.244>
134. Han SS, Moon SJ, Yun EK. Empowerment, job satisfaction, and organizational commitment: comparison of permanent and temporary nurses in Korea. *Appl Nurs Res*. 2009;22(4):e15–20. <https://doi.org/10.1016/j.apnr.2009.06.004>
135. Kim EK, Hwang JI. Characteristics associated with intent to stay among Quality Improvement nurses. *Int Nurs Rev*. 2011;58(1):89–95. <https://doi.org/10.1111/j.1466-7657.2010.00841.x>
136. Pinho P, Albuquerque C. Influência do empenhamento organizacional e profissional dos enfermeiros nas estratégias de resolução dos conflitos [Influence of organizational commitment and professional nurses in conflict resolution strategies]. *Servir*. 2013;58(1–2):103–116. Portuguese.
137. Zhao X, Sun T, Cao Q, Li C, Duan X, Fan L, Liu Y. The impact of quality of work life on job embeddedness and affective commitment and

- their co-effect on turnover intention of nurses. *J Clin Nurs*. 2013;22(5-6):780–788. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2702.2012.04198.x>
138. Choi HG, Ahn SH. [Influence of Nurse Managers' Authentic Leadership on Nurses' Organizational Commitment and Job Satisfaction: Focused on the Mediating Effects of Empowerment]. *J Korean Acad Nurs*. 2016;46(1):100–108. Korean. <https://doi.org/10.4040/jkan.2016.46.1.100>
  139. Negussie N, Berehe C. Factors affecting performance of public hospital nurses in Addis Ababa region, Ethiopia. *J Egypt Public Health Assoc*. 2016;91(1):26–30. <https://doi.org/10.1097/01.EPX.0000480931.63648.9b>
  140. Gupta V, Agarwal UA, Khatri N. The relationships between perceived organizational support, affective commitment, psychological contract breach, organizational citizenship behaviour and work engagement. *J Adv Nurs*. 2016;72(11):2806–2817. <https://doi.org/10.1111/jan.13043>
  141. Perreira T, Berta W, Ginsburg L, Barnsley J, Herbert M. Insights into nurses' work: Exploring relationships among work attitudes and work-related behaviors. *Health Care Manage Rev*. 2018;43(4):315–327. <https://doi.org/10.1097/HMR.0000000000000151>
  142. Huyghebaert T, Gillet N, Audusseau O, Fouquereau E. Perceived career opportunities, commitment to the supervisor, social isolation: Their effects on nurses' well-being and turnover. *J Nurs Manag*. 2019;27(1):207–214. <https://doi.org/10.1111/jonm.12666>
  143. Al-Ahmadi H. Factors affecting performance of hospital nurses in Riyadh Region, Saudi Arabia. *Int J Health Care Qual Assur*. 2009;22(1):40–54. <https://doi.org/10.1108/09526860910927943>
  144. Han SS, Sohn IS, Kim NE. [New nurse turnover intention and influencing factors]. *J Korean Acad Nurs*. 2009;39(6):878–887. Korean. <https://doi.org/10.4040/jkan.2009.39.6.878>
  145. Vagharseyyedin SA. An integrative review of literature on determinants of nurses' organizational commitment. *Iran J Nurs Midwifery Res*. 2016;21(2):107–117. <https://doi.org/10.4103/1735-9066.178224>
  146. McGillis Hall L, Lalonde M, Dales L, Peterson J, Cripps L. Strategies for retaining midcareer nurses. *J Nurs Adm*. 2011;41(12):531–537. <https://doi.org/10.1097/NNA.0b013e3182378d6c>
  147. Sjöberg A, Sverke M. The interactive effect of job involvement and organizational commitment on job turnover revisited: a note on the mediating role of turnover intention. *Scand J Psychol*. 2000;41(3):247–252. <https://doi.org/10.1111/1467-9450.00194>
  148. Mrayyan MT. Hospital organizational climates and nurses' intent to stay: differences between units and wards. *Contemp Nurse*. 2008;27(2):223–236. <https://doi.org/10.5555/conu.2008.27.2.223>
  149. Liou SR. Nurses' intention to leave: critically analyse the theory of reasoned action and organizational commitment model. *J Nurs Manag*. 2009;17(1):92–99. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2834.2008.00873.x>
  150. Chen SY, Wu WC, Chang CS, Lin CT, Kung JY, Weng HC, Lin YT, Lee SI. Organizational justice, trust, and identification and their effects on organizational commitment in hospital nursing staff. *BMC Health Serv Res*. 2015;15:363. <https://doi.org/10.1186/s12913-015-1016-8>
  151. Sveinsdóttir H, Ragnarsdóttir ED, Blöndal K. Praise matters: the influence of nurse unit managers' praise on nurses' practice, work environment and job satisfaction: a questionnaire study. *J Adv Nurs*. 2016;72(3):558–568. <https://doi.org/10.1111/jan.12849>
  152. Rodwell J, Ellershaw J. Fulfill Promises and Avoid Breaches to Retain Satisfied, Committed Nurses. *J Nurs Scholarsh*. 2016;48(4):406–413. <https://doi.org/10.1111/jnu.12215>
  153. Attree M. Patients' and relatives' experiences and perspectives of 'Good' and 'Not so Good' quality care. *J Adv Nurs*. 2001;33(4):456–466. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2648.2001.01689.x>
  154. Endo E, Miyahara T, Suzuki S, Ohmasa T. Partnering of researcher and practicing nurses for transformative nursing. *Nurs Sci Q*. 2005;18(2):138–145. <https://doi.org/10.1177/0894318405274825>
  155. Cooper E. Creating a culture of professional development: a milestone pathway tool for registered nurses. *J Contin Educ Nurs*. 2009;40(11):501–508. <https://doi.org/10.3928/00220124-20091023-07>
