

DOI: 10.47093/2218-7332.2024.15.4



ISSN 2218-7332 (Print)  
ISSN 2658-3348 (Online)

СЕЧЕНОВСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ  
НАУК О ЖИЗНИ

Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова  
(Сеченовский Университет)

# СЕЧЕНОВСКИЙ SECHENOV MEDICAL JOURNAL ВЕСТНИК

Том/Volume 15  
№ 4, 2024

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ МЕДИЦИНСКИЙ ЖУРНАЛ

**SPECIAL ISSUE:  
NEUROSURGERY**

**СПЕЦИАЛЬНЫЙ ВЫПУСК:  
НЕЙРОХИРУРГИЯ.**



# СЕЧЕНОВСКИЙ ВЕСТНИК

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ МЕДИЦИНСКИЙ ЖУРНАЛ  
Sechenovskii vestnik



СЕЧЕНОВСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ  
НАУК О ЖИЗНИ

## Цели и задачи

К основным целям журнала относятся представление актуальных научных достижений российских и зарубежных ученых в области медико-биологических наук, фундаментальной и клинической медицины, увеличение значимости и авторитета российской медицинской науки за счет повышения качества научных публикаций.

Научно-практический медицинский журнал «Сеченовский вестник» публикует статьи по актуальным вопросам медико-биологических наук, клинической медицине. Издание предназначено для профессионалов в области здравоохранения.

## Главный редактор

**П.В. Глыбочко** – д-р мед. наук, проф., акад. РАН, ректор Первого МГМУ им. И.М. Сеченова (Москва, Россия); <https://orcid.org/0000-0002-5541-2251>, Scopus Author ID: 26435273000

## Заместитель главного редактора

**Т.А. Демура** – д-р. мед. наук, проф., проректор по научной деятельности Первого МГМУ им. И.М. Сеченова (Москва, Россия); <https://orcid.org/0000-0002-6946-6146>, Scopus Author ID: 25936132400

## Научные редакторы

**М.Ю. Надинская** – канд. мед. наук, доц., руководитель Издательского центра Первого МГМУ им. И.М. Сеченова (Москва, Россия); <https://orcid.org/0000-0002-1210-2528>, Scopus Author ID: 6507949442

**Е.А. Тао** – канд. мед. наук, специалист по анализу больших данных, отдел аналитики, Российский центр научной информации (Москва, Россия); <https://orcid.org/0000-0002-0621-7054>, Scopus Author ID: 57216221279

**Н.В. Эберле** – научный редактор Издательского центра Первого МГМУ им. И.М. Сеченова (Москва, Россия); <https://orcid.org/0009-0006-6165-8983>

## Ответственный секретарь

**С.С. Кардашева** – канд. мед. наук, доц. каф. пропедевтики внутренних болезней, гастроэнтерологии и гепатологии Первого МГМУ им. И.М. Сеченова (Москва, Россия); <https://orcid.org/0000-0002-5116-2144>, Scopus Author ID: 57212196771

## Технический редактор

**А.В. Седова** – канд. мед. наук, ассистент каф. пропедевтики внутренних болезней, гастроэнтерологии и гепатологии Первого МГМУ им. И.М. Сеченова (Москва, Россия); <https://orcid.org/0000-0003-1644-264X>, Scopus Author ID: 57208300041

## Редакционный совет

• **Е. Айкава** – канд. мед. наук, доц. медицинской школы Гарвардского университета (Бостон, США); <https://orcid.org/0000-0001-7835-2135>, Scopus Author ID: 55303859000 • **Г.Б. Белякович** – д-р мед. наук, проф. Нишского университета (Ниш, Сербия); <https://orcid.org/0000-0002-3796-9945>, Scopus Author ID: 34567603700 • **Э. Грандоне** – д-р мед. наук, проф. госпиталя Casa Sollievo della Sofferenza (Сан-Джованни-Ротондо, Италия); <https://orcid.org/0000-0002-8980-9783>, Scopus Author ID: 7006391091 • **И.Ю. Капитонова** – д-р мед. наук, проф. кафедры фундаментальных медицинских наук факультета Медицины и Здравоохранения Университета Малайзии Sarawak (Unimas) (Кота Самаранган, Малайзия); <https://orcid.org/0000-0001-6055-3123>, Scopus Author ID: 8854275100 • **О.Д. Мяделец** – д-р мед. наук, проф., зав. кафедрой гистологии, цитологии и эмбриологии Витебского государственного ордена Дружбы народов медицинского университета (Витебск, Беларусь); <https://orcid.org/0000-0001-8796-052X>, Scopus Author ID: 55790984400

