

ВЕСТНИК УГМУ

Научно-практический журнал



2025

Т. 10 | № 1





ISSN 2713-2900 (online)

Вестник УГМУ

2025. Т. 10, № 1

«Вестник УГМУ» — рецензируемый научно-практический журнал, сферой интересов которого являются исследования в области теории и практики медицины, вопросы медицинского образования в России, а также другие аспекты научной и практической медицины.

Миссия журнала — увеличение публикационной активности талантливой научной молодежи, способной реализовать исследования в области медицины на высоком уровне и представить их итоги для дальнейшего обсуждения и апробации в научном сообществе. Кроме того, издание предоставляет площадку квалифицированным специалистам для обсуждения вопросов медицинского образования в России и за рубежом, а также проблем теории и практики современной медицины.

Журнал принимает к публикации: оригинальные статьи, обзоры, мнения экспертов, дискуссионные, методические и информационные статьи, эссе, комментарии, а также рецензии на новые, наиболее значимые научные издания в области теории и практики медицины.

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций. Свидетельство о регистрации средства массовой информации ЭЛ № ФС 77-79674 от 27.11.2020 г.

Журнал не маркируется знаком информационной продукции в соответствии с п. 2 ст. 1 федерального закона РФ от 29.12.2010 г. № 436-ФЗ как содержащий научную информацию.

Журнал индексируется в Российском индексе научного цитирования (РИНЦ).

Учредитель:	Уральский государственный медицинский университет, 620028, Россия, Екатеринбург, ул. Репина, 3
Издатель:	Уральский государственный медицинский университет, 620028, Россия, Екатеринбург, ул. Репина, 3
Сайт:	vestnikusmu.ru
E-mail:	rio@usma.ru
Телефон:	+7 (343) 214-85-65
Адрес редакции:	620028, Россия, Екатеринбург, ул. Репина, 3, каб. 419

На обложке изображен фрагмент с картины: Татьяна Лившиц. *Итоги дня. 1974–1975.* Холст, темпера. 72×80 см. Белгородский государственный художественный музей (Россия)

© Уральский государственный медицинский университет, 2025

Главный редактор

Ольга Петровна Ковтун — доктор медицинских наук, профессор, академик РАН, ректор, Уральский государственный медицинский университет, Екатеринбург, Россия

Заместитель главного редактора

Елена Владимировна Кудрявцева — доктор медицинских наук, доцент, заведующий центральной научно-исследовательской лабораторией, институт фундаментальной медицины, Уральский государственный медицинский университет, Екатеринбург, Россия

Ответственный секретарь

Екатерина Владимировна Ровнушкина — специалист книжного дела, магистр техники и технологии, руководитель редакционно-издательского отдела, Уральский государственный медицинский университет, Екатеринбург, Россия

Редакционная коллегия

Владимир Викторович Базарный — доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры патологической физиологии, директор института фундаментальной медицины, Уральский государственный медицинский университет, Екатеринбург, Россия

Ирина Вениаминовна Вахлова — доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой госпитальной педиатрии, директор института педиатрии и репродуктивной медицины, Уральский государственный медицинский университет, Екатеринбург, Россия

Надежда Владимировна Изможерова — доктор медицинских наук, доцент, заведующий кафедрой фармакологии и клинической фармакологии, директор института клинической фармакологии и фармации, Уральский государственный медицинский университет, Екатеринбург, Россия

Юлия Владимировна Мандра — доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры терапевтической стоматологии и пропедевтики стоматологических заболеваний, директор института стоматологии, Уральский государственный медицинский университет, Екатеринбург, Россия

Галия Максумовна Насыбуллина — доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры гигиены и медицины труда, директор института профилактической медицины, Уральский государственный медицинский университет, Екатеринбург, Россия

Алебай Усманович Сабитов — доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой инфекционных болезней, фтизиатрии и пульмонологии, директор института клинической медицины, Уральский государственный медицинский университет, Екатеринбург, Россия

Сергей Александрович Чернядьев — доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой хирургических болезней, директор института хирургии, Уральский государственный медицинский университет, Екатеринбург, Россия



ISSN 2713-2900 (online)

USMU Medical Bulletin

2025. Vol. 10, No. 1

USMU Medical Bulletin – a peer-reviewed scientific and practical journal whose area of interest is research in the field of theory and practice of medicine, issues of medical education in Russia, as well as other aspects of scientific and practical medicine.

The Journal's mission is to increase the publication activity of talented scientific youth who are able to implement research in the field of medicine at a high level and present their results for further discussion and testing in the scientific community. In addition, the publication provides a platform for qualified specialists to discuss issues of medical education in Russia and abroad, as well as problems of theory and practice of modern medicine.

The Journal publishes original articles, reviews, expert opinions, discussion, methodological and informational articles, essays, comments, as well as reviews of new, most significant academic publications in the field of theory and practice of medicine.

The Journal is registered by the Federal Service for Supervision of Communications, Information Technology, and Mass Media. Mass Media Registration Certificate EL FS77-79674 as of November 27, 2020.

The Journal is not marked with the Sign of Information Products in accordance with Paragraph 2 of Article 1 of the Federal Law of the Russian Federation No. 436-FL of December 29, 2010 as containing scientific information.

The Journal is indexed in Science Index (eLibrary).

Founder:	Ural State Medical University, 3, Repina Str., 620028 Ekaterinburg, Russia
Publisher:	Ural State Medical University, 3, Repina Str., 620028 Ekaterinburg, Russia
Website:	vestnikusmu.ru
E-mail:	rio@usma.ru
Phone:	+7 (343) 214-85-65
Editorial Office Address:	Room 419, 3, Repina Str., 620028, Ekaterinburg, Russia

© Ural State Medical University, 2025

Editor-in-Chief

Olga P. Kovtun – Doctor of Sciences (Medicine), Professor, Full Member (Academician) of the Russian Academy of Sciences, Rector, Ural State Medical University, Ekaterinburg, Russia

Deputy Editor

Elena V. Kudryavtseva – Doctor of Sciences (Medicine), Associate Professor, Head of the Central Research Laboratory, Institute of Fundamental Medicine, Ural State Medical University, Ekaterinburg, Russia

Managing Editor

Ekaterina V. Rovnushkina – Specialist of Publishing, Master of Engineering and Technology, Head of the Editorial and Publishing Department, Ural State Medical University, Ekaterinburg, Russia

Editorial Board

Vladimir V. Bazarnyi – Doctor of Sciences (Medicine), Professor, Professor of the Department of Pathological Physiology, Director of the Institute of Fundamental Medicine, Ural State Medical University, Ekaterinburg, Russia

Irina V. Vakhlova – Doctor of Sciences (Medicine), Professor, Head of the Department of Hospital Pediatrics, Director of the Institute of Pediatrics and Reproductive Medicine, Ural State Medical University, Ekaterinburg, Russia

Nadezhda V. Izmozherova – Doctor of Sciences (Medicine), Associate Professor, Head of the Department of Pharmacology and Clinical Pharmacology, Director of the Institute of Clinical Pharmacology and Pharmacy, Ural State Medical University, Ekaterinburg, Russia

Yulia V. Mandra – Doctor of Sciences (Medicine), Professor, Professor of the Department of Therapeutic Dentistry and Propaedeutics Dental Diseases, Director of the Institute of Dentistry, Ural State Medical University, Ekaterinburg, Russia

Galiya M. Nasybullina – Doctor of Sciences (Medicine), Professor, Department of Hygiene and Occupational Medicine, Director of the Institute of Preventive Medicine, Ural State Medical University, Ekaterinburg, Russia

Alebay U. Sabitov – Doctor of Sciences (Medicine), Professor, Head of the Department of Infectious Diseases, Phthysiology and Pulmonology, Director of the Institute of Clinical Medicine, Ural State Medical University, Ekaterinburg, Russia

Sergej A. Chernjadyev – Doctor of Sciences (Medicine), Professor, Head of the Department of Surgical Diseases, Director of the Institute of Surgery, Ural State Medical University, Ekaterinburg, Russia

Содержание



<i>А. А. Попов, И. Ф. Гришина, Н. Б. Полетаева, Ю. А. Стяжкина, О. М. Хромцова, В. А. Меньшикова, Т. Ф. Перетолчина</i> Внедрение преподавания элементов гериатрии в рамках специальности «Лечебное дело»	7
<i>М. А. Фролова, Е. А. Балабанова, Е. П. Патлусов, А. С. Архипова</i> Сравнительная характеристика вариантов коронавируса.....	15
<i>А. С. Пономарев, Д. В. Манакова</i> Взаимосвязь между показателями пельвиометрии и антропометрическими характеристиками у студенток Уральского государственного медицинского университета	25
<i>И. А. Плотникова, В. Л. Зеленцова, Я. А. Шукшина</i> Развитие детской аллергологии на Среднем Урале: актуальное прошлое	34
<i>В. В. Шингур, И. И. Спичка</i> Экстракорпоральная терапия сепсиса — смена мишени	50
<i>Д. К. Шуленин, Ю. А. Виноградов</i> Эволюция представлений об этиологии и патогенезе кариозного процесса	60
<i>Н. С. Шабарова, А. А. Жиялков, А. В. Жиялков, Е. А. Волокитина</i> Применение текстурного анализа в МР-диагностике патологий плечевого сустава: литературный обзор	70

Contents



<i>Artem A. Popov, Irina F. Grishina, Nina B. Poletaeva, Yulia A. Styazhkina, Oksana M. Khromtsova, Vera A. Menshikova, Tatyana F. Peretolchina</i> Teaching Elements of Geriatrics Implementation Within the “General Medicine” Specialty	7
<i>Maria A. Frolova, Ekaterina A. Balabanova, Evgeny P. Patlusov, Anastasia S. Arkhipova</i> Comparative Characteristics of Coronavirus Variants	15
<i>Alexey S. Ponomarev, Darya V. Manakova</i> Correlation Between Pelvimetry Parameters and Anthropometric Characteristics in Female Students of Ural State Medical University	25
<i>Inga A. Plotnikova, Vera L. Zelentsova, Yana A. Shukshina</i> Development of Pediatric Allergology in the Middle Urals: Topical Past	34
<i>Vladislav V. Shingur, Igor I. Spichka</i> Extracorporeal Therapy of Sepsis — Target Change	50
<i>Dmitriy K. Shulenin, Yuriy A. Vinogradov</i> Evolution of Ideas About the Etiology and Pathogenesis of the Carious Process.....	60
<i>Natalia S. Shabarova, Alexander A. Zhilyakov, Andrey V. Zhilyakov, Elena A. Volokitina</i> Application of Texture Analysis in the MR-Diagnosis of Shoulder Pathologies: A Literature Review	70

<https://doi.org/10.52420/usmumb.10.1.e00132>

<https://elibrary.ru/AWZJXE>

Краткое сообщение

Внедрение преподавания элементов гериатрии в рамках специальности «Лечебное дело»

Артём Анатольевич Попов✉, Ирина Фёдоровна Гришина,
Нина Борисовна Полетаева, Юлия Александровна Стяжкина,
Оксана Михайловна Хромцова, Вера Александровна Меньшикова,
Татьяна Фёдоровна Перетолчина

Уральский государственный медицинский университет, Екатеринбург, Россия

✉ art_popov@mail.ru

Аннотация. Увеличение продолжительности жизни и доли лиц пожилого и старческого возраста определило в настоящее время необходимость повышения знаний врачей всех специальностей, в особенности первичного звена здравоохранения, в области гериатрии. Поскольку, согласно действующему законодательству, выпускники медицинских вузов по специальности «Лечебное дело» имеют право работать в должности участкового терапевта, освещение вопросов ведения лиц пожилого и старческого возраста в рамках программы специалитета представляется актуальным. В статье изложены некоторые аспекты преподавания вопросов гериатрии в рамках дисциплин «Поликлиническая терапия» и «Госпитальная терапия» студентам Уральского государственного медицинского университета, обучающимся по специальности «Лечебное дело». Авторский коллектив представляет опыт подготовки будущих врачей к работе с лицами пожилого и старческого возраста для повышения профессиональной квалификации будущих специалистов и качества оказания первичной медицинской помощи гериатрическим больным.

Ключевые слова: гериатрия • лечебное дело • поликлиническая терапия • госпитальная терапия • участковый терапевт • гериатрический пациент

Для цитирования: Попов АА, Гришина ИФ, Полетаева НБ, Стяжкина ЮА, Хромцова ОМ, Меньшикова ВА, и др. Внедрение преподавания элементов гериатрии в рамках специальности «Лечебное дело». *Вестник УГМУ*. 2025;10(1):e00132. DOI: <https://doi.org/10.52420/usmumb.10.1.e00132>. EDN: <https://elibrary.ru/AWZJXE>.

© Попов А. А., Гришина И. Ф., Полетаева Н. Б., Стяжкина Ю. А., Хромцова О. М., Меньшикова В. А., Перетолчина Т. Ф., 2025

© Popov A. A., Grishina I. F., Poletaeva N. B., Styazhkina Yu. A., Khromtsova O. M., Menshikova V. A., Peretolchina T. F., 2025

Short communication

Teaching Elements of Geriatrics Implementation Within the “General Medicine” Specialty

Artem A. Popov✉, Irina F. Grishina, Nina B. Poletaeva, Yulia A. Styazhkina,
Oksana M. Khromtsova, Vera A. Menshikova, Tatyana F. Peretolchina

Ural State Medical University, Ekaterinburg, Russia

✉ art_popov@mail.ru

Abstract. The increase in life expectancy and the proportion of elderly and senile people has determined the need to improve the knowledge of physicians of all specialties, especially primary health care, in the field of geriatrics. According to the current legislation, graduates of medical universities in the “General Medicine” specialty have the license to work as a primary care physician. So coverage of issues of managing elderly and senile people within the framework of the specialist program seems relevant. The article presents some aspects of teaching geriatric issues within the disciplines “Polyclinic Therapy” and “Hospital Therapy” to students of the Ural State Medical University studying in the specialty “General Medicine”. The team of authors presents the experience of training future doctors to work with elderly and senile people in order to improve the professional qualifications of future specialists and the quality of primary health care for geriatric patients.

Keywords: geriatrics • general medicine • polyclinic therapy • hospital therapy • general practitioner • geriatric patient

For citation: Popov AA, Grishina IF, Poletaeva NB, Styazhkina YA, Khromtsova OM, Menshikova VA, et al. Teaching elements of geriatrics implementation within the “General Medicine” specialty. *USMU Medical Bulletin*. 2025;10(1):e00132. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.52420/usmumb.10.1.e00132>. EDN: <https://elibrary.ru/AWZJXE>.

Введение

В первой четверти XXI в. наблюдается статистически значимое увеличение продолжительности жизни, следовательно, доля лиц пожилого и старческого возраста в структуре населения большинства развитых стран стабильно увеличивается [1]. Обсуждаемая возрастная страта популяции характеризуется мультиморбидностью, высокой частотой гериатрических синдромов и снижением независимости в повседневной жизни [2]. Для сохранения достойного качества жизни пожилых и долгожителей требуются особые меры социальной, экономической, психологической поддержки, а также специализированное медицинское сопровождение [3].

В 2016 г. Минздрав России утвердил порядок оказания медицинской помощи населению по профилю «Гериатрия» [4]. В 2019 г. утвержден профес-

сиональный стандарт «Врач-гериатр» [5]. Вместе с тем в лечебно-профилактических учреждениях возникла острая потребность в квалифицированных медицинских кадрах, при этом не только в гериатрах, но и грамотных специалистах, прежде всего первичного звена, способных в рамках своей профессии диагностировать и лечить нозологии с учетом возрастных особенностей больных, а также своевременно и правильно маршрутизировать гериатрических пациентов [6, 7]. Согласно приказу Минтруда России № 293н от 21 марта 2017 г., выпускники медицинского вуза по специальности «Лечебное дело» имеют право после прохождения первичной аккредитации работать в должности участковых терапевтов [8]. Одним из путей повышения уровня профессиональных знаний по вопросам ведения лиц пожилого и старческого возраста может стать внедрение преподавания элементов гериатрии уже на этапе специалитета.

Преподавание вопросов гериатрии в рамках дисциплины «Поликлиническая терапия»

Исходя из того, что большинство студентов Уральского государственного медицинского университета (УГМУ) после окончания 6 курса будет работать в качестве участкового терапевта, своевременно и актуально внедрение элементов гериатрии в преподавание дисциплины «Поликлиническая терапия».

На протяжении ряда лет в рамках практических занятий по поликлинической терапии и студенческого амбулаторного приема особое внимание уделяется гериатрическим аспектам: особенностям диагностики и дифференциальной диагностики, а также терапии пожилых лиц с учетом коморбидности и наличия гериатрических синдромов, вопросам полипрагмазии и методике депрескрайбинга, гериатрической деонтологии [9, 10].

Для облегчения самостоятельной работы студентов и их подготовки к практическим занятиям сотрудники кафедры поликлинической терапии УГМУ активизировали работу по созданию электронного комплекса методических разработок по наиболее часто встречающимся в терапевтической практике нозологиям в пожилом возрасте, где особое внимание уделено вопросам тактики ведения пациентов этой категории. К настоящему времени уже выпущено учебное пособие «Избранные вопросы ведения пациента пожилого возраста в терапевтической практике. Гастроэнтерология» [11], запланирован выпуск изданий по кардиологии, пульмонологии, ревматологии.

В рамках работы студенческого научного кружка кафедры ведется исследование в области проблем раннего старения и развития возраст-ассоциированных заболеваний.

Для расширения профессионального кругозора на кафедрах УГМУ терапевтического профиля практикуется и приветствуется совместное посещение студентами и преподавателями научно-практических конференций по профилю «Гериатрия».

Преподавания вопросов гериатрии в рамках дисциплины «Госпитальная терапия»

Кафедра госпитальной терапии УГМУ ведет преподавание на клинических базах (центральные городские клинические больницы № 6 и 3, Свердловский областной клинический психоневрологический госпиталь для ветеранов войн (Екатеринбург)), имеющих гериатрические отделения, что позволяет в прямом контакте с пациентами изучать течение патологии внутренних органов у лиц пожилого и старческого возраста в рамках обязательной дисциплины «Госпитальная терапия». Кроме того, сотрудниками кафедры госпитальной терапии разработаны программы дисциплин по выбору «Актуальные вопросы клинической геронтологии и гериатрии», «Коморбидные состояния в практике врача-терапевта», также вопросы питания пожилых и долгожителей рассматриваются в рамках дисциплины «Клиническая диетология». На базе центральной городской больницы № 7 (Екатеринбург) организован центр профилактики повторных переломов, где студенты ведут научную работу по изучению частоты гериатрических синдромов у перенесших малотравматичные переломы под руководством доцента кафедры М. И. Фоминых [12]. Также студенты имеют возможность участвовать в специализированном амбулаторном приеме женщин в постменопаузе, который ведут сотрудники и ординаторы кафедр госпитальной терапии, фармакологии и клинической фармакологии УГМУ [13]. По итогам исследований студенты и ординаторы ежегодно публикуют научные работы, посвященные гериатрической тематике. Кроме того, в течение последних 5 лет в УГМУ ежегодно проводятся совместные конференции кружков научного общества молодых ученых и студентов терапевтических кафедр по возрастным аспектам внутренней патологии. С учетом потребностей практического здравоохранения и требований профессионального стандарта «Врач-лечебник» разработана программа дисциплины по выбору «Актуальные вопросы клинической геронтологии и гериатрии» для студентов 4 курса [8].

Освоение навыков обследования гериатрического пациента в рамках практики «Помощник врача стационара» и «Помощник врача амбулаторно-поликлинического учреждения»

Теоретические знания, полученные в ходе изучения обсуждаемых дисциплин, для завершения формирования компетенции нуждаются в многократной отработке в условиях имитированной и реальной клинической практики. Внедрение элементов комплексной гериатрической оценки в ходе практики начато с пилотного исследования применения студентами алгоритма оценки абсолютного индивидуального риска переломов у пациентов пожилого возраста, которое позволило выявить ряд сложностей и наиболее типичных ошибок в выполнении и интерпретации результатов обследования, а также определить перечень необходимых коррекционных мероприятий [14].

Включение вопросов гериатрии в фонд оценочных средств для государственной итоговой аттестации выпускников

Включение вопросов гериатрии в образовательный процесс не может считаться успешным без адекватной оценки компетентности выпускников в ходе государственной итоговой аттестации, в связи с чем междисциплинарной рабочей группой сотрудников подавляющего большинства клинических кафедр УГМУ создано учебное пособие «Сборник типовых междисциплинарных ситуационных задач», призванный повысить качество подготовки к аттестации [15]. Издание охватывает широкий спектр клинических случаев, позволяющих оценить способность выпускника не только распознать и лечить возраст-ассоциированную патологию, но и продемонстрировать знание законодательной базы, этических принципов и других аспектов работы с пациентами пожилого и старческого возраста.

Заключение

Таким образом, внедрение преподавания элементов гериатрии студентам старших курсов медицинского университета, независимо от будущей специальности, позволяет расширить представления обучающихся об особенностях ведения гериатрических пациентов, что в дальнейшем может положительно повлиять на качество первичной медицинской помощи лицам пожилого и старческого возраста. Активное участие студентов в научной работе совместно с преподавателями является перспективным подходом профориентации, позволяющим выпускникам осознаннее подходить к выбору ординатуры и профессиональной переподготовки по специальности «Гериатрия».

Список источников • References

1. United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. *World population ageing: 1950–2050*. New York: United Nations; 2002. Available from: <https://clck.ru/3GvMS4> [accessed 28 November 2024].
2. Остапенко ВС. Распространенность и структура гериатрических синдромов у пациентов амбулаторно-поликлинических учреждений г. Москвы [автореферат дис. ... канд. мед. наук]. Москва; 2017. 24 с.
3. Ткачева ОН, Фролова ЕВ, Яхно НН (ред.). *Гериатрия. Национальное руководство*. Москва: ГЭОТАР-Медиа; 2018. 608 с.
4. *Об утверждении Порядка оказания медицинской помощи по профилю «гериатрия»* [приказ М-ва здравоохранения РФ от 28 января 2016 г. № 38 н]. Доступ по: <https://clck.ru/3GvQVJ> [обращение 28 ноября 2024].
5. *Об утверждении профессионального стандарта «Врач-гериатр»* [приказ М-ва труда и соц. защиты РФ от 17 июня 2019 г. № 413н]. Доступно по: <https://clck.ru/3GvRoW> [обращение 28 ноября 2024].

6. Новокрещенова ИГ, Сенченко ИК. Качество оказания медицинской помощи пожилым в амбулаторно-поликлинических условиях: по данным социологического исследования. *Саратовский научно-медицинский журнал*. 2014;10(1):21–26. EDN: <https://www.elibrary.ru/SJGXDZ>.
7. Кутлуева ФА, Попов АА. Оценка частоты и тяжести старческой астении у пациентов территориального терапевтического участка. *Терапия*. 2023;9(3S):247–248. EDN: <https://www.elibrary.ru/TWMRLH>.
8. *Об утверждении профессионального стандарта «Врач-лечебник (врач-терапевт участковый)»* [приказ М-ва труда и соц. защиты РФ от 21 марта 2017 г. № 293н]. Доступно по: <https://clck.ru/3GvSmD> [обращение 28 ноября 2024].
9. Ткачева ОН, Рунихина НК, Бабенко ИВ, Воробьева НМ, Дудинская ЕН, Котовская ЕВ, и др. *Современная гериатрия для врачей первичного звена здравоохранения* [методическое пособие]. 2-е изд. Москва: Прометей; 2021. 174 с.
10. Ткачева ОН, Остроумова ОД, Котовская ЮВ (ред.). *Основы гериатрии*. Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2020. 208 с. Доступно по: <https://clck.ru/3GvTZA> [обращение 5 декабря 2024].
11. Гришина ИФ, Баженова ОВ, Бродовская ТО, Теплякова ОВ, Колотова ГБ, Хабибулина МВ, и др. *Избранные вопросы ведения пациента пожилого возраста в терапевтической практике. Гастроэнтерология* [учебное пособие]. Екатеринбург: УГМУ; 2023. 111 с. EDN: <https://www.elibrary.ru/DXOKAT>.
12. Фоминых МИ, Попов АА, Евстигнеева ЛП. Полгода работы амбулаторной службы профилактики повторных переломов. *Остеопороз и остеопатии*. 2022;25(3):130–131. DOI: <https://doi.org/10.14341/osteo13110>.
13. Изможерова НВ, Обоскалова ТА, Попов АА, Воронцова АВ. К 25-летию изучения проблем климактерия на Урале. *Вестник УГМУ*. 2020; (1–2):47–51. EDN: <https://www.elibrary.ru/DZJFGL>.
14. Попов АА, Теплякова ОВ, Воронцова АВ, Сарапулова АВ, Богословская ЛВ. Пилотное исследование применения алгоритма прогнозирования 10-летнего абсолютного риска переломов с помощью калькулятора FRAX® в структуре производственной практики «Помощник врача». *Остеопороз и остеопатии*. 2018;21(4):4–9. DOI: <https://doi.org/10.14341/osteo9771>.
15. Бородулина ТВ, Гринев АГ, Вишнева ЕМ (ред.). *Сборник типовых междисциплинарных ситуационных задач* [учебное пособие для студентов, обучающихся по специальности 31.05.01 Лечебное дело]. 3-е изд., перераб. и доп. Москва: Издательский дом Академии Естествознания, 2024. 264 с. DOI <https://doi.org/10.17513/np.586>.

Информация об авторах

Артём Анатольевич Попов  — доктор медицинских наук, доцент, заведующий кафедрой госпитальной терапии, институт клинической медицины, Уральский государственный медицинский университет, Екатеринбург, Россия.

E-mail: art_popov@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6216-2468>

Ирина Фёдоровна Гришина — доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой поликлинической терапии, институт клинической медицины, Уральский государственный медицинский университет, Екатеринбург, Россия.

E-mail: grishif@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-8643-1825>

Нина Борисовна Полетаева — кандидат медицинских наук, доцент кафедры поликлинической терапии, институт клинической медицины, Уральский государственный медицинский университет, Екатеринбург, Россия.

E-mail: ninanova@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7674-2893>

Юлия Александровна Стяжкина — ассистент кафедры поликлинической терапии, институт клинической медицины, Уральский государственный медицинский университет, Екатеринбург, Россия.