  156. Guerrero S, Chênevert D, Kilroy S. New Graduate Nurses' Professional Commitment: Antecedents and Outcomes. *J Nurs Scholarsh*. 2017;49(5):572–579. <https://doi.org/10.1111/jnu.12323>
  157. De Gieter S, Hofmans J, Pepermans R. Revisiting the impact of job satisfaction and organizational commitment on nurse turnover intention: an individual differences analysis. *Int J Nurs Stud*. 2011;48(12):1562–1569. <https://doi.org/10.1016/j.ijnurstu.2011.06.007>
  158. Cleary M, Horsfall J. Integrity and mental health nursing: factors to consider. *Issues Ment Health Nurs*. 2013;34(9):673–677. <https://doi.org/10.3109/01612840.2013.794179>
  159. Huynh T, Alderson M, Thompson M. Emotional labour underlying caring: an evolutionary concept analysis. *J Adv Nurs*. 2008;64(2):195–208. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2648.2008.04780.x>
  160. Tummers LG, Den Dulk L. The effects of work alienation on organisational commitment, work effort and work-to-family enrichment. *J Nurs Manag*. 2013;21(6):850–859. <https://doi.org/10.1111/jonm.12159>
  161. Pendry PS. Moral distress: recognizing it to retain nurses. *Nurs Econ*. 2007;25(4):217–221.
  162. Yildirim A, Yildirim D. Mobbing in the workplace by peers and managers: mobbing experienced by nurses working in healthcare facilities in Turkey and its effect on nurses. *J Clin Nurs*. 2007;16(8):1444–1453. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2702.2006.01814.x>
  163. Yildirim D. Bullying among nurses and its effects. *Int Nurs Rev*. 2009;56(4):504–511. <https://doi.org/10.1111/j.1466-7657.2009.00745.x>
  164. Olender-Russo L. Creating a culture of regard: an antidote for workplace bullying. *Creat Nurs*. 2009;15(2):75–81. <https://doi.org/10.1891/1078-4535.15.2.75>
  165. Schalk R. The influence of organizational commitment and health on sickness absenteeism: a longitudinal study. *J Nurs Manag*. 2011;19(5):596–600. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2834.2010.01170.x>
  166. Greenglass ER, Burke RJ. Hospital restructuring and burnout. *J Health Hum Serv Adm*. 2002;25(1):89–114.
  167. Judkins SK, Ingram M. Decreasing stress among nurse managers: a long-term solution. *J Contin Educ Nurs*. 2002;33(6):259–264. <https://doi.org/10.3928/0022-0124-20021101-06>
  168. Malagon-Aguilera MC, Suñer-Soler R, Bonmati-Tomas A, Bosch-Farré C, Gelabert-Vilella S, Juvinyà-Canal D. Relationship between sense of coherence, health and work engagement among nurses. *J Nurs Manag*. 2019;27(8):1620–1630. <https://doi.org/10.1111/jonm.12848>
  169. McGilton KS, McGillis Hall L, Boscart V, Brown M. Effects of director of care support on job stress and job satisfaction among long-term care nurse supervisors. *Nurs Leadersh (Tor Ont)*. 2007;20(3):52–66. <https://doi.org/10.12927/cjnl.2007.19288>
  170. Ho WH, Chang CS, Shih YL, Liang RD. Effects of job rotation and role stress among nurses on job satisfaction and organizational commitment. *BMC Health Serv Res*. 2009;9:8. <https://doi.org/10.1186/1472-6963-9-8>
  171. Chen SY, Wu WC, Chang CS, Lin CT. Job rotation and internal marketing for increased job satisfaction and organisational commitment in hospital nursing staff. *J Nurs Manag*. 2015 Apr;23(3):297–306. <https://doi.org/10.1111/jonm.12126>. Epub 2013 Aug 26
  172. Allen DE, de Nesnera A, Souther JW. Executive-level reviews of seclusion and restraint promote interdisciplinary collaboration and innovation. *J Am Psychiatr Nurses Assoc*. 2009 Aug;15(4):260–264. <https://doi.org/10.1177/1078390309342749>. PMID: 21665812
  173. McAllister M, Stockhausen L. Using action research within a school of nursing: exposing tensions in ideologies. *Aust J Adv Nurs*. 2001;18(4):15–22.
  174. Merkeley Keith K, Fraser Askin D. Effective collaboration: the key to better healthcare. *Nurs Leadersh (Tor Ont)*. 2008;21(2):51–61. <https://doi.org/10.12927/cjnl.2008.19875>
  175. Grube JA, Piliavin JA, Turner JW. The courage of one's conviction: when do nurse practitioners report unsafe practices? *Health Commun*. 2010;25(2):155–164. <https://doi.org/10.1080/10410230903544944>
  176. Altuntas S, Baykal U. Relationship between nurses' organizational trust levels and their organizational citizenship behaviors. *J Nurs Scholarsh*. 2010;42(2):186–194. <https://doi.org/10.1111/j.1547-5069.2010.01347.x>
  177. English B, Chalon C. Strengthening affective organizational commitment: the influence of fairness perceptions of management practices and underlying employee cynicism. *Health Care Manag (Frederick)*. 2011;30(1):29–35. <https://doi.org/10.1097/HCM.0b013e3182078ae2>
  178. Mark G, Smith AP. Occupational stress, job characteristics, coping, and the mental health of nurses. *Br J Health Psychol*. 2012;17(3):505–521. <https://doi.org/10.1111/j.2044-8287.2011.02051.x>
  179. Schadenhofer P, Kundi M, Abrahamian H, Blasche G, Stummer H, Kautzky-Willer A. Job-related meaningfulness moderates the association between over-commitment and emotional exhaustion in