• **С. Петанидис** – канд. мед. наук, науч. сотрудник Университета имени Аристотеля в Салониках (Салоники, Греция); <https://orcid.org/0000-0001-7482-6559>, Scopus Author ID: 55362289600

• **Д. Риццо** – MD, профессор, Университет Рома Тор Вергата, зав. кафедрой акушерства и гинекологии, Центральная поликлиника Тор Вергата (Рим, Италия); <https://orcid.org/0000-0002-5525-4353>, Scopus Author ID: 7102724281 • **Х.Э. Санер** – д-р мед. наук, проф. Бернского университета (Берн, Швейцария); <https://orcid.org/0000-0002-8025-7433>, Scopus Author ID: 55835032800

• **А.А. Свистунов** – д-р мед. наук, проф., чл.-корр. РАН, первый проректор Первого МГМУ им. И.М. Сеченова (Москва, Россия); Scopus Author ID: 55578030700 • **А. Спаллоне** – д-р мед. наук, проф., директор отделения клинических нейронаук нейробиологического центра Latium NCL (Рим, Италия); <https://orcid.org/0000-0002-7017-1513>, Scopus Author ID: 7005531516 • **В. Яковлевич** – д-р мед.

наук, проф., декан факультета медицинских наук Университета г. Крагуевац (Крагуевац, Сербия); <https://orcid.org/0000-0002-0071-8376>, Scopus Author ID: 56425747600

## Редакционная коллегия

• **В.Б. Аникин** – канд. мед. наук, проф. The Royal Brompton & Harefield NHS Foundation Trust (Лондон, Великобритания); Scopus Author ID: 7005592092 • **О.Б. Блюсс** – канд. физ.-мат. наук, науч. сотрудник Лондонского университета королевы Марии (Лондон, Великобритания); <https://orcid.org/0000-0002-0194-6389>, Scopus Author ID: 56020531500 • **С.Б. Белевич** – д-р мед. наук, проф., зав. каф. патологии человека Первого МГМУ им. И.М. Сеченова (Москва, Россия); <https://orcid.org/0000-0002-1574-477X>, Scopus Author ID: 6603144931 • **М.Ю. Бровко** – д-р мед. наук, проф., проректор по международной деятельности Первого МГМУ им. И.М. Сеченова (Москва, Россия); <https://orcid.org/0000-0003-0023-2701>, Scopus Author ID: 56525278100 • **Д.В. Бутнару** – д-р мед. наук, гл. врач Университетской клинической больницы №1 Первого МГМУ им. И.М. Сеченова (Москва, Россия); <https://orcid.org/0000-0003-2173-0566>, Scopus Author ID: 15758889100