E-mail: nadeyulya@yandex.ru

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-6259-4592>

Оксана Михайловна Хромцова — доктор медицинских наук, доцент, доцент кафедры госпитальной терапии, институт клинической медицины, Уральский государственный медицинский университет, Екатеринбург, Россия.

E-mail: oksanamed7@yandex.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0763-0542>

Вера Александровна Меньшикова — кандидат медицинских наук, доцент кафедры госпитальной терапии, институт клинической медицины, Уральский государственный медицинский университет, Екатеринбург, Россия.

E-mail: m-wera@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-8771-0862>

Татьяна Фёдоровна Перетолчина (1958–2025) — доктор медицинских наук, профессор, Уральский государственный медицинский университет, Екатеринбург, Россия.

E-mail: estvmed2011@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-5289-9711>

Information about the authors

Artem A. Popov✉ — Doctor of Sciences (Medicine), Associate Professor, Head of the Department of Hospital Therapy, Institute of Clinical Medicine, Ural State Medical University, Ekaterinburg, Russia.

E-mail: art_popov@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6216-2468>

Irina F. Grishina — Doctor of Sciences (Medicine), Professor, Head of the Department of Polyclinic Therapy, Institute of Clinical Medicine, Ural State Medical University, Ekaterinburg, Russia.

E-mail: grishif@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-8643-1825>

Nina B. Poletaeva — Candidate of Sciences (Medicine), Associate Professor of the Department of Polyclinic Therapy, Institute of Clinical Medicine, Ural State Medical University, Ekaterinburg, Russia.

E-mail: ninanova@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7674-2893>

Yulia A. Styazhkina — Assistant of the Department of Polyclinic Therapy, Institute of Clinical Medicine, Ural State Medical University, Ekaterinburg, Russia.

E-mail: nadeyulya@yandex.ru

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-6259-4592>

Oksana M. Khromtsova — Doctor of Sciences (Medicine), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Hospital Therapy, Institute of Clinical Medicine, Ural State Medical University, Ekaterinburg, Russia.

E-mail: oksanamed7@yandex.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0763-0542>

Vera A. Menshikova — Candidate of Sciences (Medicine), Associate Professor of the Department of Hospital Therapy, Institute of Clinical Medicine, Ural State Medical University, Ekaterinburg, Russia.

E-mail: m-wera@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-8771-0862>

Tatiana F. Peretolchina (1958–2025) — Doctor of Sciences (Medicine), Professor, Ural State Medical University, Ekaterinburg, Russia.

E-mail: estvmed2011@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-5289-9711>

<https://doi.org/10.52420/usmumb.10.1.e00124>

<https://elibrary.ru/BNENKW>

Статья

Сравнительная характеристика вариантов коронавируса

Мария Александровна Фролова¹✉, Екатерина Александровна Балабанова¹,
Евгений Павлович Патлусов^{1,2}, Анастасия Сергеевна Архипова²

¹ Уральский государственный медицинский университет, Екатеринбург, Россия

² 5 военный клинический госпиталь войск национальной гвардии
Российской Федерации, Екатеринбург, Россия

✉ m.frolova02@yandex.ru

Аннотация. Вспышка COVID-19 возникла в конце 2019 г. в Ухане (Китай). Коронавирусная инфекция — острое инфекционное заболевание, возбудителем которой является РНК-геномный вирус рода *Betacoronavirus* семейства *Coronaviridae*. В настоящее время количество вариантов SARS-CoV-2 превышает 1 000 различных генетических линий, при этом значимость в эпидемиологическом плане имеют варианты: альфа, бета, гамма, дельта и омикрон. По сравнению с 2022 г. заболеваемость в 2023 г. снизилась на 82,9 %. *Цель исследования* — анализ изменения клинической и эпидемиологической картин в зависимости от циркулирующего варианта коронавируса. *Материалы и методы.* Ретроспективный анализ историй болезни 551 пациентов, которые находились на лечении по поводу коронавирусной инфекции в 5 военном клиническом госпитале войск национальной гвардии Российской Федерации, за период с мая 2020 г. по декабрь 2022 г. Проведен литературный обзор материалов исследований отечественных и зарубежных авторов с использованием поисковых систем «КиберЛенинка», PubMed. Описан один клинический случай. *Результаты.* Варианту «Ухань» чаще всего подвергалось молодое население, а остальные — поражали людей старше 60 лет. Беременные женщины более восприимчивы к вариантам «Ухань» и дельта. Циркулирующие варианты коронавируса сравнивались по степени поражения легких, оценка проводилась по данным компьютерной томографии, при этом, начиная с варианта дельта, степень поражения легких снижалась. *Выводы.* В настоящее время коронавирусная инфекция становится сезонной; наибольшие изменения при коронавирусе обнаруживают в легких; среди исходов всех штаммов преобладает острый респираторный дистресс-синдром.

© Фролова М. А., Балабанова Е. А., Патлусов Е. П., Архипова А. С., 2025

© Frolova M. A., Balabanova E. A., Patlusov E. P., Arkhipova A. S., 2025

Ключевые слова: коронавирус • варианты коронавируса • «Ухань» • омикрон • дельта • «Кентавр» • клиническая значимость • эпидемиологическая значимость

Для цитирования: Фролова МА, Балабанова ЕА, Патлусов ЕП, Архипова АС. Сравнительная характеристика вариантов коронавируса. *Вестник УГМУ*. 2025;10(1): e00124. DOI: <https://doi.org/10.52420/usmumb.10.1.e00124>. EDN: <https://elibrary.ru/BNENKW>.

Article

Comparative Characteristics of Coronavirus Variants

Maria A. Frolova¹✉, Ekaterina A. Balabanova¹,
Evgeny P. Patlusov^{1,2}, Anastasia S. Arkhipova²

¹ Ural State Medical University, Ekaterinburg, Russia

² 5th Military Clinical Hospital of the Russian National Guard Troops,
Ekaterinburg, Russia

✉ m.frolova02@yandex.ru

Abstract. An outbreak of a COVID-19 occurred at the end of 2019 in the Wuhan (China). Coronavirus infection is an acute infectious disease, the causative agent of which is an RNA genomic virus of the genus *Betacoronavirus*, family *Coronaviridae*. Currently, the number of variants of SARS-CoV-2 exceeds 1 000 different genetic lines, while the following variants are significant in epidemiological terms: alpha, beta, gamma, delta and omicron. Compared to 2022, the incidence decreased by 82.9%. *The aim of the study* analysis of changes in clinical and epidemiological patterns depending on the circulating variant of the coronavirus. *Materials and methods.* A retrospective analysis of the medical histories of 551 patients who were treated for coronavirus infection at the 5th Military Clinical Hospital of the Russian National Guard Troops for the period from May 2020 to December 2022. A literary review of research materials by domestic and foreign authors using the search engines Cyberleninka, PubMed was conducted. One clinical case has been described. *Results.* A retrospective analysis of the medical histories of 551 patients who were treated for coronavirus infection at the 5th Military Clinical Hospital of the Russian National Guard Troops for the period from May 2020 to December 2022. A literary review of research materials by domestic and foreign authors using the search engines CyberLeninka, PubMed was conducted. One clinical case has been described. *Conclusions.* Currently, coronavirus infection is becoming seasonal; the greatest changes in coronavirus are found in the lungs; acute respiratory distress syndrome prevails among the outcomes of all coronavirus strains.

Keywords: coronavirus • coronavirus variants • “Wuhan” • omicron • delta • “Centaur” • clinical significance • epidemiological significance

For citation: Frolova MA, Balabanova EA, Patlusov EP, Arkhipova AS. Comparative characteristics of coronavirus variants. *USMU Medical Bulletin*. 2025;10(1):e00124. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.52420/usmumb.10.1.e00124>. EDN: <https://elibrary.ru/BNENKW>.

Список сокращений: ДАП — диффузное альвеолярное повреждение; ЖКТ — желудочно-кишечный тракт; КТ — компьютерная томография; КТ 0 — без выявления каких-либо проявлений поражения легких; КТ 1 — поражение легких до 25 %; КТ 2 — поражение легких 25–50 %; КТ 3 — поражение легких 50–75 %; КТ 4 — поражение легких более 75 %; РНК — рибонуклеиновая кислота; COVID-19 — коронавирусная инфекция 2019 г. (англ. Coronavirus Disease 2019); SARS-CoV-2 — коронавирус 2 тяжелого острого респираторного синдрома (англ. Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2).

Введение

В конце 2019 г. в Китае возникла вспышка новой коронавирусной инфекции с эпицентром в Ухане. 11 февраля 2020 г. Всемирная организация здравоохранения определила ее официальное название — коронавирусная инфекция 2019 г. (англ. Coronavirus Disease 2019, COVID-19). Коронавирусная инфекция — острое инфекционное заболевание, возбудителем которой является РНК-геномный* вирус рода *Betacoronavirus* семейства *Coronaviridae*. Этот инфекционный агент тропен к клеткам слизистой дыхательных путей и желудочно-кишечного тракта, а также легочной и нервной тканям человека [1]. Источником инфекции является больной человек, в т. ч. находящийся в инкубационном периоде заболевания, и бессимптомный носитель коронавируса 2 тяжелого острого респираторного синдрома (англ. Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2, SARS-CoV-2). Наибольшую опасность для окружающих представляет больной человек в конце инкубационного периода и первые дни болезни. Передача инфекции осуществляется воздушно-капельным, воздушно-пылевым и контактно-бытовым путями [2].

Количество вариантов SARS-CoV-2 в настоящее время превышает 1 000 различных генетических линий [1]. Однако, согласно классификации Всемирной организации здравоохранения, на данный момент выделяют альфа, бета, гамма, дельта и омикрон [3]. Их общими признаками являются высокая контагиозность и вирулентность, тяжелое течение, устойчивость возбудителей к действию вакцин и лекарственным препаратам [4, 5].

COVID-19 влияет на большое количество систем организма и вызывает различные осложнения. Так, например, со стороны сердечно-сосудистой системы могут возникнуть аритмия, декомпенсация сердечной деятельности, инфаркт миокарда; легких — легочный фиброз; нервной системы — неврологические расстройства; кровеносной — нарушение свертываемости крови.

* РНК — рибонуклеиновая кислота.

Основными причинами смерти при коронавирусе являются острый респираторный дистресс-синдром, сердечно-сосудистые осложнения и тромбоэмболия легочной артерии [6].

В 2023 г. заболеваемость населения России COVID-19 снизилась по сравнению с 2022 г. на 82,9 % (с 12,102 млн в 2022 г. до 2,072 млн в 2023 г.) во всех регионах страны; показатель заболеваемости на 100 тыс. населения составил 1 412,41, среди людей в возрасте 0–17 лет — 860,99 на 100 тыс. населения этой возрастной группы (ниже показателя 2022 г. в 7 раз) [7]. В настоящее время COVID-19 приобретает черты сезонной инфекции [8].

Цель исследования — анализ изменения клинической и эпидемиологической картин в зависимости от циркулирующего варианта коронавируса.

Материалы и методы

Проведен ретроспективный анализ историй болезни 551 пациента (197 женщин (35,75 %) и 354 мужчин (64,25 %)), находящегося на лечении по поводу COVID-19 в 5 военном клиническом госпитале войск национальной гвардии Российской Федерации. Анализ включал в себя данные заболеваемости COVID-19 за период с мая 2020 г. по декабрь 2022 г. За этот промежуток времени у пациентов выявлены следующие варианты коронавируса: «Ухань», дельта, омикрон и «Кентавр». При этом вакцинировано против COVID-19 95/551 (17,24 %) человек, полная вакцинация проведена у 63/551 (11,43 %), ревакцинировано только 2/551 (0,36 %). Вакцинация осуществлялась с помощью следующих вакцин: «Спутник V», «ЭпиВакКорона», «КовиВак».

Кроме того, проведен анализ статей, содержащих исследования о циркулирующих вариантах коронавируса, отечественных и зарубежных авторов с использованием поисковых систем «КиберЛенинка», PubMed, а также данные государственного доклада главного санитарного врача «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2023 г.». На основании изученных данных приведена сравнительная характеристика клинической и эпидемиологической картин основных вариантов. Описан один клинический случай.

Результаты

Первоначальным вариантом коронавируса является SARS-CoV-2, от которого в результате мутаций в геноме образовались последующие варианты вируса [9].

В период пандемии COVID-19 в 5 военном клиническом госпитале войск национальной гвардии Российской Федерации среди пациентов выделялись только варианты «Ухань», дельта, омикрон и «Кентавр». Их характеристика представлена в таблице, верификация вируса производилась на основании временных промежутков и клинической картины.

Таблица 1. Сравнительная характеристика выявленных вариантов коронавируса [7, 9]

Вариант (период выявления)	Количе- ство паци- ентов (n = 551), абс. (отн.)	Инкуба- ционный период, дни	Тропность	Степень поражения легких, абс./общ. (отн.) по варианту					Клиническая картина
				КТ 0	КТ 1	КТ 2	КТ 3	КТ 4	
«Ухань» (май 2020 г. — март 2021 г.)	388 (70,42)	11	Верхние ды- хательные пути	120/388 (30,93)	134/388 (34,54)	81/388 (20,88)	42/388 (10,82)	11/388 (2,83)	Температура — 38,1 °С. Основные симптомы: высокая температура, из- нурительный кашель, изменения во вкусовой чувствительности, поте- ря обоняния. Длительность заболева- ния — 11 дней
Дельта (апрель — ноябрь 2021 гг.)	160 (29,04)	9	Верхние ды- хательные пути, ниж- ние отделы ЖКТ, арте- рии и вены	68/160 (42,50)	45/160 (28,125)	39/160 (24,375)	7/160 (4,375)	1/160 (0,625)	Температура — 37,8 °С. Основные симптомы: боль в животе, рвота, тош- нота, ринорея, покраснение глаз, су- хость во рту, боль в горле. Длитель- ность заболевания — 14 дней
Омикрон (декабрь 2021 г. — июнь 2022 г.)	63 (11,43)	2–3	Верхние ды- хательные пути	36/63 (57,14)	19/63 (30,16)	8/63 (12,70)	0 (0)	0 (0)	Температура — 37,9 °С. Основные симптомы: боль в горле, осиплость голоса, сухой кашель, заложенность носа, чихание, насморк, ощущение тяжести в грудной клетке, одышка, признаки конъюнктивита и повыше- ние пульса. Длительность заболева- ния — 10–11 дней
«Кентавр» (июль — декабрь 2022 г.)	32 (5,80)	2–3	Верхние ды- хательные пути, сосу- ды поджелу- дочной желе- зы, головного мозга и мышц	28/32 (87,50)	4/32 (12,50)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	Температура — 37,7 °С. Основные симптомы: боль в горле, кашель с мо- кротой и без, боль и резь в глазах, го- ловная боль, ломота в мышцах и су- ставах, насморк, заложенность носа. Длительность заболевания — 7 дней

Примечания: КТ 0 — без выявления каких-либо проявлений поражения легких; КТ 1 — поражение легких до 25%; КТ 2 — поражение легких 25–50%; КТ 3 — поражение легких 50–75%; КТ 4 — поражение легких более 75%; КТ 4 — поражение легких более 75%; ЖКТ — желудочно-кишечный тракт.

Одной из отличительных черт вариантов омикрон и «Кентавр» является восприимчивость детского возраста. Молодое население чаще подвергалось варианту «Ухань», в то время как люди старше 60 лет чаще болели дельтой, омикроном и «Кентавром». Беременные женщины более восприимчивы к вариантам «Ухань» и дельта.

В ходе анализа характеристик циркулирующих вариантов коронавируса выявлено, что при появлении новых вариантов длительность инкубационного периода и заболевания снизились с 11 дней («Ухань») до 2–3 (омикрон и «Кентавр») и с 11–14 дней («Ухань», дельта) до 7 («Кентавр») соответственно (таблица). Однако длительность заболевания варианта дельта, по сравнению с аналогичным показателем варианта «Ухань», увеличилась, при этом инкубационный период сократился, появился новый симптом (проявления поражения ЖКТ), осложнилась дифференциальная диагностика болезни.

Температура тела среди пациентов с разными вариантами имела различия, при этом наиболее высокая отмечалась у заболевших вариантом «Ухань» (38,1 °C); наиболее низкая — «Кентавр» (37,7 °C) (таблица).

Циркулирующие варианты коронавируса сравнивались по степени поражения легких, оценка проводилась по данным компьютерной томографии (КТ). Наиболее часто при варианте «Ухань» поражение легких оценивалось как КТ 1; начиная с варианта дельта степень поражения снижается, а доля КТ 0 увеличивается (таблица).

Клинический случай

Рассмотрим клинический случай — смерть пациента вследствие COVID-19, осложнившегося флеботромбозом глубоких вен нижних конечностей; ее непосредственной причиной стала острая субмассивная тромбоэмболия легочной артерии при явлениях обструктивного шока.

Пациент (58 лет, женщина) с 29 июня 2020 г. начал отмечать слабость и повышение температуры тела до 37,2–37,4 °C с последующим ее подъемом до 39,0 °C. За медицинской помощью обратился 29 июня 2020 г. в поликлинику по месту жительства. Пациент не был вакцинирован против COVID-19. При КТ органов грудной клетки от 1 июля 2020 г. — КТ-картина вирусной полисегментарной пневмонии; объем поражения паренхимы не более 20 % (КТ 1). Назначенное участковым терапевтом лечение эффекта не имело. В связи с ухудшением состояния 10 июля 2020 г. пациент вызвал бригаду скорой помощи, вследствие чего госпитализирован в стационар. При поступлении: снижены показатели гемоглобина (100 г/л); тромбоцитопения (171×10^9 /л); лимфоцитопения (3 %); лейкоцитоз ($25,2 \times 10^9$ /л); гиперхолестеринемия (7,7 ммоль/л); повышены показатели С-реактивного белка (55 мг/л); снижен протромбиновый индекс (90 %); периферическая сатурация кислорода — 94 %; частота сердечных сокращений — 98 уд. в мин.; артериальное давление — 110/70 мм рт. ст.

За время наблюдения и лечения состояние пациента оставалось стабильным — средней степени тяжести. Ухудшение состояния наступило на 5 сут-

ки госпитализации внезапно (чувство нехватки воздуха, выраженная общая слабость), что потребовало перевода пациента в реанимационное отделение и на искусственную вентиляцию легких. Заподозрена тромбоэмболия легочной артерии. Интенсивная терапия в условиях реанимационно-анестезиологического отделения в течение 11 ч. эффекта не имела, при явлениях прогрессирующей полиорганной недостаточности наступил летальный исход. Иммуноферментный анализ от 15 июля 2020 г.: анти-SARS-CoV-2 — положительно.

На патологоанатомическом вскрытии визуализируется крупный тромбоз эмбол серо-красного цвета, в остальных ветвях легочных артерий жидкая кровь; интима сосудов серая с синюшным оттенком, гладкая, блестящая, чистая, в просвете левой главной легочной артерии (рис. 1).

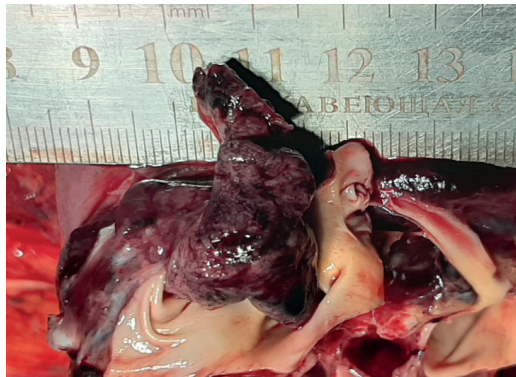


Рис. 1. Макропрепарат легочной артерии с тромбозом в просвете

При гистологическом исследовании альвеолярного эпителия обнаружено вирусное поражение в форме синцитиальной метаплазии — пролиферация альвеолярного эпителия с формированием клеточных пластов с гиперхромными, полиморфными ядрами (рис. 2).

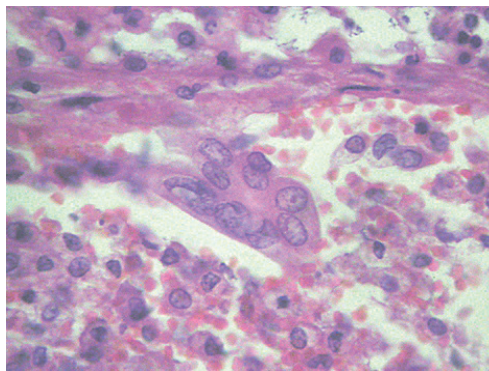


Рис. 2. Синцитиальная метаплазия альвеолярного эпителия (окраска гематоксилином и эозином, $\times 400$)

При формулировке патологоанатомического диагноза пациента: основное заболевание — интерстициальная пневмония в фибротической стадии, обусловленная COVID-19; осложнением основного заболевания является острая субмассивная тромбоэмболия легочных артерий — крупные тромбоэмболы в главной и долевыми ветвях левой легочной артерии.

По данным литературы, основным морфологическим проявлением всех вариантов коронавируса в легких является диффузное альвеолярное повреждение (ДАП) в сочетании с вовлечением в патологический процесс сосудистого русла легких и альвеолярно-геморрагическим синдромом. Термин «вирусная (интерстициальная) пневмония» подразумевает именно развитие ДАП, а при COVID-19 должен означать патологию сосудов легких, в первую очередь микроциркуляторного русла — микроангиопатию, сочетающуюся с тромбозом. [10]

Описанный нами клинический случай соответствует данным изученной литературы.

Выводы

1. За счет появления вакцинации и проведения противоэпидемических мероприятий возникла иммунная прослойка населения, поэтому в настоящее время COVID-19 становится сезонной инфекцией.
2. Коронавирус постоянно мутирует, за счет чего образуются новые варианты вируса; помимо изменения нуклеотидной последовательности генома меняются его тропность к клеткам организма, группы восприимчивого населения (в отличие от «Ухани» и дельта вариантами омикрон и «Кентавр» стали болеть дети), а также тяжесть заболевания. В связи с этим необходимо отслеживать появление новых вариантов вируса для предотвращения новых эпидемий и пандемий.
3. Исследованный клинический случай доказывает, что наибольшие изменения при COVID-19 обнаруживаются в легких (ДАП с патологией сосудистого русла), это проявляется типичными признаками вирусного поражения в альвеолах, альвеолярных ходах и бронхиолах, а также доказывает, что одним из смертельных осложнений является тромбоэмболия легочной артерии.

Список литературы • References

1. Министерство здравоохранения Российской Федерации. *Временные методические рекомендации «Профилактика, диагностика и лечение новой коронавирусной инфекции (COVID-19)»*. Версия 18 (26.10.2023). Доступно по: <https://clck.ru/3GyBMY> [обращение 20 ноября 2024].
2. Forchette L, Sebastian W, Liu T. A comprehensive review of COVID-19 virology, vaccines, variants, and therapeutics. *Current Medical Science*. 2021; 41(6):1037–1051. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11596-021-2395-1>.

3. Всемирная организация здравоохранения. *Вспышка коронавирусной инфекции COVID-19*. Доступно по: <https://clck.ru/3GyTaM> [обращение 20 ноября 2024].
4. Елинсон МА, Бигильдина ЭР. Ковид 2019: Краткая классификация штаммов, особенности протекания болезни, статистика заболеваемости. *E-Scio*. 2022;(8):116–126. EDN: <https://www.elibrary.ru/UCLSER>.
5. Никифоров ВВ, Суранова ТГ, Миронов АЮ, Забозлаев ФГ. *Новая коронавирусная инфекция (COVID-19): этиология, эпидемиология, клиника, диагностика, лечение и профилактика* [учебно-методическое пособие]. Москва; 2020. 48 с.
6. Биличенко ТН. Постковидный синдром: факторы риска, патогенез, диагностика и лечение пациентов с поражением органов дыхания после COVID-19 (обзор исследований). *Русский медицинский журнал*. 2022;6(7):367–375. DOI: <https://doi.org/10.32364/2587-6821-2022-6-7-367-375>.
7. Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. *О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2023 году* [государственный доклад]. Москва; 2024. 364 с. Доступно по: <https://clck.ru/3GyDbW> [обращение 30 января 2025 г.].
8. Романов БК. Коронавирусная инфекция COVID-2019. *Безопасность и риск фармакотерапии*. 2020;8(1):3–8. DOI: <https://doi.org/10.30895/2312-7821-2020-8-1-3-8>.
9. Mukhtar F, Mukhtar N. Coronavirus (COVID-19): Let's prevent not panic. *Journal of Ayub Medical College, Abbottabad*. 2020;32(1):141–144. PMID: <https://pubmed.gov/32468775>.
10. Зайратьянц ОВ (ред.). *Патологическая анатомия COVID-19* [атлас]. Москва; 2020. 140 с.

Информация об авторах

Мария Александровна Фролова  — студент института профилактической медицины, Уральский государственный медицинский университет, Екатеринбург, Россия.

E-mail: m.frolova02@yandex.ru

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-3905-9097>

Екатерина Александровна Балабанова — студент института профилактической медицины, Уральский государственный медицинский университет, Екатеринбург, Россия.

E-mail: ekaterina.basova02@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-0459-321X>

Евгений Павлович Патлусов — кандидат медицинских наук, ассистент кафедры инфекционных болезней, фтизиатрии и пульмонологии, институт клинической медицины, Уральский государственный медицинский университет, Екатеринбург, Россия; начальник инфекционного отделения, 5 военный клинический госпиталь войск национальной гвардии Российской Федерации, Екатеринбург, Россия.

E-mail: patl73@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8649-8660>

Анастасия Сергеевна Архипова — инфекционист инфекционного отделения, 5 военный клинический госпиталь войск национальной гвардии Российской Федерации, Екатеринбург, Россия.

E-mail: nastya-a94@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4864-3756>

Information about the authors

Maria A. Frolova  — Specialist's Degree Student of the Institute of Preventive Medicine, Ural State Medical University, Ekaterinburg, Russia.

E-mail: m.frolova02@yandex.ru

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-3905-9097>

Ekaterina A. Balabanova — Specialist's Degree Student of the Institute of Preventive Medicine, Ural State Medical University, Ekaterinburg, Russia.

E-mail: ekaterina.basova02@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-0459-321X>

Evgeny P. Patlusov — Candidate of Sciences (Medicine), Assistant of the Department of Infectious Diseases, Phthisiology and Pulmonology, Ural State Medical University, Ekaterinburg, Russia; Head of the Infectious Diseases Department, 5th Military Clinical Hospital of the Russian National Guard Troops, Ekaterinburg, Russia.