- nurses. *J Nurs Manag.* 2018;26(7):820–832. <https://doi.org/10.1111/jonm.12602>
180. Estes BC. Abusive supervision and nursing performance. *Nurs Forum.* 2013;48(1):3–16. <https://doi.org/10.1111/nuf.12004>
181. Cogin JA, Ng JL, Lee I. Controlling healthcare professionals: how human resource management influences job attitudes and operational efficiency. *Hum Resour Health.* 2016;14(1):55. <https://doi.org/10.1186/s12960-016-0149-0>
182. Bastos MA. O processo de socialização dos enfermeiros em um centro de tratamento intensivo [The process of socialization of nurses at an intensive care center]. *Rev Esc Enferm USP.* 2001;35(3):291–299. Portuguese. <https://doi.org/10.1590/s0080-62342001000300014>
183. Rapps J, Riegel B, Glaser D. Testing a predictive model of what makes a critical thinker. *West J Nurs Res.* 2001;23(6):610–626. <https://doi.org/10.1177/01939450122045410>
184. Robinson-Walker C. The role of coaching in creating cultures of engagement. *Semin Nurse Manag.* 2002;10(3):150–156.
185. Lu H, While AE, Barriball KL. A model of job satisfaction of nurses: a reflection of nurses' working lives in Mainland China. *J Adv Nurs.* 2007;58(5):468–479. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2648.2007.04233.x>
186. Liou SR, Cheng CY. Building organizational commitment of Asian nurses in the United States. *J Nurs Adm.* 2008;38(1):8–10. <https://doi.org/10.1097/01.NNA.0000295633.80345.74>
187. Good L. Addressing hospital nurses' fear of abandonment in a bioterrorism emergency. *AAOHN J.* 2007;55(12):493–498; quiz 499–500. <https://doi.org/10.1177/216507990705501203>
188. Liou SR, Tsai HM, Cheng CY. Measuring Asian nurses' organizational commitment: a critical analysis of the psychometric properties of two organizational commitment instruments. *Nurs Forum.* 2013 Apr-Jun;48(2):142–153. <https://doi.org/10.1111/nuf.12013>
189. Lu KY, Pan SM, Lee LL, Shia LY, Chang YY. The influence of professional commitment on turnover intention. *Kaohsiung J Med Sci.* 2001;17(7):364–371.
190. Shih FJ, Liao YC, Chan SM, Duh BR, Gau ML. The impact of the 9-21 earthquake experiences of Taiwanese nurses as rescuers. *Soc Sci Med.* 2002;55(4):659–672. [https://doi.org/10.1016/s0277-9536\(01\)00194-0](https://doi.org/10.1016/s0277-9536(01)00194-0)
191. Park WY, Yoon SH. [The mediating role of organizational citizenship behavior between organizational justice and organizational effectiveness in nursing organizations]. *J Korean Acad Nurs.* 2009 Apr;39(2):229–236. Korean. <https://doi.org/10.4040/jkan.2009.39.2.229>
192. Cheah WL, Giloi N, Chang CT, Lim JF. The Perception, Level of Safety Satisfaction and Safety Feedback on Occupational Safety and Health Management among Hospital Staff Nurses in Sabah State Health Department. *Malays J Med Sci.* 2012;19(3):57–63.
193. Memarian R, Ahmadi F, Vaismoradi M. The leadership concept in Iranian nursing. *Int Nurs Rev.* 2008;55(1):48–54. <https://doi.org/10.1111/j.1466-7657.2007.00587.x>
194. Ravari A, Bazargan-Hejazi S, Ebadi A, Mirzaei T, Oshvandi K. Work values and job satisfaction: a qualitative study of Iranian nurses. *Nurs Ethics.* 2013;20(4):448–458. <https://doi.org/10.1177/0969733012458606>
195. Nasrabadi AN, Forooshani ZS, Rafiee F. Altruism the Essence of the Iranian Nurses' Job Satisfaction: A Qualitative Study. *Glob J Health Sci.* 2016;8(8):50269. <https://doi.org/10.5539/gjhs.v8n8p13>
196. Trevizan MA, Mendes IA, Hayashida M, de Godoy S, Nogueira MS. La búsqueda del compromiso actitudinal: tendencia de la conducta ética del enfermero gerente [The search for attitudinal commitment: tendency in the manager nurse's ethical behavior]. *Rev Esc Enferm USP.* 2009;43(3):721–725. Portuguese. <https://doi.org/10.1590/s0080-62342009000300031>
197. Pesut B, Fowler M, Reimer-Kirkham S, Taylor EJ, Sawatzky R. Particularizing spirituality in points of tension: enriching the discourse. *Nurs Inq.* 2009;16(4):337–346. <https://doi.org/10.1111/j.1440-1800.2009.00462.x>
198. Kagan I, Itzhaki M, Melnikov S. Patriotism, organizational commitment and nurses' intention to report for work in emergencies. *Int Nurs Rev.* 2017;64(4):468–475. <https://doi.org/10.1111/inr.12395>
199. Antia BE, Bertin FD. Multilingualism and healthcare in Nigeria: a management perspective. *Commun Med.* 2004;1(2):107–117. <https://doi.org/10.1515/come.2004.1.2.107>