• **А.А. Заикин** – канд. физ.-мат. наук, проф. системной медицины Университетского колледжа Лондона (Лондон, Великобритания); <https://orcid.org/0000-0001-7540-1130>, Scopus Author ID: 7103103296 • **А.В. Зорькина** – д-р мед. наук, проф., зав. каф. амбулаторно-поликлинической терапии Национального исследовательского Мордовского государственного университета им. Н.П. Огарева (Саранск, Россия); <https://orcid.org/0000-0003-1122-9532>, Scopus Author ID: 6508247780 • **В.Т. Ивашкин** – д-р мед. наук, проф., акад. РАН, зав. каф. пропедевтики внутренних болезней, гастроэнтерологии и гепатологии Первого МГМУ им. И.М. Сеченова (Москва, Россия); <https://orcid.org/0000-0002-6815-6015>, Scopus Author ID: 57201595785 • **А.М. Казарян** – д-р мед. наук, проф. Университета Осло (Осло, Норвегия); <https://orcid.org/0000-0001-9960-0820>, Scopus Author ID: 7003922201 • **С.Л. Кузнецов** – д-р мед. наук, член-корр. РАН, проф. кафедры анатомии и гистологии человека Первого МГМУ им. И.М. Сеченова (Москва, Россия); <https://orcid.org/0000-0002-0704-1660>, Scopus Author ID: 27267733100 • **А.Д. Макацкая** – д-р мед. наук, проф., акад. РАН, зав. каф. акушерства и гинекологии Первого МГМУ им. И.М. Сеченова (Москва, Россия); <https://orcid.org/0000-0001-7415-4633>, Scopus Author ID: 6602363216 • **Д. Макфарланд** – доц., Автономный Мадридский университет (Мадрид, Испания); <https://orcid.org/0000-0003-3994-4570>, Scopus Author ID: 57203783686 • **Л. Мастронарди** – руководитель отделения нейрохирургии, больница Сан-Филиппо Нери (Рим, Италия); <https://orcid.org/0000-0003-0105-5786>, Scopus Author ID: 56228961100 • **Д.Б. Мунблит** – канд. мед. наук, проф. Imperial College London (Лондон, Великобритания); <https://orcid.org/0000-0001-9652-6856>, Scopus Author ID: 55233686800

• **Д.А. Напалков** – д-р мед. наук, проф. каф. факультетской терапии Первого МГМУ им. И.М. Сеченова (Москва, Россия); <https://orcid.org/0000-0001-6241-2711>, Scopus Author ID: 7801384884

• **Ч.С. Павлов** – д-р мед. наук, проф., зав. каф. терапии, руководитель Центра доказательной медицины Первого МГМУ им. И.М. Сеченова (Москва, Россия); <https://orcid.org/0000-0001-5031-9798>, Scopus Author ID: 57196355076 • **С.В. Пирожков** – д-р мед. наук, проф. каф. патофизиологии Первого МГМУ им. И.М. Сеченова (Москва, Россия); <https://orcid.org/0000-0002-7116-3398>, Scopus Author ID: 7004383734 • **И.В. Решетов** – д-р мед. наук, проф., акад. РАН, зав. каф. онкологии, радиотерапии и пластической хирургии Первого МГМУ им. И.М. Сеченова (Москва, Россия); <https://orcid.org/0000-0002-0909-6278>, Scopus Author ID: 6701353127 • **М.И. Секачева** – д-р мед. наук, проф., директор Института персонализированной медицины Первого МГМУ им. И.М. Сеченова (Москва, Россия); <https://orcid.org/0000-0003-0015-7094>, Scopus Author ID: 24342526600 • **А.Н. Стрижаков** – д-р мед. наук, проф., акад. РАН, зав. каф. акушерства, гинекологии и перинатологии Первого МГМУ им. И.М. Сеченова (Москва, Россия); <https://orcid.org/0000-0001-7718-7465>, Scopus Author ID: 7005104683 • **А.А. Суфианов** – д-р мед. наук, проф., член-корр. РАН, главный врач Федерального центра нейрохирургии (Тюмень, Россия); <https://orcid.org/0000-0001-7580-0385>, Scopus Author ID: 6603558501 • **Г.Т. Сухих** – д-р мед. наук, проф., акад. РАН, директор НИИЦ акушерства, гинекологии и перинатологии им. акад. В.И. Кулакова (Москва, Россия); <https://orcid.org/0000-0003-0214-1213>, Scopus Author ID: 7005776727 • **А.С. Шершевер** – д-р мед. наук, проф. Свердловского областного онкологического диспансера (Екатеринбург, Россия); <https://orcid.org/0000-0002-8515-6017>, Scopus Author ID: 7006207122

История издания журнала: издается с 2010 г.

Периодичность: выходит 4 раза в год.

Префикс DOI: 10.47093

Свидетельство о регистрации средства массовой информации: ПИ № ФС77-78884 от 28 августа 2020 года выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор).