E-mail: patl73@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8649-8660>

Anastasia S. Arkhipova — Infectious Diseases Physician of the Infectious Diseases Department, 5th Military Clinical Hospital of the Russian National Guard Troops, Ekaterinburg, Russia.

E-mail: nastya-a94@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4864-3756>

<https://doi.org/10.52420/usmumb.10.1.e00134>

<https://elibrary.ru/CFWKIL>

Статья

Взаимосвязь между показателями пельвиометрии и антропометрическими характеристиками у студенток Уральского государственного медицинского университета

Алексей Сергеевич Пономарев^{1,2}, Дарья Валерьевна Манакова^{1✉}

¹ Уральский государственный медицинский университет, Екатеринбург, Россия

² Центр медицинского массажа и физиотерапии НОВИ, Екатеринбург, Россия

✉ kushnareva-d@bk.ru

Аннотация. В исследовании изучена взаимосвязь между размерами таза и широким спектром антропометрических показателей, включая рост, вес, тип телосложения, индекс массы тела, длину стопы, межкостное, межгребневое и межвертельное расстояния, а также ряд параметров, характеризующих осанку человека. Комплексный подход позволяет получить более целостное представление об анатомических особенностях и их взаимосвязях, чем при анализе отдельных параметров в изоляции. Измерения проведены у 60 девушек в возрасте 18–20 лет, не имевших в анамнезе беременности и родов и добровольно согласившихся на исследование их антропометрических характеристик.

Ключевые слова: размеры таза • антропометрические показатели • осанка • рост • вес • тип телосложения • индекс массы тела • длина стопы • межкостное расстояние • межгребневое расстояние • межвертельное расстояние • анатомические особенности

Для цитирования: Пономарев АС, Манакова ДВ. Взаимосвязь между показателями пельвиометрии и антропометрическими характеристиками у студенток Уральского государственного медицинского университета. *Вестник УГМУ*. 2025;10(1): e00134. DOI: <https://doi.org/10.52420/usmumb.10.1.e00134>. EDN: <https://elibrary.ru/CFWKIL>.

Correlation Between Pelvimetry Parameters and Anthropometric Characteristics in Female Students of Ural State Medical University

Alexey S. Ponomarev^{1,2}, Darya V. Manakova¹✉

¹ Ural State Medical University, Ekaterinburg, Russia

² Medical Massage and Physiotherapy Center NOVI, Ekaterinburg, Russia

✉ kushnareva-d@bk.ru

Abstract. The study examines the relationship between pelvic dimensions and a wide range of anthropometric parameters, including height, weight, body type, body mass index, foot length, interspinous, intercrystal, and intertrochanteric distances, as well as several parameters characterizing human posture. A comprehensive approach allows for a more holistic understanding of anatomical features and their interrelations compared to analyzing individual parameters in isolation. Measurements were conducted on 60 females aged 18–20 years who had no history of pregnancy or childbirth and voluntarily consented to the assessment of their anthropometric characteristics.

Keywords: pelvic dimensions • anthropometric parameters • posture • height • weight • body type • body mass index • foot length • interspinous distance • intercrystal distance • intertrochanteric distance • anatomical features

For citation: Ponomarev AS, Manakova DV. Correlation between pelvimetry parameters and anthropometric characteristics in female students of Ural State Medical University. *USMU Medical Bulletin*. 2025;10(1):e00134. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.52420/usmumb.10.1.e00134>. EDN: <https://elibrary.ru/CFWKIL>.

Введение

Размеры таза играют важную роль в анатомии и функциональном состоянии человеческого тела [1]. Этот параметр важен для оценки здоровья, особенно у женщин, поскольку он является показателем гармоничного развития организма и непосредственно связан с репродуктивной функцией [2–4]. Строение таза влияет на процесс деторождения, определяя особенности родового канала [5] и потенциальные риски осложнений при беременности и родах. Несоответствие размеров и формы таза может привести к затрудненному течению родов, повышенному риску кесарева сечения, а также послеродовым осложнениям [6]. Кроме того, неправильное строение таза может вызывать различные гинекологические проблемы, включая дисфункцию тазового дна и предрасположенность к опущению и пролапсу органов малого таза [7, 8].

В предыдущих исследованиях, проведенных в Уральском государственном медицинском университете (УГМУ) и направленных на изучение осанки и конструкции таза, подчеркивается, что антропометрические измерения, включая размеры таза, важны не только для определения индивидуальных особенностей, но и оценки групповых характеристик населения [9, 10]. Настоящая работа направлена на более обширный анализ большинства анатомических характеристик тела человека, что позволит сформировать более целостную картину взаимосвязей между строением таза и другими антропометрическими показателями.

Цель исследования — выявить возможные корреляционные связи между размерами таза и рядом антропометрических показателей (ростом, весом, индексами Соловьёва и массы тела (ИМТ), размерами стопы, параметрами осанки) у выбранной группы для оценки состояния здоровья и своевременной диагностики репродуктивных проблем женщин. Полученные результаты могут внести важный вклад в дальнейшее изучение анатомических особенностей и предотвратить возможные репродуктивные проблемы.

Материалы и методы

В исследование включено 60 девушек в возрасте 18–20 лет (студенток УГМУ), не имевших в анамнезе беременности и родов, что позволило исключить изменения в структуре таза, возникающие после гестации [11]. Участницы должны были обладать нормальным физическим развитием, не иметь врожденных или приобретенных вследствие травмы деформаций скелета, а также хронических заболеваний, влияющих на костно-мышечную систему, таких как остеопороз или дисплазия соединительной ткани. Из исследования исключались девушки, у которых по разным причинам было невозможно провести антропометрические измерения, например вследствие выраженного ожирения или ограниченной подвижности суставов. Все студентки дали добровольное информированное согласие на участие в исследовании.

Определяемые параметры включали в себя рост, массу тела, ИМТ, длину стопы, индекс Соловьёва, параметры, определяющие осанку человека (уровень сосцевидных отростков, уровни плеч, углов лопаток, реберной дуги и передней верхней подвздошной ости, симметричность ромба Михаэлиса), *distantia spinarum*, *distantia cristarum*, *distantia trochanterica* и *conjugata externa*. Измерение таза девушек проводилось при помощи акушерского тазомера. ИМТ вычислялся по формуле $\text{ИМТ} = (\text{масса тела, кг}) \div (\text{рост, м})^2$. Значения ИМТ менее 18,5 указывали на недостаточную *m*; 18,5–24,9 — нормальную; 25,0–29,9 — избыточную; 30,0–34,9 — ожирение I степени [12]. Для того чтобы определить тип телосложения, использовался индекс Соловьёва, основанный на окружности запястья. У женщин с тонкой костной структурой окружность запястья составляет 14 см и менее, толстой — 16 см и более [13]. Осанка оценивалась путем сравнения ее параметров со схемой идеальных параметров человека по П. И. Карузину [14].

Для каждой категории (узкий, нормальный или широкий таз) рассчитано среднее количество человек. Определены нормальные значения для *distantia spinarum* (25–26 см), *distantia cristarum* (28–29 см), *distantia trochanterica* (31–32 см) и *conjugata externa* (20–21 см) [15]. Вычислено процентное соотношение девушек с астеническим, нормостеническим и гиперстеническим типами телосложения, с которыми соотнесены исследуемые показатели. Уровень зависимости между измерениями таза и рядом антропометрических показателей рассчитан с использованием коэффициента корреляции Пирсона. Корреляция оценивалась как слабая при $r < 0,30$; средняя — $r = 0,31–0,70$; сильная — $r = 0,71–0,99$. Расчеты проводились с помощью программы Microsoft Excel Office 2021.

Результаты

При исследовании 60 студенток УГМУ в возрасте 18–20 лет выявлено следующее:

- 1) средняя масса тела составила 56,82 кг (разброс 44,00–91,00 кг); средний рост — 1,651 м (разброс — 1,54–1,82 м); ИМТ в среднем составил 20,23;
- 2) по результатам расчета индекса Соловьёва: 31/60 (51,67 %) участниц имели нормостенический тип телосложения; 21/60 (35,00 %) — астенический; 8/60 (13,33 %) — гиперстенический; среднее значение индекса Соловьёва составило 15,50 см (разброс — 13,30–17,80 см); среднее значение длины стопы составило 23,61 см;
- 3) средние значения *distantia spinarum* — 25,43 см; *distantia cristarum* — 28,27 см; *distantia trochanterica* — 31,10 см; *conjugata externa* — 20,56 см.

В таблице представлено распределение испытуемых по величинам таза (узкий, нормальный, широкий).

Таблица. Распределение испытуемых по размерам таза относительно нормы

Параметр	Характеристика	Значение, абс./общ. (отн.)
Distantia spinarum	<25 см	22/60 (36,67)
	25–26 см	28/60 (46,67)
	>26 см	10/60 (16,67)
Distantia cristarum	<28 см	18/60 (30,00)
	28–29 см	34/60 (56,67)
	>29 см	8/60 (13,33)
Distantia trochanterica	<31 см	13/60 (21,67)
	31–32 см	41/60 (68,33)
	>32 см	6/60 (10,00)

Окончание табл.

Conjugata externa	<20 см	3/60 (5,00)
	20–21 см	47/60 (78,33)
	>21 см	10/60 (16,67)
Соотношение величин таза	Узкий таз	16/60 (26,67)
	Нормальный таз	37/60 (61,67)
	Широкий таз	7/60 (11,67)

Примечание: для distantia spinarum и соотношения величин таза относительные значения представлены с погрешностью 0,01.

Испытуемые с астеническим типом телосложения в 12/21 (57,14 %) случаях имели нормальный таз; 9/21 (42,86 %) — узкий. Длина стопы в этой группе составила 22,00–23,80 см; значение ИМТ — 16,00–21,70. Измерение характеристик осанки показало, что у 3/21 (14,29 %) астеников наблюдаются несимметричность сосцевидных отростков относительно позвоночного столба; 3/21 (14,29 %) — несимметричность уровня плеч и нижних углов лопаток; 3/21 (14,29 %) — несимметричность углов ребер; 4/21 (19,05 %) — несимметричность передних верхних подвздошных остей и искажение ромба Михаэлиса.

Испытуемые с нормостеническим типом телосложения в 20/31 (64,52 %) случаях имели нормальный таз; 7/31 (22,58 %) — узкий; 4/31 (12,90 %) — широкий. Длина стопы в этой группе составила 22,50–24,20 см; значение ИМТ — 18,60–26,65. Измерение характеристик осанки показало, что у 3/31 (9,68 %) нормостеников наблюдаются несимметричность сосцевидных отростков относительно позвоночного столба; 4/31 (12,90 %) — несимметричность уровня плеч; 3/31 (9,68 %) — несимметричность нижних углов лопаток и углов ребер; 3/31 (9,68 %) — несимметричность передних верхних подвздошных остей; 4/31 (12,90 %) — выявлено искажение ромба Михаэлиса.

Испытуемые с гиперстеническим типом телосложения в 5/8 (62,50 %) случаях имели нормальный таз; 3/8 (37,50 %) — широкий. Длина стопы в этой группе составила 23,5–25,2 см; значение ИМТ — 19,3–31,4. Измерение характеристик осанки показало, что у 1/8 (12,50 %) гиперстеника наблюдается несимметричность сосцевидных отростков и несимметричность уровня плеч; 1/8 (12,50 %) — несимметричность нижних углов лопаток; 2/8 (25,00 %) — несимметричность углов ребер; 2/8 (25,00 %) — несимметричность передних верхних подвздошных остей и искажение ромба Михаэлиса.

У большинства исследуемых выявлено статистически незначимое отклонение от нормальных параметров, однако в нескольких случаях видна статистически значимая деформация скелета. На рисунке отображено сравнение типа телосложения с шириной таза.



Рис. Сравнение типа телосложения с шириной таза

При анализе выявлено, что размеры таза девушки формируют сильные корреляционные связи с массой тела и ИМТ; средние — ростом и индексом Соловьёва. Межостистое и межгребневое расстояния, а также *conjugata externa* формируют сильные корреляционные связи с длиной стопы, а межвертельное расстояние — средние. Между межостистым и межгребневым, межостистым и межвертельным, межгребневым и межвертельным расстояниями, межгребневым расстоянием и *conjugata externa* формируются сильные корреляционные связи. Средняя корреляция наблюдается между межостистым расстоянием и *conjugata externa*, а также межвертельным расстоянием и *conjugata externa*.

Обсуждение

В ходе исследования определено, что большинство девушек в выборке имеет нормальные размеры таза (37/60 участниц, 61,67 %), у меньшей части они недостаточны (16/60 участниц, 26,67 %). Только у незначительной доли (7/60 (11,67 %) участниц) зафиксированы избыточные размеры. Эти результаты подчеркивают важность оценки анатомических параметров таза, т. к. они могут влиять на репродуктивные функции и общее состояние здоровья женщин [16].

В отношении осанки выявлены отклонения, причем больше всего их обнаружено у астеников и гиперстеников. В большинстве случаев отклонения незначительны и могут быть исправлены при помощи лечебной физической культуры. В редких случаях обнаружены более серьезные отклонения, требующие наблюдения врача.

На основе анализа данных выявлена статистически значимая корреляция между размерами таза и длиной стопы, ИМТ, массой тела. Это может быть связано с наличием более крупного костного скелета у девушек [17, 18]. Таким образом, вышеуказанные размеры могут служить отражением общих пропорций телосложения, указывая на взаимосвязь между различными анатомическими характеристиками. Полученные результаты могут стать осно-

вой для дальнейшего изучения взаимосвязей между размерами таза и другими анатомическими параметрами, а также разработки рекомендаций по профилактике и коррекции возможных репродуктивных нарушений.

Выводы

Исследование подтвердило наличие выраженной связи между размерами таза и рассмотренными в исследовании антропометрическими показателями, что подчеркивает целостность скелетных пропорций и возможность использования этих характеристик в оценке индивидуальных морфологических особенностей. Обнаруженные корреляции указывают на то, что пропорции таза могут быть предсказуемы на основе других антропометрических данных. Это может найти применение в медицине, включая прогнозирование особенностей родового процесса.

Также выявлено, что у девушек с астеническим и гиперстеническим типами телосложения чаще встречаются изменения осанки, что подтверждает необходимость их раннего выявления и коррекции, а также разработки профилактических мероприятий, направленных на предотвращение осложнений. Большинство девушек в исследуемой выборке имеет нормальные размеры таза, нормальный ИМТ, нормостенический тип телосложения и не имеет отклонений в осанке. Это свидетельствует о благоприятной анатомической структуре, поддерживающей репродуктивное здоровье.

Список источников • References

1. Краснаярова НА, Баймуратова ВК, Вашурин АВ, Сердюк ЕВ. Значение таза для здоровья и жизнедеятельности человека. *Мануальная терапия*. 2023;(3–4):37–64. DOI: <https://doi.org/10.54504/1684-6753-2023-3-4-37-64>.
2. Бугаевский КА, Бугаевская НА, Новиков ПС. Особенности размеров таза, ряда антропометрических показателей и менструального цикла у студенток специальной медицинской группы с повышенными и низкими значениями индекса массы тела. *Наука-2020*. 2016;(5):249–257. EDN: <https://www.elibrary.ru/XCNOEX>.
3. Киселевич МФ, Слукина ВД, Япринцева ЕГ. Течение беременности и родов у женщин с узким тазом. *Актуальные проблемы медицины*. 2012;(4):50–52. EDN: <https://www.elibrary.ru/RMUBLD>.
4. Васильева ЛН. Клинически узкий таз. *Медицинский журнал*. 2011;(1):133–135. Доступно по: <https://clck.ru/3HFX67> [обращение 10 февраля 2025].
5. Каган ИИ. *Клиническая анатомия женского таза* [иллюстрированный авторский цикл лекций]. Москва: ГЭОТАР-Медиа; 2021. 152 с.
6. Российское общество акушеров-гинекологов. *Медицинская помощь матери при установленном или предполагаемом несоответствии разме-*

ров таза и плода. Лицевое, лобное или подбородочное предлежание плода, требующее предоставления медицинской помощи матери [клинические рекомендации М-ва здравоохранения РФ]. Доступно по: <https://clck.ru/3HFZ7S> [обращение 13 февраля 2025].

7. Ремнёва ОВ, Иванюк ИС, Гальченко АИ. Дисфункция тазового дна у женщин: современные представления о проблеме (обзор литературы). *Фундаментальная и клиническая медицина*. 2022;7(1):92–101. DOI: <https://doi.org/10.23946/2500-0764-2022-7-1-92-101>.
8. Гайворонский ИВ, Ниаури ДА, Бессонов НЮ, Ничипорук НГ, Шкарупа ДД, Ковалев ГВ. Морфологические особенности строения малого таза как предпосылки к развитию пролапса гениталий. *Человек и его здоровье*. 2018;(2):86–93. DOI: <https://doi.org/10.21626/vestnik/2018-2/14>.
9. Кутлюярова АР, Магон МР, Пономарев АС. Профилактическое исследование состояния осанки и анатомической конструкции таза у студенток УГМУ. В: Божко ЯГ (ред.). *Актуальные вопросы современной медицинской науки и здравоохранения*. Екатеринбург; 2023. С. 1487–1492. EDN: <https://www.elibrary.ru/XROSOS>.
10. Орлова ЕА, Миногина ЕВ, Пономарев АС. Влияние осанки и симметричности таза женщины на вынашивание плода. В: Цап НА (ред.). *Актуальные вопросы современной медицинской науки и здравоохранения. Т. 2*. Екатеринбург; 2020. С. 137–140. EDN: <https://www.elibrary.ru/PDKWFD>.
11. Morino S, Ishihara M, Umezaki F, Hatanaka H, Yamashita M, Aoyama T. Pelvic alignment changes during the perinatal period. *PLoS One*. 2019;14(10): e0223776. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0223776>.
12. *Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации* [методические рекомендации МР 2.3.1.0253–21]. Москва: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека; 2021. 72 с. Доступно по: <https://clck.ru/3HFdk7> [обращение 14 февраля 2025].
13. Савельева ГМ, Шалина РИ, Сичинава ЛГ, Панина ОБ, Курцер МА. *Акушерство* [учебник]. Москва: ГЭОТАР-Медиа; 2015.
14. Карузин ПИ. *Руководство по пластической анатомии. О размерах, росте и пропорциях человеческого тела*. Москва: Государственное издательство; 1921. 87 с.
15. Савельева ГМ, Сухих ГТ, Серов ВН, Радзинский ВЕ (ред.). *Акушерство. Национальное руководство*. 2-е изд., перераб. и доп. Москва: ГЭОТАР-Медиа; 2022. 1080 с.
16. Герасимова ЛИ, Васильева ЭН, Денисова ТГ, Демаков АБ, Винокур ЛИ. Клинический опыт программирования родов у женщин с индивидуальными особенностями строения костного таза. *Практическая медицина*. 2009; (2):82–84. EDN: <https://www.elibrary.ru/OYXSCD>.

17. Мальцев СВ, Архипова НН, Богданова АВ. Частота и причины снижения костной плотности у девочек-подростков. *Практическая медицина*. 2009;(2):113–116. EDN: <https://www.elibrary.ru/OYXSFZ>.
18. Ran L, Luo H, Zhao C, Zhang X, Hu H, Wang Z. A study on the correlation of foot data with body height and weight of Chinese adults. In: Goonetilleke R, Karwowski W (eds.). *Advances in physical ergonomics and human factors* [Proceedings of the AHFE 2019 International Conference on Physical Ergonomics and Human Factors, July 24–28, 2019, Washington D. C., USA]. Cham: Springer; 2020. 197–205 p. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-20142-5_20.

Информация об авторах

Алексей Сергеевич Пономарев — кандидат медицинских наук, доцент кафедры анатомии, топографической анатомии и оперативной хирургии, Уральский государственный медицинский университет, Екатеринбург, Россия; мануальный терапевт, остеопат, вертебролог, заведующий отделением мануальных методов лечения и гериатрической реабилитации, Центр медицинского массажа и физиотерапии НОВИ, Екатеринбург, Россия.

E-mail: alekseosokin@yandex.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2830-0334>

Дарья Валерьевна Манакова  — студент института профилактической медицины, Уральский государственный медицинский университет, Екатеринбург, Россия.

E-mail: kushnareva-d@bk.ru

Information about the authors

Alexey S. Ponomarev — Candidate of Sciences (Medicine), Associate Professor of the Department of Anatomy, Topographic Anatomy and Operative Surgery, Ural State Medical University, Ekaterinburg, Russia; Manual Therapist, Osteopath, Vertebrologist, Head of the Department of Manual Therapy and Geriatric Rehabilitation, Medical Massage and Physiotherapy Center NOVI, Ekaterinburg, Russia.

E-mail: alekseosokin@yandex.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2830-0334>

Darya V. Manakova  — Student of the Institute of Preventive Medicine, Ural State Medical University, Ekaterinburg, Russia.

E-mail: kushnareva-d@bk.ru

<https://doi.org/10.52420/usmumb.10.1.e00135>

<https://elibrary.ru/CMDRVC>

Обзор

Развитие детской аллергологии на Среднем Урале: актуальное прошлое

Инга Альбертовна Плотникова, Вера Леонидовна Зеленцова,
Яна Андреевна Шукшина✉

Уральский государственный медицинский университет, Екатеринбург, Россия

✉ shukshina.2003@mail.ru

Аннотация. Рассматривается история развития детской аллергологии на Урале, эволюция взглядов на этиологию, патогенез, подходы к терапии аллергических заболеваний у детей. **Актуальность.** В настоящее время проблема аллергической патологии занимает одно из первых мест в современной педиатрии. Социальная значимость детской аллергологии постоянно возрастает в связи с тенденцией к росту распространенности аллергических заболеваний, увеличением количества случаев, резистентных к терапии, а также пониманием необходимости повышения качества жизни пациентов этого профиля и их семей. **Цель** — на основе данных архивных документов и литературных источников проанализировать развитие детской аллергологии на Среднем Урале. **Материалы и методы:** архивные исторические документы, приказы, постановления; проведен поиск публикаций на платформах eLibrary.ru, Google Scholar, PubMed, «КиберЛенинка». **Результаты.** Проанализированы литературные данные по этапам развития детской аллергологии, сделаны обобщения по эволюции взглядов на этиологию и патогенез, подходы к терапии заболеваний аллергической природы у детей. **Выводы.** Развитие уральской школы аллергологов, иммунологов и дерматологов связано с фундаментальными исследованиями ее основоположников в 1960-х гг. по множеству направлений, каждое из которых в настоящее время соответствует уровню высокотехнологичной и практической медицины.

Ключевые слова: аллергические заболевания • атопический дерматит • бронхиальная астма • аллергический ринит • история развития

Для цитирования: Плотникова ИА, Зеленцова ВЛ, Шукшина ЯА. Развитие детской аллергологии на Среднем Урале: актуальное прошлое. *Вестник УГМУ.* 2025; 10(1):e00135. DOI: <https://doi.org/10.52420/usmumb.10.1.e00135>. EDN: <https://elibrary.ru/CMDRVC>.

Development of Pediatric Allergology in the Middle Urals: Topical Past

Inga A. Plotnikova, Vera L. Zelentsova, Yana A. Shukshina✉

Ural State Medical University, Ekaterinburg, Russia

✉ shukshina.2003@mail.ru

Abstract. The article considers the history of pediatric allergology development in the Urals, the evolution of views on the etiology, pathogenesis, and treatment of allergic diseases in children. *Relevance.* Currently, the problem of allergic pathology occupies one of the first places in modern pediatrics. The social significance of pediatric allergology is constantly increasing due to the tendency towards an increase in the prevalence of allergic diseases, an increase in the number of cases resistant to therapy, significant economic losses, as well as an understanding of the need to improve the quality of life of patients in this profile and their families. *Objective:* to analyze the dialectic of pediatric allergology development in the Middle Urals based on archival documents and literary sources. *Materials and methods:* archival historical documents, orders, decrees; search and analysis of publications in the database eLibrary.ru, Google Scholar, PubMed, CyberLeninka. *Results.* Generalizations were made on the stages of development of pediatric allergology and the evolution of views on the etiology, pathogenesis, approaches to the treatment of allergic diseases in children. *Conclusions.* The development of the Ural school of allergologists, immunologists and dermatologists is laid down by the fundamental research of its founders in the 1960s in many areas, each of which today corresponds to the level of high-tech and practical medicine.

Keywords: allergic diseases • atopic dermatitis • bronchial asthma • allergic rhinitis • history of development

For citation: Plotnikova IA, Zelentsova VL, Shukshina YaA. Development of pediatric allergology in the Middle Urals: Topical past. *USMU Medical Bulletin.* 2025;10(1):e00135. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.52420/usmumb.10.1.e00135>. EDN: <https://elibrary.ru/CMDRVC>.

К 95-летию Уральского государственного медицинского университета

Введение

В настоящее время детская аллергология представляет собой динамично развивающуюся область медицины, которая быстро трансформирует теоретические достижения в клиническую практику и находится в центре внимания специалистов смежных областей здравоохранения. При этом социальная значимость детской аллергологии постоянно возрастает в связи с тенденци-

ей к росту распространенности аллергических заболеваний, увеличением количества случаев, резистентных к терапии [1, 2].

Цель исследования — на основе данных архивных документов и литературных источников проанализировать развитие детской аллергологии на Среднем Урале.

Материалы и методы

Анализ публикаций, представленных на платформах eLibrary.ru, Google Scholar, PubMed, «КиберЛенинка», по этапам развития детской аллергологии на Урале, обобщение результатов. Поиск осуществлялся по следующим ключевым словам: аллергические заболевания, атопический дерматит, бронхиальная астма, аллергический ринит, история развития.

Результаты и обсуждение

История развития аллергологии на Урале связана с первой кафедрой педиатрического профиля (1933) Свердловского государственного медицинского института (СГМИ)* и ее руководителем Е. С. Кливанской-Кроль, первой на Среднем Урале женщиной-профессором (специальность «Педиатрия») [3, 4].