200. Timmermans K. Developing countries and trade in health services: which way is forward? *Int J Health Serv.* 2004;34(3):453–466. <https://doi.org/10.2190/323D-0VJ3-XC58-VXHU>
201. London L, Baldwin-Ragaven L. Human rights and health: challenges for training nurses in South Africa. *Curationis.* 2008;31(1):5–18. <https://doi.org/10.4102/curationis.v31i1.898>
202. Anyangwe SC, Mtonga C. Inequities in the global health workforce: the greatest impediment to health in sub-Saharan Africa. *Int J Environ Res Public Health.* 2007;4(2):93–100. <https://doi.org/10.3390/ijerph2007040002>
203. Adzei FA, Atinga RA. Motivation and retention of health workers in Ghana's district hospitals: addressing the critical issues. *J Health Organ Manag.* 2012;26(4-5):467–485. <https://doi.org/10.1108/14777261211251535>
204. Kasper J, Bajunirwe F. Brain drain in sub-Saharan Africa: contributing factors, potential remedies and the role of academic medical centres. *Arch Dis Child.* 2012;97(11):973–979. <https://doi.org/10.1136/archdischild-2012-301900>
205. Rodriguez-Madrid MN, Pastor-Moreno G, Albert-Lopez E, Pastor-Valero M. "You knew you had to be there, it had to be done": Experiences of health professionals who faced the COVID-19 pandemic in one public hospital in Spain. *Front Public Health.* 2023;11:1089565. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1089565>
206. Langster HJ, Cutrer S. A Scoping Review of the Impact of Downsizing on Survivors. *J Nurs Adm.* 2021;51(6):329–333. <https://doi.org/10.1097/NNA.0000000000001022>
207. Soto-Rubio A, Giménez-Espert MDC, Prado-Gascó V. Effect of Emotional Intelligence and Psychosocial Risks on Burnout, Job Satisfaction, and Nurses' Health during the COVID-19 Pandemic. *Int J Environ Res Public Health.* 2020;17(21):7998. <https://doi.org/10.3390/ijerph17217998>
208. Gander P, O'Keefe K, Santos-Fernandez E, Huntington A, Walker L, Willis J. Development and evaluation of a matrix for assessing fatigue-related risk, derived from a national survey of nurses' work patterns. *Int J Nurs Stud.* 2020;112:103573. <https://doi.org/10.1016/j.ijnurstu.2020.103573>
209. Jun J, Ojemeni MM, Kalamani R, Tong J, Crecelius ML. Relationship between nurse burnout, patient and organizational outcomes: Systematic review. *Int J Nurs Stud.* 2021;119:103933. <https://doi.org/10.1016/j.ijnurstu.2021.103933>
210. Atalla ADG, El-Ashry AM, Mohamed SMS. The influence of job enrichment on job embeddedness and sick presenteeism among nurses. *Int Nurs Rev.* 2025;72(2):e13043. <https://doi.org/10.1111/inr.13043>
211. Rodríguez-Fernández M, Herrera J, de Las Heras-Rosas C. Model of Organizational Commitment Applied to Health Management Systems. *Int J Environ Res Public Health.* 2021;18(9):4496. <https://doi.org/10.3390/ijerph18094496>
212. Renkema M, de Leede J, Van Zyl LE. High-involvement HRM and innovative behaviour: The mediating roles of nursing staff's autonomy and affective commitment. *J Nurs Manag.* 2021;29(8):2499–2514. <https://doi.org/10.1111/jonm.13390>
213. Gong Z, Van Swol LM, Wang X. Study on the Relationship between Nurses' Mentoring Relationship and Organizational Commitment. *Int J Environ Res Public Health.* 2022;19(20):13362. <https://doi.org/10.3390/ijerph192013362>
214. McCamey D. Making space and taking space: Promoting inclusion and belonging, a crucial imperative for nurse practitioner organizations. *J Am Assoc Nurse Pract.* 2023;35(9):531–533. <https://doi.org/10.1097/JXX.0000000000000938>
215. Gibson I, Kerins C, Foley L, Hynes L, Byrne M, Murphy AW, Reardon CM, McEvoy JW, Meade O. Factors influencing implementation of digital cardiac rehabilitation: A qualitative analysis of health workers perspectives. *HRB Open Res.* 2024;7:50. <https://doi.org/10.12688/hrbopenres.13929.1>
216. Sommer D, Wilhelm S, Wahl F. Nurses' Workplace Perceptions in Southern Germany—Job Satisfaction and Self-Intended Retention towards Nursing. *Healthcare (Basel).* 2024;12(2):172. <https://doi.org/10.3390/healthcare12020172>
217. Adam D, Berschick J, Schiele JK, Bogdanski M, Schröter M, Steinmetz M, Koch AK, Sehouli J, Reschke S, Stritter W, Kessler CS, Seifert G. Interventions to reduce stress and prevent burnout in