Условия распространения материалов: контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.

Учредитель, издатель, редакция: федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский университет).

Адрес: 119991, г. Москва, ул. Трубецкая, д. 8, стр. 2.

Телефон редакции: +7 (926) 306-39-99 (Telegram)

Сайт: <https://www.sechenovmedj.com/Jour>

E-mail: [sechenovmedj@staff.sechenov.ru](mailto:sechenovmedj@staff.sechenov.ru)

Выход в свет: 05.12.2024

Копирайт: © Оформление, составление, редактирование. Сеченовский вестник, 2024

Индексирование: журнал входит в «Белый список», в перечень изданий, рекомендованных ВАК, и библиографическую базу данных РИНЦ.

Журнал представлен в Федеральной электронной медицинской библиотеке: <http://www.femb.ru>

Подписной индекс: в каталоге агентства «Пресса России» – 29124

Цена: свободная

Заведующая редакцией: С.С. Кардашева

Редакторы-корректоры: И.С. Пигулевская, Л.А. Зелесков

Верстка: О.А. Юнина

Отпечатано: ООО «БЕАН»

Адрес: 603003, г. Нижний Новгород, ул. Баррикад, д. 1

Формат 60×90 1/8.

Печать офсетная. Тираж 25 экз.

# SECHENOV MEDICAL JOURNAL

SCIENTIFIC AND PRACTICAL MEDICAL JOURNAL

SECHENOV  
UNIVERSITY  
LIFE SCIENCES

## Focus and Scope

The Sechenov Medical Journal is committed to presenting important scientific achievements in the field of biomedical sciences, fundamental and clinical medicine, increasing the authority of the Russian medical science by improving the quality of scientific publications.

The academic and clinical Sechenov Medical Journal publishes articles related to the issues of medical and biological sciences, clinical medicine. The information contained in Sechenov Medical Journal is intended for healthcare professionals only.

## Editor-in-Chief

**Peter V. Glybochko** – MD, PhD, DMSc, Professor, Academician of RAS, Rector of Sechenov First Moscow State Medical University (Moscow, Russia); <https://orcid.org/0000-0002-5541-2251>, Scopus Author ID: 26435273000

## Deputy Editor-in-Chief

**Tatiana A. Demura** – MD, PhD, DMSc, Professor, Vice-Rector for Scientific Activities, Sechenov First Moscow State Medical University (Moscow, Russia); <https://orcid.org/0000-0002-6946-6146>, Scopus Author ID: 25936132400

## Scientific Editors

**Maria Yu. Nadinskaia** – MD, PhD, Associate Professor, Head of Publishing Center, Sechenov First Moscow State Medical University (Moscow, Russia); <https://orcid.org/0000-0002-1210-2528>, Scopus Author ID: 6507949442

**Ekaterina A. Tao** – MD, PhD, Data Scientist, Analytics Department, Russian Center for Scientific Information (Moscow, Russia); <https://orcid.org/0000-0002-0621-7054>, Scopus Author ID: 57216221279

**Nataliya V. Eberle** – MD, Scientific Editor of Publishing Center, Sechenov First Moscow State Medical University (Moscow, Russia); <https://orcid.org/0009-0006-6165-8983>

## Executive Secretary

**Svetlana S. Kardasheva** – MD, PhD, Associate Professor, Department of Internal Medicine Propaedeutics, Gastroenterology and Hepatology, Sechenov First Moscow State Medical University (Moscow, Russia); <https://orcid.org/0000-0002-5116-2144>, Scopus Author ID: 57212196771

## Content Editor

**Alla V. Sedova** – MD, PhD, Assistant Professor, Department of Internal Medicine Propaedeutics and Hepatology, Sechenov First Moscow State Medical University (Moscow, Russia); <https://orcid.org/0000-0003-1644-264X>, Scopus Author ID: 57208300041