Т. Э. Вогулкина в 1944 г. представила результаты исследований особенностей углеводного обмена у детей с экссудативным диатезом [5]. Возглавив кафедру детских болезней СГМИ в 1964 г., она продолжила изучение аномалий конституции и диатезов у детей, что и послужило началом становления и развития уральской школы аллергологии и дерматологии. Также была руководителем выдающихся ученых: О. А. Синявской и Н. П. Тороповой.

Профессором Н. Е. Санниковой в 1970-е гг. изучались иммунные механизмы хронических болезней органов дыхания [6], 1990-е гг. — иммунный и эндокринный профиль детей при лимфатико-гипопластическом диатезе [7, 3].

О. А. Синявская — советский и российский педиатр, ученый и педагог, доктор медицинских наук, профессор. В 1968 г. защитила докторскую диссертацию, в которой раскрывались нейрогуморальные механизмы вегетативных дисфункций у детей с экссудативным диатезом, впервые предложены патогенетически обоснованные терапевтические алгоритмы с диетической коррекцией для этой сложной категории пациентов [8].

Н. П. Торопова — авторитетный специалист в области детской дерматологии. Еще в 1966 г. она представила механизмы повреждения кожи вследствие аутоенсибилизации, описала фенотипические признаки пастозного и эректильного габитуса у детей [9], ею впервые применены топические глюкокортикостероиды в дерматологической практике [10].

С конца 1960-х гг. формируется школа профессоров О. А. Синявской и Н. П. Тороповой — основоположниц мультидисциплинарного подхода при

* Сейчас — Уральский государственный медицинский университет.

лечении детей с аллергодерматозами в тесной взаимосвязи науки с практическим здравоохранением. Их научный авторитет и умение вести диалог с организаторами здравоохранения позволили в 1982 г. выстроить первую в СССР эффективную модель оказания медицинской помощи детям с аллергической патологией, которая регламентировалась приказом Областного отдела здравоохранения № 688-п от 13 декабря 1982 г. «Об улучшении медицинской помощи детям с аллергическими зудящими дерматозами в Свердловской области».

Республиканскому центру медико-социальной реабилитации детей с аллергодерматозами под руководством Н. П. Тороповой, по распоряжению первого Президента России Б. Н. Ельцина от 12 февраля 1999 г. № 492-рп, выделен 1 млн рублей для строительства лечебного корпуса. Основной принцип медицинской реабилитации детей, который заключается в слаженной работе членов мультидисциплинарной реабилитационной команды специалистов и семьи пациента, реализован задолго до внедрения специальности «Медицинская реабилитация» в детское здравоохранение, а организационная структура центра полностью соответствовала порядку организации медицинской реабилитации детей, 20 лет спустя закреплённой в приказе Минздрава России [11].

Среди врачей 20 специальностей в штат центра в 1990-е гг. были введены психологи, учитывая психосоматический характер патологии. Работа психологов с детьми и их родителями — неотъемлемая часть технологического цикла медицинской реабилитации по любому профилю патологии пациентов. Более 20 лет О. В. Темнова оказывала психологическую помощь семьям с детьми, страдающими атопическим дерматитом, анализируя характер детско-родительских отношений. С 2001 г. она проводила нейропсихологическую диагностику пациентов с аллергической патологией и доказанной токсической нагрузкой на организм [12], в дальнейшем продемонстрировала дозозависимый от концентрации тяжелых металлов в крови характер нейропсихологического дефицита у детей Свердловской области и Владикавказа [13].

В 1970—1980-е гг. инициированы всесторонние исследования патогенеза аллергических болезней у детей, которые касаются особенностей иммунного ответа и адаптационных механизмов (А. М. Градинаров, 1976) [14], роли медиаторов воспаления и дисбаланса циклических нуклеотидов (Н. А. Виноградова, 1983) [15], кальций-регулирующих гормонов и эндогенных опиоидных пептидов (А. И. Виноградов, 1984) [16], проблем гипогаммаглобулинемии у детей раннего возраста (В. Л. Зеленцова, 1983) [17]. Эти научные направления прослеживаются в современных исследованиях.

Роль микробиоты в функциональной оси «кишечник — кожа»

В. Л. Зеленцова в 1980-е гг. выявила нарушения полостного и пристеночного пищеварения у детей с аллергическими заболеваниями кожи, установила патогенетическое значение нарушений нормальной микробиоты в ассоциациях с избыточной колонизацией условно-патогенной флоры. Впервые

эффективность применения биопрепаратов и антибиотиков доказана хорошей динамикой обменных процессов и показателей иммунитета [17, 18].

В настоящее время установлено, что изменение состава микробиоты оказывает влияние на разные функции макроорганизма [19]. Состояние кишечной микрофлоры определяет качество метаболических процессов организма и влияет на характер воспалительных реакций. В последние годы вновь появились исследования взаимосвязи кишечной микрофлоры с физиологическими и патологическими процессами, протекающими в коже [20].

В исследованиях последних лет одна из ведущих ролей в формировании врожденного, приобретенного и адаптивного иммунитета плода и новорожденного отводится трансплацентарному трансферу материнских антител, формирующих иммунитет против патогенов, прежде всего входящих в микробиоту матери. После родов грудное вскармливание является основным регулятором иммунного контроля индивидуальной микробиоты ребенка [21].

История исследований метаболического профиля и нейропептидов детей с аллергической патологией

В 1980-х гг. под руководством профессора О. А. Синявской проводились фундаментальные исследования изменений нейроэндокринной регуляции метаболизма (перекисное окисление липидов, антиоксидантная активность, метаболиты арахидоновой кислоты, кортизол) при аллергическом диатезе [22].

Исследования А. И. Виноградова по кальций-регулирующей системе стали предвестниками включения ингибиторов кальциневрина в состав наружных средств для базовой терапии атопического дерматита у детей в XXI в. Начатое им изучение роли эндогенных опиоидных пептидов получило развитие в исследованиях субстанции Р, нейрокининов А и В, выделяемых нервными окончаниями при тревожно-депрессивных расстройствах, связанных с зудом у пациентов с атопическим дерматитом [23].

Энкефалины и β -эндорфин уменьшают выделение нейропептидов и восприимчивость чувствительных нервных окончаний в эпидермисе, чем объясняется их механизм подавления зуда [24] и снижение опиоидных пептидов у пациентов с атопическим дерматитом [25]. Эти исследования открывают перспективы на разработку способа подавления кожного зуда у больных при помощи стимуляции эндогенных опиоидных пептидов [26].

Исследования системы коагуляции и антикоагуляции у детей с тяжелыми формами патологии аллергической природы

С 1980-х гг. Н. Н. Кузнецовым и Г. А. Вершининой под руководством О. А. Синявской последовательно изучаются особенности сосудисто-тромбоцитарного и плазменного гемостаза, фибринолиза у детей с тяжелыми формами аллергодерматозов [27, 28].

В 2011 г. Н. П. Торопова и Н. К. Сорокина пришли к утверждению, что при формировании определенных типов аллергических реакций у детей с атопическим дерматитом и бронхиальной астмой повышается риск тромбообразования и системной гиперкоагуляции [18].

Это направление получило развитие в аспекте вовлеченности системы гемостаза в иммуноопосредованное воспаление при системных заболеваниях, а также у пациентов с астмой (активация тромбоцитов, тканевой фактор и фибриноген). Фактор XIIa как индуктор гуморальных и клеточных реакций дегрануляции тучных клеток рассматривается в качестве терапевтической мишени при иммуноопосредованном воспалении, а D-димер — как биомаркер тяжести хронической спонтанной крапивницы [29].

Одним из направлений исследований учеников О. А. Синявской, которые вышли за пределы проблем аллергической патологии, стало изучение в первом десятилетии XXI в. группы тромбофилий, связанных с полиморфизмом генов различных звеньев гемостаза, приводящих к тяжелым тромботическим осложнениям новорожденных, врожденным порокам развития плода, бесплодию, невынашиванию беременности [30].

Механизмы патологического иммунного ответа у детей с аллергической патологией. Эволюция исследований

По утверждению академика Российской академии наук А. Г. Румянцева, клиническая иммунология в XXI в. стала наукой о клеточной регуляции развития и старения, поддержания гомеостаза [31].

Уральскую школу детской аллергологии и иммунологии отличал системный подход к исследованиям иммунного ответа у детей с аллергией, которые уже в 1970–1980-е гг. проводились под руководством профессора О. А. Синявской. В своей актовой речи в 1985 г. «Детская клиническая аллергология (аллергический диатез, его эволютивные кожные формы). Актуальные вопросы, перспективы» [32] исследователь обобщила результаты научных работ, выполненных сотрудниками ее кафедры за 20-летний период. Ее заключение о том, что нарастающая сенсибилизация среди детской популяции связана с генетической предрасположенностью к аллергической патологии и реализуется в раннем детстве, трансформируясь в различные формы аллергических болезней под влиянием несбалансированного питания матери в период беременности, раннего перевода младенцев на искусственное вскармливание, негативных факторов внешней среды, вполне соответствует концепции эпигенетического программирования здоровья ребенка в первые 1 000 дней его жизни с момента зачатия [33].

В 1970–1980-е гг. впервые отмечены особенности иммунного ответа аллергиков с гиперпродукцией IgE* на фоне дисиммуноглобулинемии по осталь-

* Ig — иммуноглобулины (англ. Immunoglobulins).

ным классам и наряду с селективным дефицитом IgA (А. М. Градинаров), изучались различные механизмы аллергической реакции (либераторный, иммунокомплексный, активация системы комплемента (Н. Е. Громада)), роль субпопуляций лимфоцитов в регуляции иммунного ответа, нарушение фагоцитоза при бактериальных осложнениях кожного процесса, аномальная эозинофильная реакция (Н. Ф. Чернова, В. С. Александрова).

В 1990-е гг. под руководством Н. П. Тороповой и О. А. Синявской изучалась роль персистирующих инфекций (паразитозы, *Helicobacter pylori*) в качестве триггеров, индуцирующих воспаление при аллергической патологии (С. В. Татарева [34], И. А. Плотникова [35], М. В. Сеницын [36], Н. А. Сафронова [37]). Раскрыты иммунологические механизмы формирования морфологических типов атопического дерматита, возрастные особенности Th1- и Th2-типа иммунного ответа* (Н. В. Кунгуров [38]).

Вопросы реактивности детского организма оставались предметом научного интереса профессора О. А. Синявской [3]. Ее ученица И. А. Тузанкина в 1992 г. защитила кандидатскую диссертацию на тему «Клинико-иммунологические подходы к формированию групп часто болеющих детей и эффективность иммуномодулирующей терапии в комплексе группоспецифических реабилитационных мероприятий» [39], а в 1997 г. — докторскую «Иммунопатологические состояния в педиатрической практике: клинико-лабораторная диагностика, дифференциальная диагностика, принципы лечения» [40].

В настоящее время И. А. Тузанкина — доктор медицинских наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации, руководитель научной темы исследования врожденных ошибок иммунитета человека, главный научный сотрудник лаборатории иммунологии воспаления Института иммунологии и физиологии Уральского отделения Российской академии наук, главный внештатный детский иммунолог Министерства здравоохранения Свердловской области [41].

Изучение механизмов дерматологических и респираторных проявлений аллергии в районах техногенного загрязнения Свердловской области

В 1994 г. в Нижнем Тагиле на базе Городской детской больницы № 2** открыт аллерго-респираторный центр. Его руководитель доктор медицинских наук С. В. Брезгина впервые провела продольные эпидемиологические исследования, доказав связь между показателями загрязнения атмосферного воздуха и числом госпитализаций детей по поводу неспецифических заболеваний дыхательной системы [42]. С 1995 г. С. В. Брезгиной внедрена организационная модель астма-школы для родителей больных детей, разработана антиастматическая программа, которая финансировалась за счет выигранных грантов.

* Th — Т-хелперы (англ. T Helper Cells).

** Сейчас — Детская городская больница город Нижний Тагил.

С 1996 г. в Свердловской области проводятся фармако-эпидемиологические и популяционные исследования распространенности аллергических заболеваний [43], а в 1996–2022 гг. реализованы региональные программы помощи больным бронхиальной астмой, иммунодефицитами, ангиоотеком, хронической крапивницей, пищевой и лекарственной аллергией, что позволило достичь снижения смертности от бронхиальной астмы в 3,6–6,5 раз за 8 лет в двух районах области [43–45]. Во втором десятилетии XXI в. стали применяться высокоочищенные сублингвальные и эндоназальные формы аллергенов для проведения аллерген-специфической иммунотерапии — технологии, позволяющей изменить течение заболевания вплоть до полного выздоровления.

В 1996–2024 гг. в Свердловской области на междисциплинарном уровне реализованы исследования и программы реабилитации детей, испытывающих высокую техногенную нагрузку на организм. В 2021 г. Свердловская область отмечена как один из приоритетных субъектов России по количеству заболеваний астмой, ассоциированных с аэрогенным фактором среды обитания детей [46].

При проведении исследований в рамках постановления Правительства Свердловской области № 393-пп от 6 июня 2001 г. «Концепция “Сбережение населения Свердловской области до 2015 г. ”» за 10 лет пролечено более 4000 детей. Найдены взаимосвязи различных уровней свинца, мышьяка, кадмия, никеля, хрома, цинка и меди в крови детей с клинико-гематологическими и иммунологическими маркерами. На участие соединений металлов в реакциях гиперчувствительности реагинового типа указывала связь общего IgE с хромом и наличие специфических IgE к меди, хрому, никелю, ртути в крови [47].

При проведении исследования в 2013 г. у детей из Красноуральска в 29,73 % случаев обнаружены высокие титры (>320) антинуклеарного фактора; 50,00 % — сомнительные (80–160), что встречается лишь у 3–5 % в здоровой популяции и может расцениваться в качестве предиктора аутовоспалительных, инфекционных, онкологических заболеваний. Найдены положительные корреляционные зависимости между титром антинуклеарного фактора и количеством клеток CD4+CD25+CD127+ с концентрацией мышьяка в крови детей [48].

При проведении исследований в Нижнем Тагиле в 2021–2023 гг. у детей с патологией аллергической природы обнаружено повышение уровня аутоантител к различным органам во взаимосвязи с концентрации металлов в крови [49].

Диалектика подходов к аллергодиагностике и элиминационным диетам при пищевой аллергии и пищевой непереносимости

В течение многих лет нутритивная коррекция у детей с тяжелыми проявлениями аллергии заключалась в длительном назначении неспецифиче-

ской гипоаллергенной диеты, которая приводила к дефициту макро- и микронутриентов, витаминной недостаточности. Взгляды на эффективность элиминации аллергенов из рациона многократно менялись — от широкого назначения детям, беременным женщинам и кормящим грудью в качестве профилактической меры при отягощенном аллергоанамнезе до полного отрицания целесообразности применения у детей с atopическим дерматитом.

Вопросы пищевой аллергии с определением специфических IgE начал изучать Б. А. Бабушкин [50]. Еще в 1984 г. он выявил роль пищевой аллергии как фактора, провоцирующего высыпания на коже и зуд, выделил ведущие группы пищевых аллергенов.

Лечебные формулы для детей с непереносимостью лактозы и аллергией к белкам коровьего молока (АБКМ) стали появляться с 1990-х гг. В это время начинается активное применение элиминационных диет: аглютиновых, безмолочных у детей с тяжелыми проявлениями atopического дерматита. На рынке появились низколактозные и аминокислотные смеси, белковые гидролизаты. С применением новых лечебных смесей стало возможным достигнуть ремиссии по кожному процессу у детей с установленной АБКМ. Благодаря мерам социальной поддержки дети с тяжелыми проявлениями АБКМ с 2011 г. получили возможность получать лечебное питание за счет областного бюджета [51].

К современным тенденциям динамического наблюдения детей с аллергической патологией относится внедрение молекулярной алергодиагностики.

Т. С. Лепешкова — автор научно-исследовательских трудов, соавтор учебных пособий и монографии по пищевой анафилаксии у детей. Ее деятельность начиналась в научно-практическом центре детской дерматологии и алергологии под руководством Н. П. Тороповой. В 2010 г. Т. С. Лепешковой опубликованы результаты исследований клинко-иммунологических особенностей детей с atopическим дерматитом и проявлениями хейлита [52].

Тема орального алергического синдрома позже получила свое развитие в 2023 г. в докторской диссертации Т. С. Лепешковой «Клинко-патогенетические основы формирования острых локальных и системных проявлений пищевой аллергии у детей, возможности их прогнозирования и коррекции» [53]. При помощи молекулярной алергодиагностики доказано, что у детей, перенесших эпизоды пищевой анафилаксии, молочные протеины вызывают системные реакции в 51,67 % случаев; различные виды орехов — 33,00 %; куриное яйцо — 16,67 %; рыба — 15,00 %; киви и арахис — по 11,67 %. Впервые в России у детей с АБКМ проведена диагностика на 52 молочных компонента на панели «Молочный чип».

Глобальные научные открытия в области молекулярной алергологии серьезно изменили диагностическую тактику в отношении пациентов с тяжелыми проявлениями пищевой аллергии [54].

При сотрудничестве ученых России и Италии вопросы элиминационных диет, основанных на диагностике пищевой непереносимости, приобретают

актуальность у детей с разнообразной патологией аутовоспалительной и аллергической природы [55, 56]. В 2019 г. А. Б. Полетаев, К. Риццо и Т. Т. Батышева опубликовали статью «Пищевая непереносимость: клиническая значимость и методы анализа». Регулярное употребление в пищу продуктов, вызывающих патологические реакции пищевой непереносимости, сопровождается повышенной секрецией провоспалительных цитокинов, приводящих к индукции системных и локальных воспалительных реакций. Исключение из рациона таких продуктов позитивно влияет на соматическое и неврологическое здоровье, часто без применения фармакологических препаратов [57].

Внедрение высокотехнологичных методов лечения заболеваний аллергической природы в Свердловской области

Генно-инженерные биологические препараты для лечения заболеваний аллергической природы у детей внедрены в Свердловской области в 2016 г. Одним из первых применен омализумаб при лечении бронхиальной астмы. В 2017 г. препарат включен в справочник фонда обязательного медицинского страхования при лечении идиопатической крапивницы у детей.

С июня 2019 г. для лечения пациентов с эозинофильным фенотипом бронхиальной астмы применяется терапия меполизумабом; февраля 2020 г. — дупилумабом; мая 2020 г. — бенрализумабом; июля 2020 г. — реслизумабом [58].

Выводы

Таким образом, развитие уральской школы аллергологов, иммунологов и дерматологов связано с фундаментальными исследованиями ее основоположников в 1960-х гг. по множеству направлений, каждое из которых в настоящее время соответствует уровню высокотехнологичной и практической медицины.

Список источников • References

1. Балаболкин ИИ. Актуальные проблемы аллергологии детского возраста на современном этапе. *Педиатрия. Журнал имени Г. Н. Сперанского*. 2012;91(3):69–75. EDN: <https://www.elibrary.ru/OZMAXF>.
2. Пампура АН. Проблемы и перспективы развития детской аллергологии. *Российский вестник перинатологии и педиатрии*. 2015;60(1):7–15. EDN: <https://www.elibrary.ru/TLJMTJ>.
3. Вахлова ИВ. Становление и развитие уральской научной школы «Педиатрия» 1939–2019 годы. *Вестник УГМУ*. 2019;(3–4):6–11. EDN: <https://www.elibrary.ru/LMBJZX>.
4. Ковтун ОП, Чугаев ЮП. Вклад Уральского государственного медицинского университета в развитие здравоохранения, медицинской науки и образования. *Вестник УГМУ*. 2020;(1–2):3–13. EDN: <https://www.elibrary.ru/HYENNQ>.

5. Вогулкина ТЭ. *К патогенезу эксудативного диатеза, клиника и некоторые особенности углеводного обмена у детей с экссудативным диатезом* [дис. ... канд. мед. наук]. Свердловск; 1944. 97 с.
6. Санникова НЕ. *Состояние иммунологической реактивности у детей с затяжной, хронической пневмонией и рецидивирующим бронхитом* [автореф. дис. ... канд. мед. наук]. Свердловск; 1974. 16 с.
7. Санникова НЕ. *Клинико-иммунологические и эндокринные взаимосвязи и реабилитация детей при лимфатико-гипопластическом диатезе* [автореф. дис. ... д-ра мед. наук]. Екатеринбург; 1993. 59 с.
8. Синявская ОА. *Материалы по изучению этиопатогенеза, клиники и терапии экссудативного диатеза у детей* [автореф. дис. ... д-ра мед. наук]. Свердловск; 1968. 34 с.
9. Торопова НП. *Некоторые данные о патогенезе, клинике и лечении экземы у детей (по материалам диспансерного наблюдения)* [автореф. дис. ... канд. мед. наук]. Свердловск; 1966. 29 с.
10. Торопова НП, Сорокина КН, Лепешкова ТС. Атопический дерматит детей и подростков — эволюция взглядов на патогенез и подходы к терапии. *Российский журнал кожных и венерических болезней*. 2014;(6): 50—59. EDN: <https://www.elibrary.ru/TEYXFT>.
11. *Об утверждении Порядка организации медицинской реабилитации детей, утвержденного приказом Министерства здравоохранения Российской Федерации* [приказ М-ва здравоохранения РФ от 23 октября 2019 г. № 878н]. Доступно по: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201912240050> [обращение 3 декабря 2024].
12. Темнова ОВ. *Психические функции детей дошкольного возраста, проживающих на экологически неблагоприятных территориях: нейропсихологический анализ* [автореф. дис. ... канд. мед. наук]. Екатеринбург; 2011. 31 с.
13. Темнова ОВ, Плотнокова ИА. Особенности нейропсихологического профиля детей дошкольного возраста из экологически неблагоприятных территорий. *Уральский медицинский журнал*. 2008;(1):71—76. EDN: <https://www.elibrary.ru/JTLFUP>.
14. Градинаров АМ. *Состояние адаптационно-защитных механизмов у детей с кожными проявлениями аллергического диатеза в раннем возрасте (система сывороточных иммуноглобулинов, некоторые показатели биосинтеза и метаболизма глюкокортикоидов)* [автореф. дис. ... канд. мед. наук]. Свердловск; 1976. 20 с.
15. Виноградова НА. *Состояние и значение простагландинов и циклических нуклеотидов в генезе различных клинических форм аллергического диатеза у детей* [автореф. дис. канд. наук]. Свердловск; 1983. 23 с.
16. Виноградов АИ. *Кальций, паратирин, кальцитонин и циклические нуклеотиды при аллергическом диатезе у детей* [автореф. дис. ... канд. мед. наук]. Свердловск; 1984. 24 с.