- healthcare professionals supported by digital applications: a scoping review. *Front Public Health*. 2023;11:1231266. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1231266>
218. Mather CA, Cummings EA, Gale F. Advancing mobile learning in Australian healthcare environments: nursing profession organisation perspectives and leadership challenges. *BMC Nurs*. 2018;17:44. <https://doi.org/10.1186/s12912-018-0313-z>
219. Watson AL. Ethical considerations for artificial intelligence use in nursing informatics. *Nurs Ethics*. 2024;31(6):1031–1040. <https://doi.org/10.1177/09697330241230515>
220. Jeon HG, Jang KS, Kim EA. [The Influence of Diversity Management of Nursing Organization on Organizational Commitment: Double Mediating Effect of Diversity Sensitivity Orientation and Positive Nursing Organizational Culture]. *J Korean Acad Nurs*. 2024;54(3):403–417. Korean. <https://doi.org/10.4040/jkan.23120>
221. Morrison V, Hauch RR, Perez E, Bates M, Sepe P, Dans M. Diversity, Equity, and Inclusion in Nursing: The Pathway to Excellence Framework Alignment. *Nurs Adm Q*. 2021;45(4):311–323. <https://doi.org/10.1097/NAQ.0000000000000494>
222. Logroño KJ, Al-Lenjawi BA, Singh K, Alomari A. Assessment of nurse's perceived just culture: a cross-sectional study. *BMC Nurs*. 2023;22(1):348. <https://doi.org/10.1186/s12912-023-01478-4>
223. Ito A, Sasaki M, Yonekura Y, Ogata Y. Impact of organizational justice and manager's mental health on staff nurses' affective commitment: A multilevel analysis of the work environment of hospital nurses in Japan-Part II (WENS-J-II). *Int J Nurs Stud Adv*. 2023;5:100137. <https://doi.org/10.1016/j.ijnsa.2023.100137>
224. Buss J, Arnold D. Communicative action, a path through the dissonance between nursing and corporate healthcare values. *Nurs Inq*. 2023;30(4):e12581. <https://doi.org/10.1111/nin.12581>
225. Lee AG, Carter KD. Managing the new mandate in resident education: a blueprint for translating a national mandate into local compliance. *Ophthalmology*. 2004;111(10):1807–1812. <https://doi.org/10.1016/j.optha.2004.04.021>
226. Choi SO. [The development of an organizational socialization process model for new nurses using a system dynamics approach]. *Taehan Kanho Hakhoe Chi*. 2005;35(2):323–335. Korean. <https://doi.org/10.4040/jkan.2005.35.2.323>
227. Callaghan L. The use of collaboration in personal outcomes. *Int J Health Care Qual Assur Inc Leadersh Health Serv*. 2006;19(4-5):384–399. <https://doi.org/10.1108/09526860610680030>
228. Hsu MY, Kernohan G. Dimensions of hospital nurses' quality of working life. *J Adv Nurs*. 2006;54(1):120–131. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2648.2006.03788.x>
229. Schrems BM. Mind the gaps in ethical regulations of nursing research. *Nurs Ethics*. 2013;20(3):336–347. <https://doi.org/10.1177/0969733012462051>
230. Hofmeyer A, Marck PB. Building social capital in healthcare organizations: thinking ecologically for safer care. *Nurs Outlook*. 2008;56(4):145–151.e2. <https://doi.org/10.1016/j.outlook.2008.01.001>