## Editorial Council

• **Elena Aikawa** – MD, PhD, Associate Professor of Medicine Harvard Medical School (Boston, USA); <https://orcid.org/0000-0001-7835-2135>, Scopus Author ID: 55303859000 • **Goran B. Bjelaković** – MD, DMSc, Professor, University of Nis (Nis, Serbia); <https://orcid.org/0000-0002-3796-9945>, Scopus Author ID: 34567603700 • **Elvira Grandone** – MD, PhD, Professor, Hospital Casa Sollievo della Sofferenza (San Giovanni Rotondo, Italy); <https://orcid.org/0000-0002-8980-9783>, Scopus Author ID: 7006391091 • **Marina Yu. Kapitonova** – MD, PhD, DMSc, Professor, Department of Basic Medical Sciences, Faculty of Medicine and Health Sciences, University Malaysia Sarawak (Kota Samarahan, Malaysia); <https://orcid.org/0000-0001-6055-3123>, Scopus Author ID: 8854275100 • **Oleg D. Myadelets** – MD, PhD, DMSc, Professor, Head of the Department of Histology, Cytology and Embryology, Vitebsk State Order of Friendship of Peoples Medical University (Vitebsk, Belarus); <https://orcid.org/0000-0001-8796-052X>, Scopus Author ID: 55790984400 • **Savvas Petanidis** – PhD, Research Assistant, Aristotle University of Thessaloniki (Thessaloniki, Greece); <https://orcid.org/0000-0001-7482-6559>, Scopus Author ID: 55362289600 • **Giuseppe Rizzo** – MD, Professor and Chairman, University of Rome Tor Vergata, Department of Obstetrics and Gynecology, Fondazione Policlinico Tor Vergata (Rome, Italy); <https://orcid.org/0000-0002-5525-4353>, Scopus Author ID: 7102724281 • **Hugo E. Saner** – MD, DMSc, Professor, University of Bern (Bern, Switzerland); <https://orcid.org/0000-0002-8025-7433>, Scopus Author ID: 55835032800 • **Andrey A. Svistunov** – MD, PhD, DMSc, Professor, Corresponding Member of RAS, First Vice-rector, Sechenov First Moscow State Medical University (Moscow, Russia); Scopus Author ID: 55578030700 • **Aldo Spallone** – MD, PhD, Professor of Neurosurgery, Department Director, Neurological Centre of Latium NCL (Rome, Italy); <https://orcid.org/0000-0002-7017-1513>, Scopus Author ID: 7005531516 • **Vladimir Jakovljevic** – MD, PhD, DMSc,

Professor, Dean of the Faculty of Medical Sciences University of Kragujevac (Serbia); <https://orcid.org/0000-0002-0071-8376>, Scopus Author ID: 56425747600