17. Зеленцова ВЛ. *Особенности функционального состояния кишечника у детей с кожными проявлениями аллергического диатеза* [автореф. дис. ... канд. мед. наук]. Свердловск; 1983. 28 с.
18. Торопова НП, Сорокина КН. Атопический дерматит и бронхиальная астма у детей: роль нейровертебральных и гемокоагуляционных нарушений в патогенезе заболеваний. *Аллергология и иммунология в педиатрии*. 2011;(1):26–33. EDN: <https://www.elibrary.ru/WXBFTJ>.
19. Полетаев АБ. Фундаментальные проблемы клинической патофизиологии. *Медицинские новости*. 2018;(12):9–16. EDN: <https://www.elibrary.ru/YUSDML>.
20. Тихомиров АА, Наринская НМ, Бельмер СВ, Ардатская МД. Кишечная микробиота при атопическом дерматите у детей: нарушения и пути коррекции в составе комплексной терапии. *РМЖ. Медицинское обозрение*. 2019;3(12):31–34. EDN: <https://www.elibrary.ru/YHVVOZ>.
21. Румянцев АГ. Роль взаимоотношений матери и плода в формировании иммунной системы новорожденного. *Педиатрия. Журнал имени Г. Н. Сперанского*. 2019;98 (3):180–187. DOI: <https://doi.org/10.24110/0031-403X-2019-98-3-180-187>. EDN: <https://www.elibrary.ru/ZZVKDZ>.
22. Николаева КИ, Уфимцева МА, Бочкарев ЮМ, Захаров МА, Сорокина КН, Антонова СБ, и др. Приоритетные научные направления и достижения кафедры дерматовенерологии Уральского государственного медицинского университета. Часть 2. *Вестник УГМУ*. 2021;(2):51–57. EDN: <https://www.elibrary.ru/SSNDWA>.
23. Ревякина ВА, Агафонов АС, Сенцова ТБ, Фабрика МП. Участие нейрорепептидов и β -эндорфина в патогенезе атопического дерматита. Оценка эффективности левоцетиризина и его влияние на уровни нейрорепептидов у детей с атопическим дерматитом. *Российский аллергологический журнал*. 2010;(2):74–80. EDN: <https://www.elibrary.ru/MWGLXP>.
24. Гребенченко ЕИ, Гущин ИС, Феденко ЕС. Механизм кожного зуда при атопическом дерматите. *Российский аллергологический журнал*. 2009;(3):3–12. EDN: <https://www.elibrary.ru/KZARWP>.
25. Донцова ЕВ, Силина ЛВ. Применение дельтарана в комплексной терапии больных атопическим дерматитом. *Вестник новых медицинских технологий*. 2011;18(2):381–384. EDN: <https://www.elibrary.ru/OCYJYB>.
26. Воронькова НА, Донцова ЕВ, Новикова ЛА, Борзунова ЛН. Атопический дерматит: достижения и проблемы в понимании сущности заболевания и методов его лечения. *Клиническая медицина*. 2020; 98(9–10):650–655. DOI: <https://doi.org/10.30629/0023-2149-2020-98-9-10-650-655>. EDN: <https://www.elibrary.ru/QBKEWH>.
27. Кузнецов НН. *Роль антитромбина III и фибринолиза в гемокоагуляционных нарушениях у детей с аллергическим диатезом и иммунокомплекс-*

- ными заболеваниями в сравнительном аспекте [автореф. дис. ... канд. мед. наук]. Свердловск; 1982. 20 с.
28. Вершинина ГА. *Состояние динамических функций тромбоцитов и плазменного гемостаза у детей с аллергическим диатезом и аллергодерматозами* [автореф. дис. ... канд. мед. наук]. Свердловск; 1987. 24 с.
 29. Vadasz Z, Toubi E. Hemostasis in allergy. *Seminars in Thrombosis and Hemostasis*. 2018;44(7):669–675. DOI: <https://doi.org/10.1055/s-0038-1648232>.
 30. Ковтун ОП, Баранов ДА, Кузнецов НН, Плакшина АН. Тромботические и нетромботические эффекты тромбофилии: актуальные аспекты педиатрической практики (обзор литературы). *Вестник Уральской медицинской академической науки*. 2011;(4):131–136. EDN: <https://www.elibrary.ru/OZKMQR>.
 31. Румянцев АГ. Перспективы развития клинической иммунологии. *Вопросы гематологии/онкологии и иммунопатологии в педиатрии*. 2020;19(S4):14–17. DOI: <https://doi.org/10.24287/1726-1708-2020-19-4suppl-14-17>. EDN: <https://www.elibrary.ru/GVEFRZ>.
 32. Синявская ОА. *Детская клиническая аллергология (аллергический диатез, его эволютивные кожные формы)*. Актуальные вопросы, перспективы [актовая речь]. Свердловск; 1985.
 33. Максименко ЛВ. Эпигенетика как доказательная база влияния образа жизни на здоровье и болезни. *Профилактическая медицина*. 2019; 22(2):115–120. DOI: <https://doi.org/10.17116/profmed201922021115>. EDN: <https://www.elibrary.ru/QHKMXX>.
 34. Татарева СВ. *Влияние лямблиоза кишечника на течение аллергодерматозов у детей* [автореф. дис. ... д-ра мед. наук]. Екатеринбург; 1994. 25 с.
 35. Плотникова ИА, Медведева СЮ. Клинико-морфологические особенности течения атонического дерматита и некоторых других форм дерматозов у детей, страдающих токсокарозом. *Аллергология*. 1998;(4): 15–20. EDN: <https://www.elibrary.ru/HRRGUR>.
 36. Синицын МВ. *Атопический дерматит и хеликобактерная инфекция у детей* [автореф. дис. ... канд. мед. наук]. Екатеринбург; 1998. 30 с.
 37. Сафронова НА. *Паразитофауна кишечника детей с аллергодерматозами (регион Среднего Урала)* [автореф. дис. ... канд. биол. наук]. Москва; 2000. 22 с.
 38. Кунгуров НВ. *Особенности типов течения атопического дерматита, принципы терапии* [автореф. дис. ... д-ра мед. наук]. Москва; 1998. 48 с.
 39. Тузанкина ИА. *Клинико-иммунологические подходы к формированию групп часто болеющих детей и эффективность иммуномодулирующей терапии в комплексе группоспецифических реабилитационных мероприятий* [автореф. дис. ... канд. мед. наук]. Екатеринбург; 1992. 24 с.
 40. Тузанкина ИА. *Иммунопатологические состояния в педиатрической практике: клинико-лабораторная диагностика, дифференциальная*

- диагностика, принципы лечения* [автореф. дис. ... д-ра мед. наук]. Екатеринбург; 1997. 40 с.
41. Институт иммунологии и физиологии Уральского отделения Российской академии наук. *Лаборатория иммунологии воспаления*. Доступно по: <https://clck.ru/3HNdLH> [обращение 3 декабря 2024].
 42. Брезгина Св. *Бронхообструктивные заболевания у детей в условиях хронической техногенной нагрузки* [автореф. дис. ... д-ра мед. наук]. Екатеринбург; 2000. 43 с.
 43. Бельтюков ЕК, Братухин КП. Эпидемиология аллергического ринита и бронхиальной астмы в Свердловской области. *Доктор.ру*. 2015;(7):11–14. EDN: <https://www.elibrary.ru/UFFOVT>.
 44. Наумова ВВ, Бельтюков ЕК, Петухова АЮ, Архипов МВ. Эффективность локальных программ помощи больным бронхиальной астмой в Свердловской области. *Вестник Уральской медицинской академической науки*. 2008;(3):14–17. EDN: <https://www.elibrary.ru/SALNUH>.
 45. Бельтюков ЕК, Наумова ВВ, Абдуллаев ВХ, Стяжкина ЮА, Веденская СС. Распространенность фенотипов тяжелой бронхиальной астмы на Среднем Урале. *Российский аллергологический журнал*. 2019; 16(2):67–74. EDN: <https://www.elibrary.ru/EAVFSE>.
 46. *О государственном докладе «О состоянии окружающей среды на территории Свердловской области в 2021 году»* [распоряжение Правительства Свердлов. обл. от 2 сентября 2022 г. № 498-РП]. Доступно по: <https://clck.ru/3HNduc> [обращение 9 декабря 2024].
 47. Ковтун ОП, Плотникова ИА, Темнова ОВ. Клинико-патогенетические особенности состояния здоровья детей, проживающих в районах техногенного загрязнения среднего Урала. *Вопросы современной педиатрии*. 2006;5(1):269а. EDN: <https://www.elibrary.ru/KXBALT>.
 48. Пашнина ИА, Плотникова ИА, Криволапова ИМ, Цегельная ВП, Тузанкина ИА, Каракина МЛ, и др. Признаки иммунопатологических процессов у детей, проживающих на территории с высокой техногенной нагрузкой. *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. 2013;15(3–6):1904–1907. EDN: <https://www.elibrary.ru/RVFXNF>.
 49. Мирзоева МР, Плотникова ИА. Клинико-иммунологические и токсические аспекты оценки здоровья детей Нижнего Тагила. В: *Актуальные вопросы современной медицинской науки и здравоохранения* [материалы VII Международ. науч.-практ. конф. молодых ученых и студентов (Екатеринбург, 17–18 мая 2022 г.)]. Екатеринбург; 2022. С. 2322–2327. EDN: <https://www.elibrary.ru/HVKGDI>.
 50. Бабушкин БА. *Концентрация иммуноглобулина Е в сыворотке крови у детей с аллергическим диатезом в динамике патологического процесса* [автореф. дис. ... канд. мед. наук]. Свердловск; 1984. 16 с.

51. *О реализации мер социальной поддержки проживающих в Свердловской области беременных женщин, кормящих матерей и детей в возрасте до трех лет по обеспечению полноценным питанием, детей, страдающих тяжелыми формами пищевой аллергии с непереносимостью белков коровьего молока, и детей с экстремально низкой и очень низкой массой тела при рождении специализированными продуктами лечебного питания за счет средств областного бюджета* [постановление Правительства Свердл. обл. от 2 марта 2011 г. № 167-ПП]. Доступно по: <https://clck.ru/3HNeof> [обращение 11 декабря 2024].
52. Лепешкова ТС. Хейлит у детей с атопическим дерматитом: клинико-иммунологические особенности, новые подходы к терапии. *Аллергология и иммунология в педиатрии*. 2010;(3):44–45. EDN: <https://www.elibrary.ru/WZKMKP>.
53. Лепешкова ТС. *Клинико-патогенетические основы формирования острых локальных и системных проявлений пищевой аллергии у детей, возможности их прогнозирования и коррекции* [автореф. дис. ... д-ра мед. наук]. Екатеринбург; 2023. 45 с.
54. Лепешкова ТС, Андропова ЕВ, Закирова ЛР. Очевидные и неочевидные пути сенсибилизации при пищевой аллергии и атопическом дерматите у детей. *Аллергология и иммунология в педиатрии*. 2021;(2): 25–30. DOI: <https://doi.org/10.24412/2500-1175-2021-2-25-30>. EDN: <https://www.elibrary.ru/ILTCBD>.
55. Медицинский портал «Здоровая Чувашия». *Аллергии, аутизм и культура питания: что их объединяет*. Доступно по: <https://clck.ru/3HNf9z> [обращение 11 декабря 2024].
56. Кошкина ИА, Полетаева АА, Полетаев АБ. Клиническая картина и лабораторная диагностика пищевой непереносимости. *Медицинские новости*. 2019;(7):32–35. EDN: <https://www.elibrary.ru/ONWOXX>.
57. Полетаев АБ, Риццо К, Батышева ТТ. Пищевая непереносимость: клиническая значимость и методы анализа. *Детская и подростковая реабилитация*. 2019;(3):5–10. EDN: <https://www.elibrary.ru/PNNBKV>.
58. Бельтюков ЕК, Шелякин ВА, Наумова ВВ, Виноградов АВ, Смоленская АГ, Абдуллаев ВХ. Совершенствование организации таргетной терапии большим тяжелой бронхиальной астмой в Свердловской области. В: *Актуальные вопросы заболеваний внутренних органов* [материалы конф., посвящ. 85-летию каф. факульт. терапии, эндокринологии, аллергологии и иммунологии (Екатеринбург, 16 марта 2021 г.)]. Екатеринбург: АМБ; 2021. С. 5–11. EDN: <https://www.elibrary.ru/IUTGZF>.

Информация об авторах

Инга Альбертовна Плотникова — доктор медицинских наук, доцент кафедры детских болезней, институт педиатрии и репродуктивной медици-

ны, Уральский государственный медицинский университет, Екатеринбург, Россия.

E-mail: inga63@bk.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6909-1487>

Вера Леонидовна Зеленцова — доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой детских болезней, институт педиатрии и репродуктивной медицины, Уральский государственный медицинский университет, Екатеринбург, Россия.

E-mail: vera-zelentsova@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8897-6689>

Яна Андреевна Шукшина✉ — студент института клинической медицины, Уральский государственный медицинский университет, Екатеринбург, Россия.

E-mail: shukshina.2003@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-8340-4012>

Information about the authors

Inga A. Plotnikova — Doctor of Sciences (Medicine), Associate Professor of the Department of Pediatric Diseases, Institute of Pediatrics and Reproductive Medicine, Ural State Medical University, Ekaterinburg, Russia.

E-mail: inga63@bk.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6909-1487>

Vera L. Zelentsova — Doctor of Sciences (Medicine), Professor, Head of the Department of Pediatric Diseases, Institute of Pediatrics and Reproductive Medicine, Ural State Medical University, Ekaterinburg, Russia.

E-mail: vera-zelentsova@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8897-6689>

Yana A. Shukshina✉ — Specialist's Degree Student of the Institute of Clinical Medicine, Ural State Medical University, Ekaterinburg, Russia.

E-mail: shukshina.2003@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-8340-4012>

<https://doi.org/10.52420/usmumb.10.1.e00136>

<https://elibrary.ru/FYANSS>

Обзор

Экстракорпоральная терапия сепсиса — смена мишени

Владислав Владимирович Шингур✉, Игорь Игоревич Спичка

Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия

✉ vmeda-nio@mil.ru

Аннотация. Рассматриваются современные методы экстракорпоральной терапии для лечения сепсиса с акцентом на инновационные гемосорбционные колонки, такие как Seraph 100 Microbind Affinity, GARNET и Hemopurifier. Сепсис — серьезное состояние, связанное с неконтролируемым иммунным ответом на инфекцию, что часто приводит к органной недостаточности и высокой летальности. Традиционные методы, включая антимикробную терапию, могут оказаться недостаточными при инфекциях, вызванных устойчивыми патогенами. Принцип работы фильтров для гемосорбции заключается в удалении из крови патогенов и их медиаторов, что позволяет уменьшить риск цитокинового шторма и улучшить клинические результаты. Исследования показывают эффективность этих устройств в лечении сложных инфекций, включая бактериемию и вирусемию, однако необходимы дополнительные крупные клинические испытания для подтверждения их безопасности и оптимальных показаний к применению.

Ключевые слова: экстракорпоральная терапия • сепсис • гемосорбция • антимикробная терапия • цитокины

Для цитирования: Шингур ВВ, Спичка ИИ. Экстракорпоральная терапия сепсиса — смена мишени. *Вестник УГМУ*. 2025;10(1):e00136. DOI: <https://doi.org/10.52420/usmumb.10.1.e00136>. EDN: <https://elibrary.ru/FYANSS>.

Review

Extracorporeal Therapy of Sepsis — Target Change

Vladislav V. Shingur✉, Igor I. Spichka

© Шингур В. В., Спичка И. И., 2025

© Shingur V. V., Spichka I. I., 2025

Kirov Military Medical Academy, Saint Petersburg, Russia

✉ vmeda-nio@mil.ru

Abstract. This article reviews current methods of extracorporeal therapy for the treatment of sepsis, with emphasis on innovative hemosorption filters such as Seraph 100 Microbind Affinity, GARNET and Hemopurifier. Sepsis is a serious condition associated with an uncontrolled immune response to infection, often resulting in organ failure and high mortality. Conventional methods, including antimicrobial therapy, may not be sufficient in infections caused by resistant pathogens. Hemosorption filters work by removing pathogens and their mediators from the blood, reducing the risk of cytokine storm and improving clinical outcomes. Studies show the efficacy of these devices in the treatment of complex infections including bacteremia and viremia; however, additional large clinical trials are needed to confirm their safety and optimal indications for use.

Keywords: extracorporeal therapy • sepsis • hemosorption • antimicrobial therapy • cytokines

For citation: Shingur VV, Spichka II. Extracorporeal therapy of sepsis — target change. *USMU Medical Bulletin*. 2025;10(1):e00136. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.52420/usmumb.10.1.e00136>. EDN: <https://elibrary.ru/FYANSS>.

Введение

Сепсис — это патологическое состояние, характеризующееся неконтролируемой системной воспалительной реакцией организма на инфекцию различного происхождения, включая бактериальные, вирусные и грибковые возбудители. В настоящее время основными методами лечения сепсиса являются антимикробная терапия, контроль источников инфекции и поддержка органов, пострадавших из-за системного воспаления, вызванного инфекцией [1].

Однако в будущем рост числа случаев заболевания, связанных с лекарственно-устойчивыми патогенами, и недостаток новых антибактериальных средств могут значительно ограничить фармакологические возможности в лечении инфекций, вызванных устойчивыми возбудителями [2]. В ответ на эти вызовы ученые разрабатывают и внедряют новые терапевтические подходы к лечению инфекционных заболеваний. Одним из них является улучшение методов гемоперфузии, которые направлены на очищение крови от патогенов и предотвращение нерегулируемой иммунной реакции организма.

Экстракорпоральная терапия в настоящее время направлена на удаление из крови провоспалительных цитокинов и молекулярных паттернов патогенов (*англ.* Pathogen-Associated Molecular Pattern, PAMP), таких как эндотоксины. Тем не менее результаты клинических исследований показывают, что использование гемоперфузионных технологий для лечения пациентов с сепсисом и септическим шоком пока не приводит к улучшению выживаемос-

ти [3]. Это может быть связано с несвоевременным началом терапии, неправильным отбором пациентов или отсутствием точных методов иммунного мониторинга [4]. Вместо удаления из крови противовосполительных цитокинов и эндотоксинов, возможно, более перспективным направлением в терапии очистки крови является удаление самих возбудителей инфекции, ставших причиной сепсиса и септического шока, а не только их медиаторов.

Цель — суммирование доклинических и клинических данных по использованию гемосорбционных фильтров с возможностью целенаправленного удаления из крови патогенных микроорганизмов в целях определения спектра возможностей применения таких устройств для экстракорпоральной терапии у пациентов с сепсисом в настоящее время.

Материалы и методы

С использованием баз данных PubMed и eLibrary.ru проведен поиск и анализ зарубежной и отечественной литературы, посвященной применению устройств Seraph 100 Microbind Affinity (ExThera Medical, США), GARNET (BOA Biomedical, США), Hemopurifier (Aethlon Medical, США) в терапии пациентов с сепсисом, за последние 10 лет. Поиск осуществлен по основным ключевым словам: “Seraph 100 Microbind Affinity”, «гемофильтр GARNET», “Hemopurifier”, «экстракорпоральная терапия», «сепсис», «гемосорбция», «антимикробная терапия», «цитокины». После удаления дубликатов идентифицировано 87 публикаций, на этапе первичного скрининга по заголовкам и аннотациям исключена 31 работа, не соответствующая критериям включения. Оставшиеся 56 статей оценены по полным текстам — в окончательный анализ включено 30 публикаций, соответствующие всем критериям.

Результаты и обсуждение

Удаление микроорганизмов, ставших причиной развития генерализованного инфекционного процесса, из крови на ранней стадии сепсиса может снизить вероятность запуска неконтролируемого иммунного каскада с последующим формированием цитокинового шторма. Такая методика может также быть рассмотрена для лечения бактериемии, вызванной патогеном с обширной лекарственной устойчивостью. В настоящее время разрабатываются различные устройства для гемоперфузии, направленные на удаление микроорганизмов из крови. Среди зарубежных производителей наибольшее распространение в клинической практике получили следующие фильтры: Seraph 100 Microbind Affinity, GARNET, Hemopurifier.

Seraph 100 Microbind Affinity

Устройство представляет собой инновационный фильтр для гемоперфузии, в основе которого лежат полиэтиленовые гранулы, покрытые ковалентно иммобилизованным гепарином. Многочисленные микроорганизмы используют гепарансульфат для адгезии на поверхности клеток человека [5].

Поскольку гепарин и гепарансульфат обладают схожей структурой, гепарин также способен связывать патогенные микроорганизмы.

Ряд экспериментов *in vitro* продемонстрировал, что гепаринизированные частицы эффективно захватывают различные патогены, включая вирусы, грамотрицательные и грамположительные бактерии, а также положительно заряженные цитокины [6–7].

Тестирование Seraph 100 в условиях пандемии коронавирусной инфекции 2019 г. (*англ.* Coronavirus Disease 2019, COVID-19) показало его способность связывать спайковые белки коронавируса тяжелого острого респираторного синдрома 2 (*англ.* Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2, SARS-CoV-2) [8], тем самым способствуя снижению уровня виремии у пациентов [9]. Предварительный анализ данных из международного регистра пациентов с COVID-19 указывает на снижение смертности у тех, кто помимо стандартной терапии получал лечение с использованием Seraph 100. Особенно заметны результаты, если гемоперфузия была начата в первые 60 ч. после поступления человека в отделение интенсивной терапии [10].

В настоящее время продолжаются рандомизированные контролируемые исследования, включающие пациентов с COVID-19, острым респираторным дистресс-синдромом и еще одной органной дисфункцией. Больные получают либо стандартную терапию, либо стандартную терапию с добавлением Seraph 100 [11]. В исследовании Я. Т. Кильштайна и др. (*нем.* J. T. Kielstein et al.) [12], где рассматривали 7 пациентов с COVID-19, лечившихся с использованием Seraph 100, отмечено снижение уровня вирусного нуклеокапсидного белка в крови, что подтверждает эффективность устройства в удалении вирусных патогенов.

Кроме того, фильтр Seraph 100 продемонстрировал эффективность в уменьшении бактериальной нагрузки у пациентов с бактериемией. В Германии завершено исследование с участием 15 пациентов с септическим шоком, получавших заместительную почечную терапию. У 4 пациентов с бактериемией зафиксировано увеличение времени до получения положительных результатов посевов крови, что свидетельствует о снижении бактериальной нагрузки. В работах М.-Т. Зеффер и др. (*нем.* M. T. Seffer et al.) также показано, что использование гепаринизированных гранул в экстракорпоральной очистке крови может стать перспективным решением при инфекциях, вызванных множественно резистентными штаммами *Staphylococcus aureus* [13].

Касательно грамотрицательных бактерий в исследованиях показано, что количество энтеробактерий, резистентных к карбапенему, может быть удалено с помощью адсорбционной среды на основе гепарина [14]. Однако для подтверждения эффективности Seraph 100 в этой когорте пациентов необходимы более масштабные клинические исследования.

GARNET

Маннозсвязывающий лектин (*англ.* Mannose-Binding Lectin, MBL) — это важный компонент врожденной иммунной системы человека, функци-

онирующий в качестве опсонина. Он способен распознавать и взаимодействовать с различными углеводными структурами, которые присутствуют на поверхности множества микроорганизмов, таких как бактерии, вирусы, грибки и паразиты [15].

FcMBL представляет собой генетически модифицированный белок, который создан на основе MBL и дополнен кристаллизующимся фрагментом (англ. Fragment Crystallizable, Fc) человеческого иммуноглобулина. Впервые его использовали для покрытия магнитных наночастиц, которые затем смешивали с кровью зараженного человека и извлекали из организма при помощи магнита [16]. Опираясь на эту технологию, разработан фильтр GARNET. В его основе лежат полые полисульфоновые волокна, покрытые FcMBL, которые могут напрямую связываться с патогенами и PAMPs у пациентов с сепсисом [17].

Т. Ф. Дидар и др. (англ. T. F. Didar et al.) первыми оценили эффективность этой технологии на животных [18]. В ходе лечения септических крыс антибиотиками исследователи наблюдали увеличение концентрации PAMP в их крови — ключевых молекулярных структур, запускающих неконтролируемый иммунный ответ, который часто приводит к цитокиновому шторму. Применение устройства для гемоперфузии с фильтром, покрытым FcMBL, позволило эффективно удалять PAMP из кровотока, что привело к улучшению клинических показателей у крыс. У группы животных, которым была назначена комбинированная терапия (антибиотики и экстракорпоральное очищение крови), выявлены более выраженные положительные результаты. В свете этих предварительных успехов недавно инициировано многоцентровое клиническое исследование на людях для оценки безопасности фильтра GARNET у пациентов с инфекциями крови, находящихся на гемодиализе [19], однако его результаты пока не опубликованы.

Немопурификер

Фильтр Немопурификер объединяет технологию плазмафереза с адсорбцией для эффективного удаления вирусных частиц из крови. В основе работы устройства лежит лектин, полученный из подснежника *Galanthus nivalis*, который демонстрирует высокую аффинность к гликопротеинам, расположенным на поверхности вирусных оболочек, включая коронавирусы и филовирусы.

Конструкция Немопурификер состоит из плазмофильтра, размер пор которого составляет 200 нм. Аффинный агент закреплен в экстракапиллярных отделах фильтра. Во время прохождения крови через устройство возникает градиент давления, который способствует фильтрации плазмы и выведению вирусов и растворимых гликопротеинов во внешнюю часть капилляров, где они захватываются за счет адсорбента. По завершении этого процесса очищенная плазма возвращается в кровоток [20].

Эта технология предложена как потенциальное средство для лечения вирусных инфекций с высокой летальностью [21]. Фильтр Немопурификер приме-

нялся как дополнение к гемодиализу (3 сеанса в неделю) у пациентов с терминальной стадией почечной недостаточности, у которых также выявлена вирусная инфекция гепатита С [22]. Использование устройства совместно с диализом привело к снижению вирусной нагрузки на 57 % за 1 неделю [23]. Кроме того, фильтр эффективно использован для лечения больного с тяжелой формой инфекции, вызванной вирусом Эбола, у которого спустя 6 дней после начала экстракорпоральной терапии вирусная нагрузка в плазме была незначительна [24].

Также зафиксированы успешные случаи применения Немопурифиер для лечения 2 пациентов с критически тяжелой формой COVID-19 [25]. После сеансов гемафереза с применением устройства пациенты не испытывали побочных эффектов, а удаление экзосом и экзосомальных малых рибонуклеиновых кислот (микроРНК) сопровождалось улучшением свертываемости крови, повышением уровня оксигенации и улучшением общего клинического состояния.

Российские аналоги гемосорбционных устройств

Среди отечественных устройств для гемосорбции можно выделить колонки «Десепта» и «Десепта-ЛПС», разработанные научно-производственным предприятием «Биотех-М». Работа этих фильтров основана на использовании сверхсшитого полимерного сорбента, относящегося к стиролдивинилбензольной группе [26]. Гемосорбенты обладают повышенными твердостью, чистотой, высокой гемосовместимостью [27]. Биохимические свойства поверхности, структура и дисперсия пор по размерам подобраны так, что сорбент одновременно адсорбирует бактериальные клетки, их эндотоксины и широкий спектр про- и противовоспалительных цитокинов [28]. Однако модели фильтров для гемосорбции «Десепта» и «Десепта-ЛПС» не получили широкого применения в клинической практике и была вытеснена другой более современной отечественной колонкой «Эфферон ЛПС»* («Эфферон», Россия) [29], которая, согласно инструкции к изделию, избирательно связывает два разнородных типа терапевтических мишеней — молекулы ЛПС и избыток цитокинов без указания к возможности сорбции патогенных микроорганизмов [30].

Выводы

В обзоре представлены устройства для экстракорпоральной терапии с новым принципом действия, в основе которого лежит не селективная сорбция отдельных цитокинов и эндотоксинов, а непосредственное удаление из кровотока больных патогенных микроорганизмов, ставших причиной развития септического процесса. Помимо возможности стать дополнительной опцией для регуляции неконтролируемого иммунного ответа на инфекционный

* ЛПС — липополисахариды.

агент такие фильтры открывают перед клиницистами много новых возможностей, включая этиотропное лечение вирусных инфекций и прицельную терапию бактериального сепсиса, вызванного полирезистентными штаммами микроорганизмов. Все эти устройства в настоящее время прошли оценку в клинических испытаниях; несмотря на положительные первичные результаты, все еще требуется проведение больших рандомизированных контролируемых исследований в целях накопления достаточной базы данных для точного и безопасного применения таких фильтров для гемосорбции у инфекционных пациентов.

Список источников • References

1. Rhodes A, Evans LE, Alhazzani W, Levy MM, Antonelli M, Ferrer R. Surviving sepsis campaign: International guidelines for management of sepsis and septic shock: 2016. *Intensive Care Medicine*. 2017;43(3):304–377. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00134-017-4683-6>.
2. Емельянов ВН, Зоря АИ, Глушков АА. Эпидемиологические особенности антибиотикорезистентности клинически значимых патогенных микроорганизмов на примере бактерий рода *Serratia*. *Медицина*. 2024;12(3):118–129. DOI: <https://doi.org/10.29234/2308-9113-2024-12-3-118-129>.
3. Monard C, Rimmelé T, Ronco C. Extracorporeal blood purification therapies for sepsis. *Blood Purification*. 2019;47(Suppl 3):1–14. DOI: <https://doi.org/10.1159/000499520>.
4. Емельянов ВН, Кузин АА, Азарова НИ, Товпенко ДВ, Алексеев ПЕ, Куликов ПВ. Оценка социально-экономических затрат, обусловленных болезнями органов дыхания военнослужащих-курсантов. *Вестник Российской Военно-медицинской академии*. 2019;(4):132–135. EDN: <https://elibrary.ru/PRBWSW>.
5. Li JP, Kusche-Gullberg M. Heparan sulfate: Biosynthesis, structure, and function. *International Review of Cell and Molecular Biology*. 2016;325: 215–273. DOI: <https://doi.org/10.1016/bs.ircmb.2016.02.009>.
6. McCrea K, Ward R, LaRosa SP. Removal of carbapenem-resistant enterobacteriaceae (CRE) from blood by heparin-functional hemoperfusion media. *PLoS One*. 2014;9(12):e114242. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0114242>.
7. Mattsby-Baltzer I, Bergstrom T, McCrea K, Ward R, Adolfsson L, Larm O. Affinity apheresis for treatment of bacteremia caused by *Staphylococcus aureus* and/or methicillin-resistant *S. aureus* (MRSA). *Journal of Microbiology and Biotechnology*. 2011;21(6):659–664. DOI: <https://doi.org/10.4014/jmb.1102.02016>.