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Кузьмин Константин Викторович** ✉ — кандидат исторических наук, доцент; руководитель Координационного научно-методического центра по социальной работе в системе здравоохранения Свердловской области государственного бюджетного профессионального учреждения «Свердловский областной медицинский колледж».

<https://orcid.org/0000-0002-9063-4642>

**Петрова Лариса Евгеньевна** — кандидат социологических наук, доцент, профессор кафедры социокультурного развития территории муниципального образовательного учреждения выс-

## INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Konstantin V. Kuzmin** ✉ — Cand. Sci. (History), Assoc. Prof., Head of the Coordination Scientific and Methodological Center for Social Work in the Healthcare System of the Sverdlovsk Region, Sverdlovsk Regional Medical College.

<https://orcid.org/0000-0002-9063-4642>

**Larisa E. Petrova** — Cand. Sci. (Sociology), Assoc. Prof., Professor of the Department of Sociocultural Development of the Territory, Yekaterinburg Academy of Contemporary Art (Institute).

<https://orcid.org/0000-0003-2981-916X>

шего образования «Екатеринбургская академия современного искусства (институт)».

<https://orcid.org/0000-0003-2981-916X>

**Харченко Вера Сергеевна** — кандидат социологических наук, зав. кафедрой медиакоммуникаций федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Уральский федеральный университет имени Первого президента России Б.Н. Ельцина».

<https://orcid.org/0000-0002-0909-6550>

**Vera S. Kharchenko** — Cand. Sci. (Sociology), Head of the Department of Media Communications, Ural Federal University named after the First President of Russia B.N. Yeltsin.

<https://orcid.org/0000-0002-0909-6550>

✉ Автор, ответственный за переписку / Corresponding author