## Editorial Board

• **Vladimir B. Anikin** – MD, PhD, Professor of Thoracic Surgery and Consultant Thoracic Surgeon, The Royal Brompton & Harefield NHS Foundation Trust, Harefield Hospital (London, UK); Scopus Author ID: 7005592092 • **Oleg B. Blyuss** – PhD, Research Associate, Queen Mary University of London (London, UK); <https://orcid.org/0000-0002-0194-6389>, Scopus Author ID: 56202531500 • **Sergey B. Bolevich** – MD, PhD, DMSc, Professor, Head of Pathology Department, Sechenov First Moscow State Medical University (Moscow, Russia); <https://orcid.org/0000-0002-1574-477X>, Scopus Author ID: 6603144931 • **Michail Yu. Brovko** – MD, PhD, DMSc, Professor, Vice-Rector for International Affairs, Sechenov First Moscow State Medical University (Moscow, Russia); <https://orcid.org/0000-0003-0023-2701>, Scopus Author ID: 56525278100 • **Denis V. Butmaru** – MD, PhD, DMSc, Head of University Clinical Hospital No. 1, Sechenov First Moscow State Medical University (Moscow, Russia); <https://orcid.org/0000-0003-2173-0566>, Scopus Author ID: 15758889100 • **Alexey A. Zaikin** – PhD, Professor of Systems Medicine and Applied Mathematics, University College London (London, UK); <https://orcid.org/0000-0001-7540-1130>, Scopus Author ID: 7103103296 • **Angelina V. Zorkina** – MD, PhD, DMSc, Professor, Head of Department of Outpatient Polyclinic Therapy, National Research Mordovia State University (Saransk, Russia); <https://orcid.org/0000-0003-1122-9532>, Scopus Author ID: 6508247780 • **Vladimir T. Ivashkin** – MD, PhD, DMSc, Professor, Academician of RAS, Head of Department of Internal Medicine Propaedeutics, Gastroenterology and Hepatology, Sechenov First Moscow State Medical University (Moscow, Russia); <https://orcid.org/0000-0002-6815-6015>, Scopus Author ID: 57201595785 • **Airazat M. Kazaryan** – MD, PhD, Professor of Surgery, Oslo University Hospital (Oslo, Norway); <https://orcid.org/0000-0001-9960-0820>, Scopus Author ID: 7003922201 • **Sergey L. Kuznetsov** – MD, PhD, DMSc, Corresponding member of the RAS, Professor, Human Anatomy and Histology Department, Sechenov First Moscow State Medical University (Moscow, Russia); <https://orcid.org/0000-0002-0704-1660>, Scopus Author ID: 27267733100 • **Alexander D. Makatsariya** – MD, PhD, DMSc, Professor, Academician of RAS, Head of Obstetrics and Gynaecology Department, Sechenov First Moscow State Medical University (Moscow, Russia); <https://orcid.org/0000-0001-7415-4633>, Scopus Author ID: 6602363216 • **J. McFarland** – Associate Professor, Autonomous University of Madrid (Madrid, Spain); <https://orcid.org/0000-0003-3994-4570>, Scopus Author ID: 57203783686 • **L. Mastronardi** – Head of the Division of Neurosurgery, San Filippo Neri Hospital (Roma, Italy); <https://orcid.org/0000-0003-0105-5786>, Scopus Author ID: 56228961100 • **Daniel B. Munblit** – MD, MSc, PhD, Honorary Senior Lecturer, Imperial College London (London, UK); <https://orcid.org/0000-0001-9652-6856>, Scopus Author ID: 55233686800 • **Dmitrii A. Napalkov** – MD, PhD, DMSc, Professor, Faculty Therapy Department, Sechenov First Moscow State Medical University (Moscow, Russia); <https://orcid.org/0000-0001-6241-2711>, Scopus Author ID: 7801384884 • **Chavdar S. Pavlov** – MD, PhD, DMSc, Professor, Head of Therapy Department, Head of Center for Evidence-Based Medicine, Sechenov First Moscow State Medical University (Moscow, Russia); <https://orcid.org/0000-0001-5031-9798>, Scopus Author ID: 57196355076 • **Sergey V. Pirozhkov** – MD, PhD, DMSc, Professor, Pathophysiology Department, Sechenov First Moscow State Medical University (Moscow, Russia); <https://orcid.org/0000-0002-7116-3398>, Scopus Author ID: 7004383734 • **Igor V. Reshetov** – MD, PhD, DMSc, Professor, Academician of RAS, Head of Oncology, Radiotherapy and Plastic Surgery Department, Sechenov First Moscow State Medical University (Moscow, Russia); <https://orcid.org/0000-0002-0909-6278>, Scopus Author ID: 6701353127 • **Marina I. Sekacheva** – MD, PhD, DMSc, Professor, Director of the Institute of Personalized Medicine of Sechenov First Moscow State Medical University (Moscow, Russia); <https://orcid.org/0000-0003-0015-7094>, Scopus Author ID: 24342526600 • **Alexander N. Strizhakov** – MD, PhD, DMSc, Professor, Academician of RAS, Head of Obstetrics, Gynaecology and Perinatology Department, Sechenov First Moscow State Medical University (Moscow, Russia); <https://orcid.org/0000-0001-7718-7465>, Scopus Author ID: 7005104683 • **Albert A. Sufianov** – MD, PhD, DMSc, Professor, Corresponding member of RAS, Head of Federal Center of Neurosurgery (Tyumen, Russia); <https://orcid.org/0000-0001-7580-0385>, Scopus Author ID: 6603558501 • **Gennadiy T. Sukhikh** – MD, PhD, DMSc, Professor, Academician of RAS, Director of Kulakov Research Center for Obstetrics, Gynecology and Perinatology (Moscow, Russia); <https://orcid.org/0000-0003-0214-1213>, Scopus Author ID: 7005776727 • **Alexander S. Shershever** – MD, PhD, DMSc, Professor, Sverdlovsk Regional Oncology Dispensary (Yekaterinburg, Russia); <https://orcid.org/0000-0002-8515-6017>, Scopus Author ID: 7006207122