8. Емельянов ВН, Вирко ВА, Беседин АД, Андреевский ГВ. COVID-19 и его несоответствие характеристикам патогенов I группы патогенности: сравнительный анализ. *Вестник УГМУ*. 2024;(3):17–24. EDN: <https://elibrary.ru/PUALDL>.
9. Axelsson J, Ferreira M, Adolfsson L, McCrea K, Ward R, Larm O. Cytokines in blood from septic patients interact with surface-immobilized heparin. *ASAIO Journal*. 2010;56(1):48–51. DOI: <https://doi.org/10.1097/MAT.0b013e3181c3fec8>.
10. Mycroft-West CJ, Su D, Pagani I, Rudd TR, Elli S, Gandhi NS, et al. Heparin inhibits cellular invasion by SARS-CoV-2: Structural dependence of the interaction of the spike S1 receptor-binding domain with heparin. *Thrombosis and Haemostasis*. 2020;120(12):1700–1715. DOI: <https://doi.org/10.1055/s-0040-1721319>.
11. National Library of Medicine. *Safety and effectiveness evaluation of seraph 100 microbind affinity blood filter (Seraph 100) in the treatment of patients with COVID-19*. Available from: <https://clck.ru/3HZJkL> [accessed 1 March 2025].
12. Kielstein JT, Borchina DN, Fühner T, Hwang S, Mattoon D, Ball AJ. Hemofiltration with the Seraph® 100 Microbind® Affinity filter decreases SARS-CoV-2 nucleocapsid protein in critically ill COVID-19 patients. *Critical Care*. 2021;25(1):190. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13054-021-03597-3>.
13. Seffer MT, Cottam D, Forni LG, Kielstein JT. Heparin 2.0: A new approach to the infection crisis. *Blood Purification*. 2021;50(1):28–34. DOI: <https://doi.org/10.1159/000508647>.
14. Seffer M-T, Weinert M, Molinari G, Rohde M, Gröbe L, Kielstein JT, et al. *Staphylococcus aureus* binding to Seraph® 100 Microbind® Affinity Filter: Effects of surface protein expression and treatment duration. *PLoS One*. 2023;18 (3):e0283304. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0283304>.
15. McCrea K, Ward R, LaRosa SP. Removal of carbapenem-resistant enterobacteriaceae (CRE) from blood by heparin-functional hemoperfusion media. *PLoS One*. 2014;9(12):e114242. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0114242>.
16. Dommett RM, Klein N, Turner MW. Mannose-binding lectin in innate immunity: Past, present and future. *Tissue Antigens*. 2006;68(3):193–209. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1399-0039.2006.00649.x>.
17. Kang JH, Super M, Yung CW, Cooper RM, Domansky K, Graveline AR, et al. An extracorporeal blood-cleansing device for sepsis therapy. *Nature Medicine*. 2014;20(10):1211–1216. DOI: <https://doi.org/10.1038/nm.3640>.
18. Didar TF, Cartwright MJ, Rottman M, Graveline AR, Gamini N, Watters AL, et al. Improved treatment of systemic blood infections using antibiotics with extracorporeal opsonin hemoadsorption. *Biomaterials*. 2015;67:382–392. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biomaterials.2015.07.046>.

19. National Library of Medicine. *GARNET™ filter (GARNET device) IDE used in chronic hemodialysis patients with a bloodstream infection*. Available from: <https://clck.ru/3HZaeK> [accessed 1 March 2025]
20. Büttner S, Koch B, Dolnik O, Eickmann M, Freiwald T, Rudolf S, et al. Extracorporeal virus elimination for the treatment of severe Ebola virus disease: First experience with lectin affinity plasmapheresis. *Blood Purification*. 2014;38(3–4):286–291. DOI: <https://doi.org/10.1159/000375229>.
21. Amundson DE, Shah US, de Necochea-Campion R, Jacobs M, LaRosa SP, Fisher CJ Jr. Removal of COVID-19 spike protein, whole virus, exosomes, and exosomal microRNAs by the Hemopurifier® lectin-affinity cartridge in critically ill patients with COVID-19 infection. *Frontiers in Medicine*. 2021;8:744141. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmed.2021.744141>.
22. Марухов АВ, Захаров МВ, Чубченко НВ, Щербак СГ. Оценка in vitro адсорбционных свойств различных устройств для селективной гемосорбции липополисахарида (экспериментальное исследование). *Вестник анестезиологии и реаниматологии*. 2022;19(1):52–57. DOI: <https://doi.org/10.21292/2078-5658-2022-19-1-52-57>. EDN: <https://elibrary.ru/GYBBFT>.
23. Самуйлов АА, Заварзин АЮ. Экстракорпоральная детоксикация в интенсивной терапии тяжелого сепсиса. *Московский хирургический журнал*. 2020;(1):108–110. DOI: <https://doi.org/10.17238/issn2072-3180.2020.1.108-110>. EDN: <https://www.elibrary.ru/EECSWM>.
24. Ковзель ВА, Давыдова ЛА, Карзин АВ, Царенко СВ, Батурова ВЮ, Полупан АА, и др. Методы экстракорпоральной гемокоррекции при сепсисе. *Общая реаниматология*. 2023;19(2):68–82. DOI: <https://doi.org/10.15360/1813-9779-2023-2-2282>. EDN: <https://www.elibrary.ru/NVQFLY>.
25. Chong DL, Sriskandan S. Pro-inflammatory mechanisms in sepsis. In: Herwald H, Egesten A (eds.). *Sepsis — pro-inflammatory and anti-inflammatory responses: Good, bad or ugly?* S. Karger AG; 2011. P. 86–107. DOI: <https://doi.org/10.1159/000324022>.
26. Osuchowski MF, Welch K, Siddiqui J, Remick DG. Circulating cytokine/inhibitor profiles reshape the understanding of the SIRS/CARS continuum in sepsis and predict mortality. *The Journal of Immunology*. 2006;177(3):1967–1974. DOI: <https://doi.org/10.4049/jimmunol.177.3.1967>.
27. Shubin NJ, Monaghan SF, Ayala A. Anti-inflammatory mechanisms of sepsis. In: Herwald H, Egesten A (eds.). *Sepsis — pro-inflammatory and anti-inflammatory responses: Good, bad or ugly?* S. Karger AG; 2011. P. 108–124. DOI: <https://doi.org/10.1159/000324024>.
28. Мешков ВМ, Аниховская ИА, Яковлева ММ, Яковлев МЮ. Кишечный эндотоксин в регуляции активности системы гемостаза и пато-

- генезе ДВС-синдрома. *Физиология человека*. 2005;31(6):91–96. EDN: <https://www.elibrary.ru/HSGEWH>.
29. Schefold JC, Hasper D, Jorres A. Organ crosstalk in critically ill patients: Hemofiltration and immunomodulation in sepsis. *Blood Purification*. 2009; 28(2):116–123. DOI: <https://doi.org/10.1159/000223361>.
 30. Naka T, Shinozaki M, Akizawa T, Shima Y, Takaesu H, Nasu H. The effect of continuous veno-venous hemofiltration or direct hemoperfusion with polymyxin B-immobilized fiber on neutrophil respiratory oxidative burst in patients with sepsis and septic shock. *Therapeutic Apheresis and Dialysis*. 2006;10(1):7–11. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1744-9987.2006.00339.x>.

Информация об авторах

Владислав Владимирович Шингур  — оператор научной роты Главного военно-медицинского управления, Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия.

E-mail: vmeda-nio@mil.ru

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-5961-6005>

Игорь Игоревич Спичка — оператор научной роты Главного военно-медицинского управления, Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия.

E-mail: vmeda-nio@mil.ru

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-5025-938X>

Information about the authors

Vladislav V. Shingur  — Operator of the Scientific Company of the Main Military Medical Directorate, Kirov Military Medical Academy, Saint Petersburg, Russia.

E-mail: vmeda-nio@mil.ru

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-5961-6005>

Igor I. Spichka — Operator of the Scientific Company of the Main Military Medical Directorate, Kirov Military Medical Academy, Saint Petersburg, Russia.

E-mail: vmeda-nio@mil.ru

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-5025-938X>

<https://doi.org/10.52420/usmumb.10.1.e00137>

<https://elibrary.ru/LPPFHR>

Обзор

Эволюция представлений об этиологии и патогенезе кариозного процесса

Дмитрий Константинович Шуленин✉,
Юрий Александрович Виноградов

Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия

✉ vmeda-nio@mil.ru

Аннотация. Работа представляет собой обзор эволюции взглядов на причины и механизмы развития кариеса зубов. Прослеживается путь от ранних представлений древних цивилизаций, связывающих кариес с общим состоянием организма, до современных научных теорий, подчеркивающих роль бактерий зубного налета и влияния диеты на возникновение и прогрессирование кариозного процесса. Особое внимание уделено ключевым теориям и концепциям, оказавшим наибольшее влияние на эволюцию взглядов стоматологического сообщества на патогенез кариеса, таким как химико-паразитарная теория Миллера, физико-химическая теория Энтина, биологическая теория Лукомского, теория Шарпенака о недостатке белков в эмали, протеолиз-хелационная теория Шатца и Мартина, трофоневротическая теория Платонова и рабочая концепция патогенеза кариеса Рыбакова. Подчеркивается сложность и многофакторность процесса развития кариеса, а также значимость понимания механизмов его возникновения для разработки эффективных методов профилактики и лечения.

Ключевые слова: теории развития кариеса • кариозный процесс • патогенез кариеса • причины возникновения кариеса • профилактика кариеса • лечение кариеса

Для цитирования: Шуленин ДК, Виноградов ЮА Эволюция представлений об этиологии и патогенезе кариозного процесса. *Вестник УГМУ.* 2025;10(1): e00137. DOI: <https://doi.org/10.52420/usmumb.10.1.e00137>. EDN: <https://elibrary.ru/LPPFHR>.

Evolution of Ideas About the Etiology and Pathogenesis of the Carious Process

Dmitry K. Shulenin✉, Yuriy A. Vinogradov

Kirov Military Medical Academy, Saint Petersburg, Russia

✉ vmeda-nio@mil.ru

Abstract. This work is an overview of the evolution of views on the causes and mechanisms of dental caries. The article traces the path from the early ideas of ancient civilizations connecting caries with the general state of the body, to modern scientific theories emphasizing the role of plaque bacteria and the influence of diet on the emergence and progression of the carious process. Particular attention is paid to the key theories and concepts that have had the greatest impact on the evolution of the dental community's views on the pathogenesis of tooth decay — such as Miller's chemical-parasitic theory, Entin's physicochemical theory, Lukomsky's biological theory, Sharpenak's theory of the lack of proteins in enamel, Shatz and Martin's proteolysis-chelation theory, Platonov's tropho-neurotic theory and Rybakov's working theory of the pathogenesis of caries. The article emphasizes the complexity and multifactorial nature of the process of caries development, as well as the importance of understanding the mechanisms of its occurrence for the development of effective methods of prevention and treatment.

Keywords: theories of caries development • carious process • pathogenesis of caries • causes of caries • prevention of caries • treatment of caries

For citation: Shulenin DK, Vinogradov YA. Evolution of ideas about the etiology and pathogenesis of the carious process. *USMU Medical Bulletin*. 2025;10(1):e00137. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.52420/usmumb.10.1.e00137>. EDN: <https://elibrary.ru/LPPFHR>.

Введение

Кариес, его профилактика и лечение были и остаются одной из актуальнейших проблем стоматологии. Согласно отчету Всемирной организации здравоохранения за 2022 г., кариозное поражение зубов обладает значительной распространенностью в популяции (при проведении ретроспективного анализа в период с 1990 по 2019 г. выявлено, что кариозным поражением зубов страдает 44,79 %) и при несвоевременном или неправильном лечении приводит к развитию пульпита и периодонтита, потере зубов и в ряде случаев гнойно-воспалительным заболеваниям. Пораженные кариесом зубы — это действующие очаги интоксикации и инфекционной сенсибилизации организма [1–6].

Понимание этиологии и патогенеза кариеса зубов абсолютно необходимо для его успешной профилактики и лечения. К настоящему времени выдвинуто более 400 теорий его возникновения [7, 8]. И хотя немногие в полной мере освящают даже отдельные аспекты кариозного процесса, а большая часть представляет скорее историческую ценность, каждый стоматолог должен иметь о них представление, ведь знание об эволюции взглядов на проблему позволяет трезво и опосредованно подходить к ее решению [8–11].

Цель — обзор истории развития представлений об этиологии и патогенезе кариозного процесса и рассмотрение ключевых теорий и концепций, которые внесли вклад в современное понимание кариеса.

Материалы и методы

Для основного поиска информации использованы электронные платформы, на которых представлены научные публикации: «КиберЛенинка», eLibrary.ru, ResearchGate. Поиск проводился с использованием ключевых слов: «кариес», «история», «теории», «лечение», «развитие», «этиология», «профилактика».

Включение в обзор статей производилось по следующим критериям:

- 1) тип исследования — обзоры, клинические исследования, экспериментальные исследования;
- 2) язык — английский, русский;
- 3) период публикации — с середины прошлого века по настоящее время;
- 4) тематика — соответствующая направлению исследования.

Из полученных результатов отобраны статьи, отвечающие всем вышеперечисленным критериям или располагающие ссылками на источники информации по искомой теме.

Результаты и обсуждение

Зубоврачевание и, соответственно, накопление, передача информации о патологиях зубочелюстной системы известны более двух тысячелетий [11]. Уже с XXX–XX вв. до н. э. народы древнейших цивилизаций Востока (месопотамская, египетская, индская) обладали обширными познаниями по консервативной и хирургической терапии многих стоматологических заболеваний. Однако, несмотря на все практические достижения, в теоретическом плане врачи древности длительное время не отступали от мистических объяснений природы этих недугов [12–15].

Первые основательные шаги в сторону логического объяснения генеза стоматологических заболеваний приходятся на V в. до н. э. и принадлежат Гиппократу, в чьем «корпусе» впервые возникновение патологии зубочелюстной системы связывается не с влиянием сверхъестественных сил, а нарушением баланса между внутренними и внешними факторами среды.

Это простое и удивительно близкое к правде утверждение будет пронесено до Нового времени практически без изменений, находясь в тени множества различных концепций происхождения заболеваний, трактуемых мистицизмом и религией [15].

Важнейшим этапом на пути рационализации теорий возникновения кариеса стало увлечение (около 1665 г.) А. ван Левенгука (*нид.* A. van Leeuwenhoek) «Микрографией» изобретателя микроскопа Р. Хука (*англ.* R. Hooke), побудившее первого провести множественные оптические исследования зуба и зубного налета. Обнаружив в разрезах тканей и массе налета микроорганизмы, Левенгук сделал логичный вывод — именно микробы повинны в возникновении кариеса. Потребовалось еще много времени, прежде чем микробиология и ее значимость для медицины будут в должной мере осознаны. До тех пор открытия Левенгука будут стоически игнорироваться деятелями стоматологии XVII–XVIII вв. В этот период реальную научную ценность и важность представляют переосмысление и выделение рядом ученых воздействия кислот пищи на развитие кариеса зубов и противопоставление кислотной теории господствующей витальной [16, 17].

Последним переходным этапом между важнейшими теориями и предшествующими историческими является выпущенная в 1867 г. работа Т. Лебера и Й. Б. Ротенштайна (*нем.* Th. Leber und J. B. Rottenstein), в которой описывается основная патогенная для зубных тканей микрофлора и отмечается ведущая роль кислотного поражения твердых тканей в патогенезе кариеса [18]. Именно на основании идей этого труда и собственных опытов в 1882 г. Миллер (*англ.* Miller) выдвинул знаменитую химико-паразитарную теорию — самую первую из всех обладающих наибольшей научной точностью и ценностью, а также оказавшуюся наиболее близкой к принятой в Новейшем времени унитарной [19]. Согласно ей, в ходе циклов своего хемосинтеза обитающие в полости рта бактерии сбраживают углеводы до органических кислот, растворяющих эмаль, отчего и возникает ее дефект [20, 21]. Однако в отношении кариеса дентина Миллер выдвигал иное объяснение. Так, по его мнению, распространение кариеса в дентине обусловлено воздействием двух групп микроорганизмов, проникающих через образованный ранее дефект эмали: кислотообразующих, которые растворяют неорганический компонент дентина, и протеолитических, которые разрушают его органическую основу [1–3, 22].

После исследований Миллера многие ученые пытались предложить свои трактовки механизмов возникновения и развития кариеса, что в итоге привело к формированию современной концепции кариозного процесса. Рассмотрим ключевые теории, оказавшие большее влияние на ее создание.

В 1928 году Д. А. Энтин предложил теорию, основываясь на анализе физико-химических характеристик зубов и слюны. Он воспринимал зубные ткани как полупроницаемую мембрану-буфер для осмотических процес-

сов, обусловленных разницей в осмотических давлениях крови внутри зуба и слюны снаружи. Энтин утверждал, что при оптимальных условиях осмотические токи направлены от пульпы вовне, что обеспечивает ее питание и защищает от негативных внешних воздействий. Напротив, центростремительное движение токов, т. е. направление от эмали к пульпе, он считал вредным и связывал с заболеваниями нервной и эндокринной систем, а также нарушениями в минеральном обмене и условиях жизни. Такое направление осмотических токов ведет к нарушению питания эмали и увеличивает ее уязвимость к микроорганизмам, что и способствует развитию кариеса [8, 23, 24].

В 1948 г. И. Г. Лукомский утверждал, что нехватка эндогенных факторов, например витаминов D и B₁, несоответствующее количество солей кальция, фосфора и фтора в рационе, а также дефицит ультрафиолетового излучения может нарушать обмен веществ, связанный с минералами и белками. Эти нарушения оказывают сильное влияние на одонтобласты, чья функциональность постепенно ослабевает вплоть до полной недостаточности. В результате происходит уменьшение как числа, так и размера одонтобластов, что, в свою очередь, нарушает обмен веществ в дентине и эмали. Первоначально отмечается потеря связанного кальция и фосфора при увеличении содержания магния, после чего меняется композиция и состав органического матрикса. Такие изменения приводят к снижению прочности и функциональности эмали и дентина, вызывая их постепенную некротизацию и разрушение — кариес [9, 25–27].

В 1949 г. А. Э. Шарпенак исследовал процесс формирования зубного кариеса, связывая его с локальным истощением эмали, вызванным ускоренной дегенерацией и замедленным синтезом белков. Это ведет к появлению кариеса на стадии белого пятна. Согласно наблюдениям исследователя, замедленный ресинтез белков возникает из-за дефицита специфических аминокислот, таких как лизин и аргинин. Протеолиз усиливается при высоких температурах и может быть спровоцирован гипертиреозом, нервными перегрузками, беременностью, инфекциями (такими как туберкулез и пневмония), а также накоплением кислот в тканях, что зачастую зависит от нехватки витаминов группы B. Это состояние приводит к увеличению уровней пировиноградной кислоты, что, в свою очередь, ускоряет распад белков. Шарпенак также указывает на то, что избыток углеводов повышает потребность в витамине B₁, что может вызвать его недостаток и усилить протеолиз в твердых тканях зубов [6, 28].

В 1956 г. А. Шатц и Дж. Дж. Мартин (*англ.* A. Schatz and J. J. Martin) установили, что к воздействию кариеса большую восприимчивость проявляет эмаль в связи со стабильностью кальций-белковых комплексов. Эмаль зуба представляет собой важнейшую часть организма, в большей степени минерализованную, чем большинство тканей, в связи со своей функциональностью. Органический матрикс и минералы эмали находятся в тесной биохими-

ческой взаимосвязи. Под влиянием активных химических веществ, включая протеолитические ферменты бактерий, эта устойчивость может быть снижена. Развитие кариеса ученые разделили на два этапа:

- 1) протеолиз, в ходе которого бактериальные протеолитические ферменты разрывают связи между белками и минералами эмали;
- 2) хелация, в ходе которой освободившиеся минеральные компоненты твердых тканей вымываются в результате образования комплексных соединений, объединяющих ионы металлов с анионами кислот, солями органических кислот, аминокислотами, белками и продуктами распада [3, 7].

Е. С. Платонов интерпретировал кариес зубов как трофоневротический процесс, который возникает лишь при нарушении трофики эмали и дентина. Важнейшим патогенетическим фактором он считал нарушение нервной регуляции кровоснабжения зубных тканей. Тем не менее современные исследования показывают, что зубы, у которых удалена пульпа, могут функционировать нормально до 17 лет. Удаление пульпы, применяемое для лечения осложненных форм кариеса, не вызывает изменений ни в структуре, ни в функции эмали; зуб продолжает полноценно действовать как орган. Постоянное динамическое взаимодействие с ротовой жидкостью способствует высокой минерализации твердых тканей депульпированного зуба, что, в свою очередь, приводит к улучшению кислотостойкости, микротвердости и структурной однородности. Таким образом, можно утверждать, что функциональность зуба сохраняется несмотря на потерю пульпы, что опровергает некоторые из предположений Платонова [7, 29].

В 1971 г. представлена рабочая концепция патогенеза кариеса зубов, разработанная А. И. Рыбаковым. Он выделил два типа факторов: эндогенные и экзогенные. К первым относятся такие аспекты, как наследственность, заболевания матери, а также нарушения в формировании внутренних органов, дефицит фтора, избыток углеводов, половая зрелость, изменения в пульпе, сбои в функционировании печени, желудочно-кишечного тракта и эндокринной системы. Экзогенные факторы включают в себя нехватку микроэлементов и витаминов, нарушения гигиены полости рта, проблемы с выделением слюны, колебания водородного показателя (*лат. pondus Hydrogenii*, pH) ротовой жидкости, ретенцию зубов, дисбаланс между защитными функциями организма и микробиотой полости рта, а также депульпацию зубов. Рыбаков утверждал, что кариес может развиваться лишь в условиях взаимодействия эндогенных и экзогенных факторов, определяющих развитие патологической ситуации и повреждения твердых тканей; при этом запускать процесс могут как экзогенные, так и эндогенные факторы [10, 31].

Концепция Рыбакова, выделившая роль взаимодействия эндогенных и экзогенных факторов, стала важным шагом в понимании сложного патогене-

за кариеса. Рабочая модель исследователя позволила систематизировать известные на тот момент данные и обозначила необходимость комплексного подхода к изучению причин развития заболевания. Предложенное разделение факторов на внутренние и внешние стало удобным инструментом для анализа и классификации различных воздействий, способных провоцировать кариозный процесс. Подчеркнув взаимосвязь этих факторов, Рыбаков указал на то, что кариес является не только следствием воздействия внешних агентов, внутренних факторов или функциональных нарушений определенного рода, но сложносоставным явлением, объединяющим множество различных патогенетических процессов. Таким образом, эта концепция стала итоговой для формирования современной комплексной концепции патогенеза кариеса, учитывающей как локальные, так и системные факторы, влияющие на здоровье зубов.

Заключение

Можно отметить, что история развития представлений об этиологии и патогенезе кариозного процесса прошла долгий путь от ранних предположений до современных научных теорий. Это развитие связано с достижениями в понимании механизмов возникновения кариеса, что позволило разработать более эффективные методы профилактики и лечения заболевания.

Сегодня стоматология обладает широким спектром методов диагностики и лечения кариеса, однако, несмотря на это, заболевание остается одной из самых распространенных проблем в области, требующей дальнейшего изучения и разработки новых подходов к его предотвращению.

Таким образом, история развития представлений о кариесе показывает, что постоянное изучение и анализ накопленных знаний позволяют не только лучше понимать механизмы возникновения заболевания, но и разрабатывать объективно и экономически эффективные методы его профилактики и лечения. Это подчеркивает важность непрерывного образования и исследований в области стоматологии для увеличения доступности помощи и поддержания высокого уровня просвещенности и здоровья у населения [11].

Список источников • References

1. Бородовицина СИ. *Кариес и некариозные поражения твердых тканей зуба* [учебное пособие для студентов стоматологического факультета]. Рязань: ОТСиОП; 2019. 172 с.
2. *Essentials of operative dentistry*. Moscow: GEOTAR-Media, 2019. 512 p.
3. Костригина ЕД, Лебедев МВ. *Кариес* [учебное пособие]. Пенза: Изд-во ПГУ; 2023. 114 с.
4. Караков КГ, Соловьева ОА, Хачатурян ЭЭ, Порфириадис МП, Саркисов АА, Хубаев СЗ, и др. Кариес зубов и его осложнения. *Науч-*

- ное обозрение. *Реферативный журнал*. 2016;(5):17. EDN: <https://www.elibrary.ru/WXJSVL>.
5. Пашков КА. *Зубы и зубоврачевание. Очерки истории*. Москва: Вече; 2014. 240 с.
 6. *Global oral health status report: Towards universal health coverage for oral health by 2030*. Geneva: World Health Organization; 2022. XVI, 100 p. Available from: <https://clck.ru/3J4ahB> [accessed 20 March 2025].
 7. Волков ЕА, Янушевич ОО (ред.). *Терапевтическая стоматология. Ч. 1. Болезни зубов* [учебник]. Москва: ГЭОТАР-Медиа; 2013. 168 с.
 8. Фищев СБ, Климов АГ, Севастьянов АВ, Берёзкина ИВ, Орлова ИВ, Шишко ТВ. *Кариес зубов* [учебное пособие для студентов стоматологических факультетов медицинских вузов]. Санкт-Петербург: СпецЛит; 2016. 47 с.
 9. Энтин ДА. Физико-химическая теория кариеса. *Одонтология и стоматология*. 1928;(10):52–57.
 10. Лукомский ИГ. *Кариес зуба*. Москва: Медгиз; 1948. 236 с.
 11. Рыбаков АИ. Рабочая концепция патогенеза кариеса зубов. В: *Труды ЦНИИС. Т. 3*. Москва; 1971. С. 40–46.
 12. Кузин АА, Емельянов ВН, Губанов АП. Использование медико-экономического подхода в оценке социально-эпидемиологической значимости болезней органов дыхания. *Эпидемиология и Вакцинопрофилактика*. 2019;18(1):74–76. DOI: <https://doi.org/10.31631/2073-3046-2019-18-1-74-76>. EDN: <https://www.elibrary.ru/ADZZUS>.
 13. Истомин АВ, Василенко ОА, Синода ВА, Овчарова КВ, Махотина ОГ, Драчева ЕЕ. Пути повышения общей резистентности организма при воздействии неблагоприятных факторов производственной среды. *Здоровье населения и среда обитания — ЗНУСО*. 2009;(10):35–37. EDN: <https://www.elibrary.ru/MUSUAT>.
 14. Леус ПА. Методы и подходы к обоснованию и практической реализации индивидуальной профилактики кариеса зубов у взрослых. *Dental Forum*. 2008;(1):34–51. EDN: <https://www.elibrary.ru/KXATCP>.
 15. Емелина ГВ, Гринин ВМ, Иванов ПВ, Кузнецова НК, Зюлькина ЛА. Анализ стоматологической заболеваемости в выборе методов и подходов индивидуальной профилактики кариеса зубов и заболеваний пародонта. *Современные проблемы науки и образования*. 2011;(2):9. EDN: <https://www.elibrary.ru/OFXORL>.
 16. Клемпарская НН. Некоторые итоги применения метода изучения видового состава и количества микробов аутофлоры как показателя состояния реактивности организма. В: *Аутофлора здорового и больного организма*. Таллин; 1972. С. 3–7.
 17. Федоров ЮА. *Средства для гигиенического ухода за полостью рта*. Ленинград: Медицина; 1984. 96 с.