**Founded:** the journal has been published since 2010.

**Frequency:** 4 times per year

**DOI Prefix:** 10.47093

**Mass Media Registration Certificate:** PI No FS77-78884 as of 28 August 2020 issued by the Federal Service for Supervision of Communications, Information Technology and Mass Media (Roskomnadzor).

**Distribution:** content is distributed under Creative Commons Attribution 4.0 License

**Founder, Publisher, Editorial Office:** Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University).

**Address:** 8/2, Trubetskaya str., Moscow, 119991

**Editorial office phone number:** +7 (926) 306-39-99 (Telegram)

**Website:** <https://www.sechenovmedj.com/jour>

**E-mail:** [sechenovmedj@staff.sechenov.ru](mailto:sechenovmedj@staff.sechenov.ru)

**Published:** 05.12.2024

**Copyright:** © Compilation, design, editing. Sechenov Medical Journal, 2024

**Indexation:** the Journal is included in the "White list"; in the index of periodical publications recommended by the State Commission for Academic Degrees and Titles, and in the Russian Science Citation Index database

The Journal is available in the Federal Electronic Medical Library: <http://www.femb.ru>

**Subscription index** in the Russian Press Agency catalog – 29124.

**Price:** flexible

**Managing Editor:** Svetlana S. Kardasheva

**Editors-proofreaders:** Irina S. Pigulevskaya, Lev A. Zelexon

**Page layout:** Olga A. Yunina

**Printed by** LLC BEAN

**Address:** 1, Barrikad str., Nizhny Novgorod, 603003

Format 60x90 1/8. Off set print. Print run 25 copies.

# СОДЕРЖАНИЕ

## НЕЙРОХИРУРГИЯ

КЛАССИФИКАЦИЯ АНЕВРИЗМ  
ОФТАЛЬМИЧЕСКОГО СЕКТОРА ВНУТРЕННЕЙ  
СОЛНЕЧНОЙ АРТЕРИИ: ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ  
*И.Н. Север, А.Е. Герасюта, Д.В. Литвиненко,  
В.В. Ткачев*

АЛГОРИТМ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ  
В ПРОГНОЗИРОВАНИИ ГОСПИТАЛЬНОЙ  
ЛЕТАЛЬНОСТИ ПОСЛЕ АНЕВРИЗМАТИЧЕСКОГО  
СУБАРАХНОИДАЛЬНОГО КРОВОИЗЛИЯНИЯ  
*Ю.В. Кивелёв, А.Л. Кривошапкин, А.А. Суфианов*

ПРЕВЕНТИВНАЯ ДЕКОМПРЕССИВНАЯ  
КРАНИОЭКТОМИЯ ПРИ РАЗРЫВЕ  
ЦЕРЕБРАЛЬНОЙ АНЕВРИЗМЫ В ПЕРВОМ  
ТРИМЕСТРЕ БЕРЕМЕННОСТИ: УСПЕШНЫЙ  
ИСХОД ДЛЯ МАТЕРИ И ПЛОДА  
*М.Е. Першин, Д.В. Литвиненко, Т.И. Конарева,  
В.В. Ткачев*

УДАЛЕНИЕ ГИГАНТСКОЙ АНЕВРИЗМЫ  
ШЕЙНОГО ОТДЕЛА ВНУТРЕННЕЙ  
СОЛНЕЧНОЙ АРТЕРИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
ВНУТРИРОТОВОЙ ОСТЕОТОМИИ НИЖНЕЙ  
ЧЕЛЮСТИ: КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ  
*В.А. Лукьянчиков, А.Л. Карагозян,  
Ю.И. Шатохина, Т.А. Шатохин, Д.Н. Решетов,  
З.А. Кулов, В.В. Крылов*