18. Улюкин ИМ, Емельянов ВН, Болехан ВН, Орлова ЕС. Эмпатия как составляющая диалогового общения в процессе передачи новой информации. *Известия Российской Военно-медицинской академии*. 2017; 36(2):23–30. EDN: <https://www.elibrary.ru/XWPSNF>.
19. Лукиных ЛМ, Гажва СИ, Казарина ЛН. *Кариес зубов (этиология, клиника, лечение, профилактика)*. Нижний Новгород: Изд-во НГМА; 1996. 128 с. EDN: <https://www.elibrary.ru/YASPRR>.
20. Улитовский СБ. Прикладная гигиена полости рта. *Новое в стоматологии*. 2000;(6):98–100.
21. Турдалиева ФМ, Шихата М, Самара А, Дауд АМ, Муклуф Д, Мостафа Б. Современные методы профилактики кариеса зубов. В: Шкарин ВВ (ред.). *Стоматология — наука и практика, перспективы развития*. Волгоград: ВолгГМУ; 2020. С. 176–179. EDN: <https://www.elibrary.ru/SXNVTG>.
22. Емельянов ВН, Кузин АА, Зобов АЕ, Закурдаев ВВ, Панов АА, Пищугин ДЮ, и др. Эпидемиологическая оценка заболеваемости болезнями органов дыхания в образовательных организациях при помощи специализированного программного обеспечения. *Кремлевская медицина. Клинический вестник*. 2023;(2):32–36. DOI: <https://doi.org/10.48612/cgma/8tpg-3kt7-ukfa>. EDN: <https://www.elibrary.ru/GJFZTA>.
23. Рахманов РС, Нарутдинов ДА, Умнягина ИА, Истомин АВ, Груздева АЕ. Продукты направленного действия — эффективный путь в профилактике заболеваний населения. *Здоровье населения и среда обитания — ЗНУСО*. 2014;(11):7–11. EDN: <https://www.elibrary.ru/SZGFRD>.
24. Емельянов ВН, Сысоев АЕ, Шевченко ВА. Усовершенствование мотивации работы медицинских специалистов на основании системного подхода. *Клиническая патофизиология*. 2017;23(4):94–96. EDN: <https://www.elibrary.ru/YTTRQE>.
25. Емельянов ВН, Кузин АА, Азарова НИ, Товпеко ДВ, Алексеев ПЕ, Куликов ПВ. Оценка социально-экономических затрат, обусловленных болезнями органов дыхания военнослужащих-курсантов. *Вестник Российской Военно-медицинской академии*. 2019;(4):132–135. EDN: <https://www.elibrary.ru/PRBWSW>.
26. Улитовский СБ. Пути профилактики кариеса. *Новое в стоматологии*. 2002;(2):32–36.
27. Гажва СИ, Рахманов РС, Богомолова ЕС, Болотнова ТВ, Ашина МВ, Бадеева ТВ, и др. *Кариес твердых тканей зубов. Междисциплинарные подходы к изучению этиологии, патогенеза и профилактики* [учебное пособие]. Нижний Новгород: Изд-во ПИМУ; 2020. 72 с. EDN: <https://www.elibrary.ru/MQJJCL>.

28. Емельянов ВН, Кузин АА, Товпеко ДВ, Алексеев ПЕ. К вопросу об экономической значимости заболеваемости болезнями органов дыхания. *Журнал МедиАль*. 2020;(1):47. EDN: <https://www.elibrary.ru/JVRMOE>.
29. Истомин АВ, Верещагин АИ. Актуальные вопросы гигиены и пути их решения. *Здоровье населения и среда обитания — ЗНУСО*. 2008;(1):4–7. EDN: <https://www.elibrary.ru/MUUXKJ>.
30. Шкаредная ОВ, Горячева ТП, Чунихин АА, Базилян ЭА, Гажва СИ. Оптимизация ранней диагностики патологических состояний слизистой оболочки рта. *Современные технологии в медицине*. 2017;9 (3):119–125. DOI: <https://doi.org/10.17691/stm2017.9.3.16>. EDN: <https://www.elibrary.ru/ZFXIMV>.
31. Улюкин ИМ, Емельянов ВН, Болехан ВН, Орлова ЕС. Эмпатия как профессионально важное качество в условиях образовательного процесса. В: *Современные научные и образовательные стратегии в общественном здоровье* [Рос. науч.-практ. конф. (Санкт-Петербург, 16–17 марта 2018 г.)]. Санкт-Петербург; 2018. С. 176–181. EDN: <https://www.elibrary.ru/EXJUEP>.

Информация об авторах

Дмитрий Константинович Шуленин  — оператор научной роты Главного военно-медицинского управления, Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия.

E-mail: vmeda-nio@mil.ru.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-2393-9879>

Юрий Александрович Виноградов — оператор научной роты Главного военно-медицинского управления, Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия.

E-mail: vmeda-nio@mil.ru

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-9195-4103>

Information about the authors

Dmitry K. Shulenin  — Operator of the Scientific Company of the Main Military Medical Directorate, Kirov Military Medical Academy, Saint Petersburg, Russia.

E-mail: vmeda-nio@mil.ru

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-2393-9879>

Yurii A. Vinogradov — Operator of the Scientific Company of the Main Military Medical Directorate, Kirov Military Medical Academy, Saint Petersburg, Russia.

E-mail: vmeda-nio@mil.ru

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-9195-4103>

<https://doi.org/10.52420/usmumb.10.1.e00133>

<https://elibrary.ru/YKCESE>

Обзор

Применение текстурного анализа в МР-диагностике патологий плечевого сустава: литературный обзор

Наталья Сергеевна Шабарова✉, Александр Андреевич Жиялков,
Андрей Викторович Жиялков, Елена Александровна Волокитина

Уральский государственный медицинский университет, Екатеринбург, Россия

✉ tashabarova1@yandex.ru

Аннотация. Патологии плечевого сустава, особенно повреждения мягких тканей, представляют собой распространенную проблему, требующую точной и своевременной диагностики. В настоящее время «золотым стандартом» в визуализации повреждений плечевого сустава является МРТ. Однако интерпретация этого метода зачастую субъективна и зависит от опыта специалиста. Решением проблемы может стать текстурный анализ (ТА), основанный на количественной оценке МР-изображений, что позволяет дополнить и уточнить экспертную оценку. В обзоре рассматриваются современные исследования, посвященные применению ТА в диагностике патологий плечевого сустава. Анализируются различные методы ТА, а также их применение для оценки структур плечевого сустава, сравнивается эффективность автоматизированных подходов, основанных на машинном обучении, с экспертной интерпретацией МР-изображений, а также обсуждаются преимущества и ограничения анализа. Внедрение искусственного интеллекта, в частности методов ТА изображений, в клиническую практику является прогрессивным шагом в развитии медицинской диагностики. Это позволит подкреплять доводы врачей объективной оценкой, полученной на основании математических алгоритмов машинного обучения, что повысит не только диагностическую точность, но и поможет разработать более точную тактику лечения и профилактики различных патологий.

Ключевые слова: плечевой сустав • магнитно-резонансная томография • глубокое обучение • травмы плеча • радиомика • искусственный интеллект

Для цитирования: Шабарова НС, Жиялков АА, Жиялков АВ, Волокитина ЕА. Применение текстурного анализа в диагностике патологий плечевого сустава: литературный обзор. *Вестник УГМУ*. 2025;10(1):e00133. DOI: <https://doi.org/10.52420/usmumb.10.1.e00133>. EDN: <https://elibrary.ru/YKCESE>.

Application of Texture Analysis in the MR-Diagnosis of Shoulder Pathologies: A Literature Review

Natalia S. Shabarova✉, Alexander A. Zhilyakov,
Andrey V. Zhilyakov, Elena A. Volokitina

Ural State Medical University, Ekaterinburg, Russia

✉ tashabarova1@yandex.ru

Abstract. Shoulder pathologies, particularly soft tissue injuries, are a common problem requiring accurate and timely diagnosis. Currently, MRI is the gold standard for visualizing shoulder injuries. However, the interpretation of MRI often relies on the subjective assessment of the examiner and can vary depending on their experience. Texture analysis (TA), based on the quantitative evaluation of MRI images, offers a solution by providing objective data that complements and refines expert evaluation. This review examines current research on the application of TA in diagnosing shoulder pathologies. We analyze various TA methods and their application for evaluating different shoulder structures. We compare the performance of automated, machine learning-based approaches with expert interpretation of MRI images. The advantages and limitations of TA are also discussed. The integration of artificial intelligence, and specifically image texture analysis, into clinical practice represents a significant advancement in medical diagnostics. This approach promises substantial benefits by augmenting physicians' expertise with objective assessments derived from mathematical algorithms and machine learning. This integration is expected to not only enhance diagnostic accuracy but also contribute to the development of more precise treatment strategies and preventative measures for various pathologies.

Keywords: shoulder joint • magnetic resonance imaging • deep learning • shoulder injuries • radiomics • artificial intelligence

For citation: Shabarova NS, Zhilyakov AA, Zhilyakov AV, Volokitina EA. Application of texture analysis in the diagnosis of shoulder pathologies: A literature review. *USMU Medical Bulletin*. 2025;10(1):e00133. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.52420/usmumb.10.1.e00133>. EDN: <https://elibrary.ru/YKCESE>.

Актуальность и развитие технологий визуализации в диагностике патологий плечевого сустава

Диагностика заболеваний плечевого сустава претерпела изменения благодаря стремительному развитию технологий визуализации. Медицина прошла путь от простых методов, таких как рентгенография и ультразвуковое исследование (УЗИ), к сложным и высокотехнологичным: магнитно-резонансной томографии (МРТ) и искусственному интеллекту (ИИ).

нансной (МРТ) и компьютерной томографии (КТ). Каждый из них обладает уникальным набором преимуществ и ограничений, что и определяет его роль в диагностическом процессе [1, 2].

Рентгенография до сих пор остается основным методом первичной оценки костных структур плечевого сустава, позволяя выявлять переломы, вывихи и дегенеративно-дистрофические модификации [3, 4]. Цифровая рентгенограмма формирует изображение высокой четкости за счет использования пикселей, передающих градации серого, причем такие снимки не только подлежат сохранению, но и могут обрабатываться как электронный источник данных. Указанный подход позволяет увеличивать изображение без потери качества, что делает его оптимальным для извлечения радиологических параметров даже небольших областей снимка. Однако возможности рентгенографии в визуализации мягких тканей, таких как вращательная манжета плеча, связки и хрящ, ограничены [5].

УЗИ, будучи недорогим и доступным методом исследования относительно вышеперечисленных, позволяет в режиме реального времени проводить функциональную оценку мягких тканей плечевого сустава, включая визуализацию сухожилий вращательной манжеты, связок и суставной капсулы [5, 6]. Формируемое изображение создается из характерных паттернов серых пикселей, что позволяет получать важную диагностическую информацию о состоянии структур, а также извлекать текстурные данные для дальнейшего анализа и количественной оценки особенностей тканей [7]. Однако точность УЗИ во многом зависит от опыта специалиста, а его применение ограничено при визуализации глубоко расположенных структур. Например, в исследовании М. Дея и др. (*англ.* M. Day et al.; 2016) сообщается, что точность первичной диагностики у хирурга после обучения составляет 51 %, тогда как к концу профессиональной карьеры этот показатель увеличивается до 69 % [8].

КТ активно используется для изучения костных структур плечевого сустава, особенно в случаях сложных переломов и травм этой области [9]. Формирование изображений основано на преобразовании данных в пиксели, которые отражают плотность тканей через их радиологические характеристики, измеряемые в единицах Хаунсфилда. Такой принцип построения позволяет не только визуализировать мелкие детали суставных поверхностей или смещения костных отломков, но и проводить количественный анализ плотности костной ткани [10]. Однако КТ имеет ограниченные возможности при изучении мягкотканых структур плечевого сустава, таких как связки, вращательная манжета и хрящевые элементы, что требует использования дополнительных методов, например МРТ.

МРТ считается «золотым стандартом» визуализации плечевого сустава благодаря превосходному контрасту мягкотканых структур и высокой детализации анатомических элементов [5, 11]. Формируемое изображение создается из характерного для тканей набора серых пикселей, что обеспечивает

возможность высококачественного отображения даже мелких деталей, необходимых для диагностики. Высокопольная МРТ позволяет получать изображения высокого разрешения и отличается улучшенной визуализацией незначительных патологических изменений [12]. Тем не менее высокая стоимость и наличие противопоказаний, таких как металлические имплантаты в теле пациента, ограничивают доступность этого метода [6]. Более того, существуют исследования, указывающие на ограничения в диагностической точности. Например, в работе М. Брокмейера и др. (нем. М. Brockmeyer et al.; 2017) проведен сравнительный анализ результатов МРТ с интраоперационной артроскопией при диагностике неполных разрывов вращательной манжеты, где чувствительность и специфичность МРТ составили 51,6 % и 77,2 % соответственно [13].

Развитие инструментальных методов исследований расширило диагностические возможности, однако главная проблема любого из вышеперечисленных — это субъективная интерпретация изображений. Одним из вариантов решения этой проблемы может стать текстурный анализ (ТА); дополняя традиционные методы диагностики, он способен предоставлять объективные количественные данные о гетерогенности тканей, тем самым повышая диагностическую точность [14].

МРТ является одной из наиболее продвинутых технологий визуализации, особенно в отношении мягких тканей, что делает ее наиболее подходящей основой для применения ТА [15]. Благодаря способности формировать изображения высокого качества с детальной визуализацией структур мягких тканей МРТ позволяет извлекать текстурные характеристики, которые могут углубить понимание патологических изменений в плечевом суставе [16]. Несмотря на существующие ограничения, такие как высокая стоимость и наличие противопоказаний, именно этот метод обеспечивает наивысшее пространственное разрешение, необходимое для объективного анализа сложных анатомических структур.

Плечевой сустав до настоящего времени остается недостаточно изученной областью в контексте применения ТА МР-изображений [17], что подчеркивает актуальность настоящего обзора. Целью работы является оценка потенциала использования МРТ для ТА тканей плечевого сустава. Основной акцент сделан на возможности применения количественных характеристик, извлеченных из МР-данных, для более точного и объективного изучения состояния суставных структур. Такой подход создает предпосылки для совершенствования диагностики, повышения достоверности оценки патологий и разработки персонализированных лечебных стратегий.

Методология поиска литературы

Для поиска использовались такие библиографические базы данных, как PubMed, Semantic Scholar и SpringerOpen. Поскольку ТА является новым спо-

собом интерпретации изображений и в ортопедической семантике не распространен, то главной задачей стал подбор вероятных синонимов к ключевому слову “texture analysis”. Также точность поиска повышалась с помощью терминов MeSH*, которые найдены исходя из ключевых слов. В итоге поисковые запросы представляли собой комбинации ключевых слов с терминами MeSH, например («shoulder joint» [MeSH] AND «magnetic resonance imaging» [MeSH]) AND («texture analysis» OR radiomics).

Для включения в обзор исследования должны были соответствовать следующим критериям:

- 1) оригинальны и опубликованы в рецензируемых журналах;
- 2) посвящены применению ТА к МР-изображениям плечевого сустава, а также различным технологиям ТА;
- 3) включают в себя количественные данные о диагностической точности или прогностической ценности ТА;
- 4) опубликованы на русском и английском языках.

Во время отбора исключены публикации, которые не содержат достаточной информации для оценки качества исследования или извлечения данных; посвящены другим методам анализа изображений, отличным от ТА.

Результаты

В ходе поиска по базам данных найдено 207 публикаций; после проверки по вышеперечисленным критериям отобрано 48 статей; после прочтения полных текстов — 37 работ. Таким образом, в обзор вошли 1 статья 2006 г., 5 статей 2010–2019 гг. и 31 статья 2020–2024 гг.

Анализ найденных публикаций показал, что технологии ТА активно развиваются и находят применение в исследованиях анатомических структур благодаря своей высокой информативности и способности описывать количественные параметры тканей.

Для структурирования обзора и изложения материала с учетом специфики темы выделена следующая логическая последовательность разделов:

- 1) технологии ТА в медицинской визуализации — рассматриваются ключевые принципы и алгоритмы метода;
- 2) особенности оценки изменений тканей плечевого сустава с использованием ТА — определение диагностических критериев на основе количественных параметров;
- 3) диагностическая точность и специфичность ТА при оценке патологий плечевого сустава — оценка эффективности технологии в выявлении гетерогенности и патологических изменений тканей;
- 4) клиническая значимость ТА в лечении патологий плечевого сустава — использование метода для стратификации тяжести и прогнозирования исходов заболеваний;

* MeSH — медицинские предметные рубрики (англ. Medical Subject Headings).

- 5) сравнение экспертной интерпретации и автоматизированных подходов в диагностике патологий плечевого сустава — преимущества сочетания алгоритмов ТА с традиционной клинической оценкой.

Технологии текстурного анализа в медицинской визуализации

ТА — мощный инструмент количественной оценки медицинских изображений, основанный на извлечении математических характеристик, описывающих пространственное расположение и распределение интенсивности цвета пикселей с градиентом от белого до черного.

Существует множество алгоритмов ТА, каждый из которых фокусируется на определенных аспектах тканевой структуры. Одним из наиболее распространенных методов является анализ на основе матрицы совместной встречаемости уровней серого Харалика (*англ.* Gray-Level Co-occurrence Matrix, GLCM). GLCM описывает частоту встречаемости различных комбинаций уровней серого в изображении на заданном расстоянии и в определенном направлении. Для этого создается матрица, размер которой определяется количеством градаций серого в изображении. Алгоритм последовательно рассматривает каждый пиксель и его соседей (обычно сверху, снизу, слева и справа) на определенном расстоянии, подсчитывая, сколько раз встречается каждая пара уровней серого.

Для представления результатов работы алгоритмов созданы специальные программы, с помощью которых матрица выводится на экран компьютера не в виде числовых значений, а изображения. З. Хатун и др. (*англ.* Z. Khatun et al.; 2024) используют GLCM для анализа пространственных отношений между интенсивностями пикселей, извлекая такие характеристики, как контраст, корреляция, энергия и гомогенность [14].

Фрактальный анализ — другой подход к ТА. Он оценивает сложность и самоподобие структур, анализируя, насколько повторяются одни и те же узоры на разных масштабах. Высокая фрактальная размерность указывает на более сложную, извилистую структуру, что может быть признаком патологических изменений. Несмотря на отсутствие прямых примеров использования фрактального анализа в работах, посвященных плечевому суставу, его потенциал в выявлении ранних признаков патологических процессов, невидимых при традиционных методах, подтверждается исследованиями в других областях.

Анализ гистограмм, основанный на распределении интенсивности пикселей в изображении, — более простой метод ТА, который объективизирует частоту встречаемости каждого уровня серого в интересующей области. Из полученной гистограммы можно извлечь статистические параметры, такие как среднее значение, стандартное отклонение, асимметрия и эксцесс, характеризующие яркостные свойства тканей. К примеру, З. Хатун и др. [14] используют анализ гистограмм как часть своего подхода к извлечению признаков для сегментации изображения.

Сочетание различных методов ТА позволяет получить комплексную картину микроструктурных изменений в тканях и повысить точность диагностики. В связи с этим применение врачами-исследователями статистических методов, таких как корреляционный и сравнительный анализы, позволяет выявить взаимосвязи между текстурными характеристиками и клиническими параметрами, включая стадию заболевания, интенсивность боли и функциональные ограничения, а также дифференцировать здоровые и пораженные ткани [18, 19].

В свою очередь, алгоритмы машинного обучения, с помощью которых привлекается большое количество радиомических показателей, позволяют автоматизировать классификацию патологий (например, различение частичных и полных разрывов вращательной манжеты), прогнозировать течение заболевания и эффективность лечения, а также кластеризовать пациентов со схожими текстурными профилями для выявления подтипов заболеваний [11, 14, 17]. Дополнительные аналитические инструменты, такие как визуализация данных и анализ временных рядов, способствуют интерпретации сложных текстурных данных и отслеживанию динамики изменений в тканях.

Корректная систематизация и оценка полученных данных позволяет выявить патологии на ранних стадиях, улучшить дифференциальную диагностику, прогнозировать исходы и персонализировать лечение, объективно оценивая эффективность терапевтических подходов и способствуя более глубокому пониманию патогенеза заболеваний плечевого сустава.

Особенности оценки изменений тканей плечевого сустава с использованием текстурного анализа

ТА выходит за рамки простой идентификации разрывов вращательной манжеты и демонстрирует потенциал в диагностике широкого спектра патологий плечевого сустава. Благодаря четкой визуализации на МР-снимках с помощью ТА можно одновременно изучить как мягкотканые структуры (мышцы, сухожилия, связки, хрящи), так и костные. Комплексная визуализация позволяет получить полную картину состояния плечевого сустава и выявить взаимосвязь между различными типами тканей. Чж. Тянь и др. (*англ. Zh. Tian et al.*) используют количественные параметры МР-изображений, что позволяет оценивать различные тканевые характеристики, включая и характеристики костной ткани [20]. Эта способность МРТ одновременно оценивать различные типы тканей делает ее незаменимым инструментом для диагностики сложных случаев, когда патологические изменения могут затронуть множество структур плечевого сустава.

Диагностика повреждений сухожилий часто затруднена. ТА способен выявить тонкие изменения в структуре сухожильной ткани, которые могут предшествовать развитию полных разрывов и не всегда видны при обычной МРТ. Например, при оценке подлопаточного сухожилия ТА позволя-

ет выявить незначительные изменения в структуре ткани, которые могут предшествовать развитию полноценных разрывов, что особенно важно, т. к. повреждения подлопаточного сухожилия зачастую сложно диагностировать с помощью стандартных методов визуализации. Т. Р. Ан и др. (*англ.* T. R. Ahn et al.; 2022) отмечают, что обычная МРТ имеет ограниченную точность, в среднем 82,5 % и 78,5 % при обнаружении разрывов ПА и ПВ стадий или выше соответственно, при применении классификации Дж. Ч. Ю и Ю. Г. Ри (*англ.* J. Ch. Yoo and Y. G. Rhee) для диагностики разрывов подлопаточной мышцы [21]. В этом контексте ТА может повысить точность ранней диагностики тендинопатии и прогнозирования будущих разрывов.

В диагностике повреждений мышечных структур ТА также демонстрирует многообещающие результаты. Например, М. Ни и др. (*англ.* M. Ni et al.; 2023) показали, что при повреждении надостной мышцы их автоматизированная многофункциональная DL-система* может помочь в распознавании таких повреждений на МР-изображениях и дать точную оценку степени повреждения [22]. Это позволяет точнее диагностировать такой тип повреждений и, возможно, избежать ненужных хирургических вмешательств.

Кроме того, ТА может быть использован для количественной оценки дегенеративных изменений в хрящевой ткани и суставной губе. Чж. Тянь и др. (2024) описывают, как изменения интенсивности сигнала на Т2-взвешенных и псевдоцветных изображениях коррелируют со степенью повреждения вращательной манжеты, включая дегенеративные изменения [20]. Повреждения суставной губы, например SLAP-повреждения**, как показано в исследовании М. Ни и др. (2023), также могут быть прекрасно визуализированы с помощью DL-систем, использующих ТА в качестве основы. Авторы разработали нейросеть SLAP-Net, результаты применения которой превосходили опытных рентгенологов и имели точность 85–90 % [23].

МРТ может служить косвенным маркером дегенеративных изменений в связанных структурах. Например, Чж. Тянь и др. [20] оценивают жировую инфильтрацию (*англ.* Fat Fraction) в параартикулярных мышцах, которая может быть связана с дегенеративными процессами в суставе. Особенно ценным показателем жировой инфильтрации мышц становится в динамике. При его регулярном сравнении на протяжении определенного периода можно сделать вывод о прогрессе или регрессе заболевания, что, в свою очередь, может быть полезно для оценки эффективности консервативного лечения и принятия решения о хирургическом вмешательстве.

Хотя рентгенография остается основным методом визуализации костных структур плечевого сустава, ТА способен предоставить дополнительную информацию о микроструктуре костной ткани, что может быть полезно, например при оценке плотности кости или выявлении ранних признаков остеопороза.

* DL — глубокое обучение (*англ.* Deep Learning).

** SLAP — передне-задняя верхняя губа (*англ.* Superior Labrum Anterior and Posterior).

роза. Тем не менее ограничением рентгенографии является невозможность детальной оценки изменений глубоких тканей из-за суммационного эффекта наложения анатомических структур друг на друга, что создает определенные трудности при диагностике патологических состояний. В своем исследовании Г. Ван и Я. Хань (*англ.* G. Wang and Y. Han) указывают на существующие сложности при анализе МР-изображений, где точность сегментации костных структур снижается из-за частичного объемного эффекта и схожести МР-сигнала различных тканей. Для преодоления этих ограничений исследователями разработана DL-система AlexNet для оценки костей плечевого сустава, демонстрирующая высокую точность (около 95 %) [24].

Диагностическая точность и специфичность текстурного анализа при оценке патологий плечевого сустава

Количество работ, посвященных оценке диагностических возможностей ТА в визуализации патологий плечевого сустава, можно охарактеризовать как недостаточное. При этом большинство из них акцентировано на узкой проблеме: изучении только одной нозологии или оценке изменений единственной анатомической структуры плечевого сустава. Например, Ш. Акияма и др. (Sh. Akiyama et al.) продемонстрировали количественную оценку жировой дегенерации мышц вращательной манжеты плеча с помощью МР-изображений [12]. Такой подход особенно важен в диагностике ранних стадий дегенеративных заболеваний, например, тендинопатии, где структурные изменения могут быть минимальными, но при этом сопровождаться изменениями в организации тканей на микроскопическом уровне.

Также в исследованиях продемонстрировано, что текстурные характеристики, извлеченные из МР-изображений, позволяют различать нормальные и патологические ткани вращательной манжеты с высокой точностью. Например, в исследовании М. Ни и др. представлено, что DL-система на основе МР-изображений показала хорошие результаты (площадь под кривой составила 0,98 и 0,97 в наборах данных внутри группы и вне ее соответственно) в диагностике повреждений сухожилия надостной мышцы [25], что подтверждает высокую чувствительность и специфичность ТА в диагностике разрывов вращательной манжеты. Параметры, полученные из GLCM, такие как контраст, корреляция, энергия и гомогенность, указывают на нарушение однородности ткани, характерное для тендинопатии и частичных разрывов [14].

Использование высокопольной МРТ в сочетании с ТА позволяет выявить еще более тонкие изменения в сухожилиях вращательной манжеты, повышая точность диагностики частичных разрывов. В исследовании Я. Алика и др. (*англ.* Y. Alike et al.) использовались МРТ-сканеры с напряженностью магнитного поля 1,5 и 3,0 Тл, что обеспечивает более высокое пространственное разрешение и позволяет точнее оценить микроструктуру тканей, а также извлечь более информативные текстурные характеристики [11].

Одним из ключевых преимуществ ТА является его способность дифференцировать тендинопатию и частичные разрывы, которые зачастую сложно различить при визуальной оценке стандартных МР-изображений. Как отмечают К. Р. Адамс и др. (*англ.* C. R. Adams et al.), диагностика разрывов подлопаточной мышцы остается сложной задачей, ТА может сыграть важную роль в ее улучшении [26], что позволит точнее определить степень повреждения сухожилия и выбрать наиболее эффективную стратегию лечения.

Клиническая значимость текстурного анализа в лечении патологий плечевого сустава

Традиционно выбор между консервативным и хирургическим лечением разрывов вращательной манжеты плеча основывался на сочетании клинического осмотра, визуальной оценки изображений и опыта врача. Как отмечено в работе Ч. С. Говды и др. (*англ.* Ch. S. Gowda et al.; 2024), клиническое обследование больного позволяет сузить круг вариантов патологии, но не обеспечивает диагностической точности [6]. Решение оперировать часто основывается на субъективной оценке, что может быть затруднительным, особенно при наличии сопутствующих повреждений [8].

В таких спорных случаях ТА способен повысить объективность при принятии решения о хирургическом вмешательстве. М. Брокмейер и др. (2017) также подчеркивают необходимость более точной дифференциации для выбора оптимальной стратегии лечения [13]. Например, при разрывах вращательной манжеты плеча ТА может помочь дифференцировать частичные разрывы, которые хорошо поддаются консервативному лечению, от полных, требующих хирургического вмешательства. Возможность более точной оценки состояния сухожилия с помощью ТА, как указано в исследовании Я. Алика и др. (2023), позволяет избежать ненужных операций и связанных с ними рисков, а также оптимизировать выбор консервативной терапии [11].

Более того, текстурные характеристики, извлеченные из предоперационных МР-изображений, могут быть использованы для прогнозирования исходов лечения и оценки риска осложнений. Например, корреляция определенных текстурных параметров с риском повторного разрыва вращательной манжеты плеча после хирургического восстановления, как показано в работе Т. Р. Ан и др. (2022), позволяет врачам точнее оценивать прогноз и разрабатывать персонализированные планы реабилитации [21], что повышает эффективность и безопасность лечения, предоставляя пациентам стратификацию риска, специфичную для каждого случая [27].

ТА также играет важную роль в прогнозировании исходов хирургического лечения. Предоперационная оценка текстурных характеристик тканей может помочь предсказать вероятность успешного восстановления после операции или повторного разрыва после шва вращательной манжеты [28]. Например, в исследованиях показано, что повышенная энтропия и низкая однородность

тканей вращательной манжеты перед операцией может быть связана с более высоким риском рецидива разрыва после хирургического вмешательства [29, 30]. Подобная информация позволяет хирургам адаптировать хирургическую технику, выбрать оптимальный тип имплантата и разработать индивидуальный план реабилитации или дополнительные консервативные методы [28, 31, 32]. В то же время пациенты с низким риском могут избежать излишне агрессивного лечения и сократить длительность реабилитации [33].

Сравнение экспертной интерпретации и автоматизированных подходов в диагностике патологий плечевого сустава

Стремительное развитие машинного обучения и искусственного интеллекта открывает беспрецедентные возможности для автоматизации анализа медицинских изображений, включая МРТ плечевого сустава. Системы, основанные на DL и других алгоритмах, обучаются на обширных наборах данных, содержащих тысячи изображений с различными патологиями. Для обучения надежных моделей машинного обучения, предназначенных для одновременного анализа большого количества медицинских изображений, требуются крупные аннотированные наборы данных. С.Х. Ким и др. (англ. S. H. Kim et al.; 2024) утверждают, что это позволит моделям автоматически извлекать релевантные текстурные характеристики и с высокой точностью классифицировать различные патологии, существенно облегчая работу исследователей [34]. Автоматизация извлечения признаков позволяет выявлять сложные текстурные характеристики, которые могут быть неочевидны для человеческого глаза [14].

В предварительных исследованиях продемонстрированы впечатляющие результаты, позволяющие сделать вывод, что автоматизированные системы на основе машинного обучения могут достигать диагностической точности, сравнимой с экспертной оценкой опытных радиологов [30]. Например, Д. Го и др. (D. Guo et al.; 2023) показали, что их 2D-CNN-модель* достигла уровня показателей работы для младших рентгенологов и хирургов-ортопедов в диагностике разрывов надостной мышцы [35]. Более того, в некоторых случаях алгоритмы машинного обучения превосходят человека в выявлении незначительных изменений и классификации сложных случаев.

Автоматизация анализа изображений с помощью машинного обучения имеет потенциал решить несколько важных проблем в радиологии. Во-первых, она способна уменьшить время, требуемое для анализа снимков, что даст возможность врачам быстрее диагностировать заболевания и приступать к их лечению [35]. Во-вторых, машинное обучение может снизить субъективность и вариабельность интерпретации изображений, обеспечивая более стандартизированный и объективный подход к диагностике. Т. Р. Ан

* CNN — сверточная нейронная сеть (англ. Convolutional Neural Network).

и др. (2022) продемонстрировали превосходное соответствие между наблюдателями при использовании их модели для оценки разрывов подлопаточной мышцы [21]. В-третьих, автоматизированные системы могут быть особенно полезны в регионах с малым количеством квалифицированных радиологов, повышая качество и доступность медицинской помощи.

Обсуждение

Преимущества и ограничения текстурного анализа в оценке патологий плечевого сустава

Несмотря на многообещающие результаты и растущую популярность, ТА в медицинской визуализации сталкивается с рядом ограничений, которые необходимо учитывать при его применении в клинической практике. Одним из ключевых вызовов является сложность стандартизации методики и интерпретации результатов. Разнообразие алгоритмов ТА в сочетании с вариабельностью параметров сканирования МРТ (например, напряженность магнитного поля, последовательности импульсов) может влиять на получаемые текстурные характеристики.

Как отмечают Цз. Хэ и др. (*англ.* Z. He et al.; 2024), даже при использовании одного и того же типа МРТ-сканера (1,5 или 3,0 Тл) результаты обработки изображений могут различаться, что затрудняет сопоставление различных исследований и ограничивает их применимость для метаанализа [17]. Отсутствие единых стандартизированных протоколов для проведения ТА также является препятствием для его широкого внедрения в клиническую практику.

В работах Ё. Шим и др. (*англ.* E. Shim et al.), а также многих других авторов, использующих 3D-модели изображений, можно заметить, что их раскадровка и анализ требовательны к параметрам вычислительных устройств и качеству обучения DL-моделей [36], что может быть проблематичным для клиник с ограниченным бюджетом и отсутствием мощного вычислительного оборудования [17]. Необходимость в дополнительном обучении персонала также может сдерживать внедрение ТА в рутинную клиническую практику.

Наконец, важно помнить, что ТА является дополнительным инструментом к стандартной визуальной оценке изображений, но не заменяет ее полностью. Как и в случае с любым диагностическим инструментом, клиническая картина, опыт врача и результаты других исследований должны быть учтены при принятии окончательного решения [8].

Перспективы и будущие направления

Будущее ТА в медицинской визуализации представляется перспективным; метод открывает широкие возможности для улучшения диагностики, прогнозирования и персонализации лечения заболеваний опорно-двигательного аппарата [37]. Одним из ключевых направлений развития анализа изображений является совершенствование алгоритмов машинного обу-

чения, включая DL и различные типы нейронных сетей. Разработка более сложных и точных моделей позволит автоматизировать процесс обучения, повысит скорость обработки огромного количества данных и точность диагностики.

Дальнейшее развитие ТА связано с интеграцией текстурных характеристик с другими клиническими данными в DL-системы. Объединение информации, полученной из изображений, с данными о возрасте, поле, уровне физической активности, генетической предрасположенности, анамнезе заболевания и результатах лабораторных исследований позволит создать более полную картину состояния пациента и увеличит прогностическую способность для определения исходов лечения. Я. Алик и др. (2023) продемонстрировали успешную интеграцию клинических данных и данных визуализации для построения прогностической модели [11].

Чж. Тянь и др. (2024) использовали количественную МРТ для оценки повреждений вращательной манжеты плеча, что демонстрирует потенциал ТА для оценки качества хряща, плотности костной ткани и других свойств тканей в различных суставах [20]. В перспективе ТА может стать неотъемлемой частью клинической практики в ортопедии и травматологии, обеспечивая более точную, объективную и персонализированную медицинскую помощь.

Одним из ключевых препятствий на пути эффективного применения ТА является необходимость аннотирования огромного количества изображений для обучения алгоритмов машинного обучения. Эта трудоемкая задача требует участия высококвалифицированных специалистов и временных затрат. Кроме того, полученные с помощью ТА количественные данные не всегда легко интегрировать с клинической информацией, которая часто представлена в описательной форме. Для решения этой проблемы необходима разработка надежных классификаторов или шкал, которые позволят переводить описательные дефиниции в количественные показатели. Перевод качественных характеристик в количественные значения позволит использовать их как входные данные для моделей машинного обучения и улучшить интеграцию ТА с клиническими данными. Разработка и валидация таких инструментов — важное направление будущих исследований в области применения ТА в медицинской визуализации.

Заключение

ТА выходит за рамки субъективной визуальной оценки МРТ, предоставляя количественные характеристики тканей на микроскопическом уровне, что важно для ранней диагностики и дифференциации схожих заболеваний (например, тендинопатии и частичных разрывов вращательной манжеты). Применение ТА как часть искусственного интеллекта имеет огромный потенциал для автоматизации диагностической работы, а при интеграции с клиническими данными — персонализации лечения.

Список источников • References

1. Iio R, Ueda D, Matsumoto T, Manaka T, Nakazawa K, Ito Y, et al. Deep learning-based screening tool for rotator cuff tears on shoulder radiography *Journal of Orthopaedic Science*. 2024;29(3):828–834. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jos.2023.05.004>.
2. Rodriguez HC, Rust B, Hansen PY, Maffulli N, Gupta M, Potty AG, et al. Artificial intelligence and machine learning in rotator cuff tears. *Sports Medicine and Arthroscopy Review*. 2023;31(3):67–72. DOI: <https://doi.org/10.1097/JSA.0000000000000371>.
3. Логвинов АН, Ильин ДО, Каданцев ПМ, Макарьева ОВ, Бурцев МЕ, Рязанцев МС, и др. Рентгенологические характеристики акромиального отростка лопатки как прогностический фактор формирования неполнослойных разрывов вращательной манжеты. *Гений ортопедии*. 2019;25(1):71–78. DOI: <https://doi.org/10.18019/1028-4427-2019-25-1-71-78>.
4. Bredella MA, Steinbach LS, Morgan S, Ward M, Davis JC. MRI of the sacroiliac joints in patients with moderate to severe ankylosing spondylitis. *American Journal of Roentgenology*. 2006;187(6):1420–1426. DOI: <https://doi.org/10.2214/AJR.05.1423>.
5. Ganesh J, Patil SD, Muchchandi R, Naik S. Diagnostic comparison of ultrasound and magnetic resonance imaging in detecting rotator cuff tears: A study conducted in the population of vijayapura. *Cureus*. 2024;16(8):e68302. DOI: <https://doi.org/10.7759/cureus.68302>.
6. Gowda CS, Mirza K, Galagali DA. Rotator cuff tears: Correlation between clinical examination, magnetic resonance imaging and arthroscopy. *Cureus*. 2024;16(3):e56065. DOI: <https://doi.org/10.7759/cureus.56065>.
7. Triantafyllou M, Vassalou E, Gouliauou A, Tosounidis T, Marias K, Karantanias A, et al. The effect of ultrasound image pre-processing on radiomics feature quality: A study on shoulder ultrasound. *Journal of Imaging Informatics in Medicine*. 2025. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10278-025-01421-w>.
8. Day M, Phil M, McCormack RA, Nayyar S, Jazrawi L. Physician training ultrasound and accuracy of diagnosis in rotator cuff tears. *Bulletin of the Hospital for Joint Disease*. 2016;74(3):207–211. PMID: <https://pubmed.gov/27620544>.
9. Feuerriegel G, Kronthaler S, Weiss K, Haller B, Leonhardt Y, Neumann J, et al. Assessment of glenoid bone loss and other osseous shoulder pathologies comparing MR-based CT-like images with conventional CT. *European Radiology*. 2023;33(12):8617–8626. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00330-023-09939-9>.
10. Cui DD, Long Y, Yan Y, Li C, Yang YT, Zhong JL, et al. Three-dimensional magnetic resonance imaging fast field echo resembling a computed tomography using restricted echo-spacing sequence is equivalent to 3-dimensional computed tomography in quantifying bone loss and measuring shoulder

- morphology in patients with shoulder dislocation. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. 2024;40(6):1777–1788. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2023.12.016>.
11. Alike Y, Li C, Hou J, Long Y, Zhang J, Zhou C, et al. Enhancing prediction of supraspinatus/infraspinatus tendon complex injuries through integration of deep visual features and clinical information: A multicenter two-round assessment study. *Insights into Imaging*. 2023;14(1):200. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13244-023-01551-1>.
 12. Akiyama S, Nozaki T, Tasaki A, Horiuchi S, Hara T, Yamada K, et al. Longitudinal MR quantification of the fat fraction within the supraspinatus and infraspinatus muscles in patients with shoulder pain. *Academic Radiology*. 2022;29(11):1700–1708. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.acra.2022.02.011>.
 13. Brockmeyer M, Schmitt C, Hauptert A, Kohn D, Lorbach O. Limited diagnostic accuracy of magnetic resonance imaging and clinical tests for detecting partial-thickness tears of the rotator cuff. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*. 2017;137(12):1719–1724. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00402-017-2799-3>.
 14. Khatun Z, Jónsson H, Tsirilaki M, Maffulli N, Oliva F, Daval P, et al. Beyond pixel: Superpixel-based MRI segmentation through traditional machine learning and graph convolutional network. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*. 2024;256:108398. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2024.108398>.
 15. Casula V, Kajabi AW. Quantitative MRI methods for the assessment of structure, composition, and function of musculoskeletal tissues in basic research and preclinical applications. *Magnetic Resonance Materials in Physics, Biology and Medicine*. 2024;37(6):949–967. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10334-024-01174-7>.
 16. Varriano G, Nardone V, Brunese M, Bruno M, Santone A, Brunese L, et al. An approach leveraging radiomics and model checking for the automatic early diagnosis of adhesive capsulitis. *Scientific Reports*. 2024;14(1):18878. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-024-69392-6>.
 17. He Z, Fang K, Lin X, Xiang CH, Li Y, Huang N, et al. Enhancing preoperative diagnosis of subscapular muscle injuries with shoulder MRI-based multimodal radiomics. *Academic Radiology*. 2024;32(2):907–915. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.acra.2024.09.049>.
 18. Janacova V, Szomolanyi P, Sitarcikova D, Kirner A, Trattinig S, Juras V. Texture analysis of cartilage repair tissue maturation: comparison of two cartilage repair methods and correlation with MOCART 2.0. *CARTILAGE*. 2025. DOI: <https://doi.org/10.1177/19476035241313047>.
 19. Väärälä A, Casula V, Panfilov E, Mobasheri A, Haapea M, Lammentaus-ta E, et al. Predicting osteoarthritis onset and progression with 3D texture analysis of cartilage MRI DESS: 6-year data from osteoarthritis initiative.

- Journal of Orthopaedic Research*. 2022;40(11):2597–2608. DOI: <https://doi.org/10.1002/jor.25293>.
20. Tian Z, Ni Y, He H, Tian B, Gong R, Xu F, et al. Quantitative assessment of rotator cuff injuries using synthetic MRI and IDEAL–IQ imaging techniques. *Heliyon*. 2024;10(17):e37307. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e37307>.
 21. Ahn TR, Yoon YC, Yoo JC, Kim HS, Lee JH. Diagnostic performance of conventional magnetic resonance imaging for detection and grading of subscapularis tendon tear according to Yoo and Rhee classification system in patients underwent arthroscopic rotator cuff surgery. *Skeletal Radiology*. 2022;51(3):659–668. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00256-021-03958-7>.
 22. Ni M, Chen W, Zhao Q, Zhao Y, Yuan H. Deep learning approach for MRI in the classification of anterior talofibular ligament injuries. *Journal of Magnetic Resonance Imaging*. 2023;58(5):1544–1556. DOI: <https://doi.org/10.1002/jmri.28649>.
 23. Ni M, Gao L, Chen W, Zhao Q, Zhao Y, Jiang C, et al. Preliminary exploration of deep learning-assisted recognition of superior labrum anterior and posterior lesions in shoulder MR arthrography. *International Orthopaedics*. 2024;48(1):183–191. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00264-023-05987-4>.
 24. Wang G, Han Y. Convolutional neural network for automatically segmenting magnetic resonance images of the shoulder joint. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*. 2021;200:105862. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2020.105862>.
 25. Ni M, Zhao Y, Zhang L, Chen W, Wang Q, Tian C, et al. MRI-based automated multitask deep learning system to evaluate supraspinatus tendon injuries. *European Radiology*. 2024;34(6):3538–3551. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00330-023-10392-x>.
 26. Adams CR, Brady PC, Koo SS, Narbona P, Arrigoni P, Karnes GJ, et al. A systematic approach for diagnosing subscapularis tendon tears with pre-operative magnetic resonance imaging scans. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. 2012;28(11):1592–1600. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2012.04.142>.
 27. Chen W, Lim LJR, Lim RQR, Yi Z, Huang J, He J, et al. Artificial intelligence powered advancements in upper extremity joint MRI: A review. *Heliyon*. 2024;10(7):e28731. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e28731>.
 28. Fei Y, Wan Y, Xu L, Huang Z, Ruan D, Wang C, et al. Novel methods to diagnose rotator cuff tear and predict post-operative Re-tear: Radiomics models. *Asia-Pacific Journal of Sports Medicine, Arthroscopy, Rehabilitation and Technology*. 2024;37;14–20. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.asmart.2024.03.003>.
 29. Fritz B, Yi PH, Kijowski R, Fritz J. Radiomics and deep learning for disease detection in musculoskeletal radiology: An overview of novel MRI-

- and CT-based approaches. *Investigative Radiology*. 2023;58(1):3–13. DOI: <https://doi.org/10.1097/RLI.0000000000000907>.
30. Alipour E, Chalian M, Pooyan A, Azhideh A, Zadeh FS, Jahanian H. Automatic MRI-based rotator cuff muscle segmentation using U-Nets. *Skeletal Radiology*. 2024;53(3):537–545. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00256-023-04447-9>.
 31. Tang R, Li Z, Jiang L, Jiang J, Zhao B, Cui L, et al. Development and clinical application of artificial intelligence assistant system for rotator cuff ultrasound scanning. *Ultrasound in Medicine & Biology*. 2024;50(2):251–257. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2023.10.010>.
 32. Yao J, Chepelev L, Nisha Y, Sathiadoss P, Rybicki FJ, Sheikh AM. Evaluation of a deep learning method for the automated detection of supraspinatus tears on MRI. *Skeletal Radiology*. 2022;51(9):1765–1775. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00256-022-04008-6>.
 33. Malavolta EA, Assunção JH, Gracitelli MEC, Yen TK, Bordalo-Rodrigues M, Neto AAF. Accuracy of magnetic resonance imaging (MRI) for subscapularis tear: A systematic review and meta-analysis of diagnostic studies. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*. 2019;139(5):659–667. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00402-018-3095-6>.
 34. Kim SH, Yoo HJ, Yoon SH, Kim YT, Park SJ, Chai JW, et al. Development of a deep learning-based fully automated segmentation of rotator cuff muscles from clinical MR scans. *Acta Radiologica*. 2024;65(9):1126–1132. DOI: <https://doi.org/10.1177/02841851241262325>.
 35. Guo D, Liu X, Wang D, Tang X, Qin Y. Development and clinical validation of deep learning for auto-diagnosis of supraspinatus tears. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*. 2023;18(1):426. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13018-023-03909-z>.
 36. Shim E, Kim JY, Yoon JP, Ki SY, Lho T, Kim Y, et al. Automated rotator cuff tear classification using 3D convolutional neural network. *Scientific Reports*. 2020;10(1):15632. DOI: <http://doi.org/10.1038/s41598-020-72357-0>. Erratum in: *Scientific Reports*. 2021;11(1):15996. DOI: <http://doi.org/10.1038/s41598-021-95469-7>.
 37. Prudnikov Y, Yuryk O, Sosnov M, Stashkevych A, Martsyniak S. Use of artificial intelligence in the diagnosis and treatment of orthopedic diseases: Literature review. *Georgian Medical News*. 2024;(9):19–31. PMID: <https://pubmed.gov/39580822>.

Информация об авторах

Наталья Сергеевна Шабарова  — студент института хирургии, Уральский государственный медицинский университет, Екатеринбург, Россия.

E-mail: tashabaroval@yandex.ru

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-6606-9252>

Александр Андреевич Жиликов — студент института хирургии, Уральский государственный медицинский университет, Екатеринбург, Россия.

E-mail: alexandrusma@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5251-0411>

Андрей Викторович Жиликов — доктор медицинских наук, доцент кафедры травматологии и ортопедии, институт хирургии, Уральский государственный медицинский университет, Екатеринбург, Россия.

E-mail: doctor-zhilyakov@rambler.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1261-3712>

Елена Александровна Волокитина — доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой травматологии и ортопедии, институт хирургии, Уральский государственный медицинский университет, Екатеринбург, Россия.

E-mail: volokitina_elena@rambler.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5994-8558>

Information about the authors

Natalia S. Shabarova ✉ — Student at the Institute of Surgery, Ural State Medical University, Ekaterinburg, Russia.

E-mail: tashabarova1@yandex.ru

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-6606-9252>

Alexander A. Zhilyakov — Student at the Institute of Surgery, Ural State Medical University, Ekaterinburg, Russia.

E-mail: alexandrusma@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5251-0411>

Andrey V. Zhilyakov — Doctor of Sciences (Medicine), Associate Professor of the Department of Traumatology and Orthopedics, Institute of Surgery, Ural State Medical University, Ekaterinburg, Russia.

E-mail: doctor-zhilyakov@rambler.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1261-3712>

Elena A. Volokitina — Doctor of Sciences (Medicine), Professor, Head of the Department of Traumatology and Orthopedics, Institute of Surgery, Ural State Medical University, Ekaterinburg, Russia.

E-mail: volokitina_elena@rambler.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5994-8558>

Научное сетевое издание

Вестник УГМУ

Научно-практический журнал

2025. Т. 10, № 1

Учредитель

Уральский государственный медицинский университет
620028, Россия, Екатеринбург, ул. Репина, 3

Издатель

Уральский государственный медицинский университета
620028, Россия, Екатеринбург, ул. Репина, 3
Тел.: + 7 (343) 214-85-65
E-mail: rio@usma.ru
<https://vestnikusmu.ru/>

Редактор К. А. Поташев
Верстка Е. В. Ровнушкиной

Дата выхода в свет 31.03.2025. Формат 70×100 1/16.
Уч.-изд. л. 5,18. Объем данных 1,9 Мб.

Свидетельство о регистрации средства массовой информации
ЭЛ № ФС 77-79674 от 27 ноября 2020 г.

Журнал не маркируется знаком информационной продукции
в соответствии с п. 2 ст. 1 федерального закона РФ от 29.12.2010 г. № 436-ФЗ
как содержащий научную информацию

Scientific Network Edition

USMU Medical Bulletin

Scientific and Practical Journal

2025. Vol. 10, No. 1

Founder

Ural State Medical University
3, Repina Str., 620028 Ekaterinburg, Russia

Publisher

Ural State Medical University
3, Repina Str., 620028 Ekaterinburg, Russia
Phone: + 7 (343) 214-85-65
E-mail: rio@usma.ru
<https://vestnikusmu.ru/>

Editor Konstantin Potashev
Layout designer Ekaterina Rovnushkina

Mass Media Registration Certificate
EL FS77-79674 as of November 27, 2020

The Journal is not marked with the Sign of Information Products
in accordance with Paragraph 2 of Article 1 of the Federal Law of the Russian Federation
No. 436-FZ of December 29, 2010 as containing scientific information