ИНТРАДУРАЛЬНЫЙ СЕКВЕСТР  
МЕЖПОЗВОНКОВОЙ ГРЫЖИ ПОЯСНИЧНОГО  
ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА С КРАНИАЛЬНОЙ  
МИГРАЦИЕЙ: КЛИНИЧЕСКОЕ НАБЛЮДЕНИЕ  
*Г.Ю. Евзиков, М.Г. Башлачев, М.И. Гайдаш*

## ОТ РЕДАКЦИИ

БЛАГОДАРНОСТЬ ЗА РЕЦЕНЗИРОВАНИЕ  
И ПОМОЩЬ В ПОДГОТОВКЕ РУКОПИСЕЙ  
К ПУБЛИКАЦИИ

# CONTENT

## NEUROSURGERY

**4** CLASSIFICATION OF OPHTHALMIC SEGMENT  
INTERNAL CAROTID ARTERY ANEURYSMS:  
A LITERATURE REVIEW  
*Irina N. Sever, Anna E. Gerasyuta,  
Dmitry V. Litvinenko, Vyacheslav V. Tkachev*

**19** MACHINE LEARNING ALGORITHM TO PREDICT  
IN-HOSPITAL MORTALITY AFTER ANEURYSMAL  
SUBARACHNOID HEMORRHAGE  
*Juri V. Kivelev, Alexey L. Krivoshapkin,  
Albert A. Sufianov*

**32** PREVENTIVE DECOMPRESSIVE CRANIECTOMY  
FOR RUPTURED CEREBRAL ANEURYSM  
IN THE FIRST TRIMESTER OF PREGNANCY:  
SUCCESSFUL OUTCOME FOR MOTHER  
AND FETUS  
*Mikhail E. Pershin, Dmitry V. Litvinenko,  
Tatyana I. Konareva, Vyacheslav V. Tkachev*

**43** REMOVAL OF A GIANT ANEURISM OF CERVICAL  
INTERNAL CAROTID ARTERY WITH INTRAORAL  
OSTEOTOMY OF THE MANDIBLE:  
A CLINICAL CASE  
*Viktor A. Lukyanchikov, Arsen L. Karagozyan,  
Julia I. Shatokhina, Taras A. Shatokhin,  
Dmitry N. Reshetov, Zaurbek A. Kulov,  
Vladimir V. Krylov*

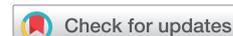
**51** INTRADURAL SEQUESTRATION OF LUMBAR  
DISC HERNIATION WITH CRANIAL MIGRATION:  
A CASE REPORT  
*Grigoriy Yu. Evzikov, Mikhail G. Bashlachev,  
Maksim I. Gaydash*

## EDITORIAL

**59** ACKNOWLEDGEMENTS FOR PEER REVIEW  
AND ASSISTANCE IN PREPARING MANUSCRIPTS  
FOR PUBLICATION

## Обзор / Review

УДК 616.133.3-007.64(048)

<https://doi.org/10.47093/2218-7332.2024.15.4.4-18>

## Классификация аневризм офтальмического сегмента внутренней сонной артерии: обзор литературы

И.Н. Север<sup>1</sup>, А.Е. Герасюта<sup>1,2</sup>, Д.В. Литвиненко<sup>2,✉</sup>, В.В. Ткачев<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Кубанский государственный медицинский университет»

Министерства здравоохранения Российской Федерации

ул. Митрофана Седина, д. 4, г. Краснодар, 350063, Россия

<sup>2</sup>ГБУЗ «НИИ – Краевая клиническая больница № 1 им. профессора С.В. Очаповского»

Министерства здравоохранения Краснодарского края

ул. 1 Мая, д. 167, г. Краснодар, 350086, Россия

### Аннотация

Аневризмы офтальмического сегмента внутренней сонной артерии (ВСА) традиционно рассматриваются в качестве сложных в связи с особенностями их анатомического строения, труднодоступностью для открытой хирургии и наличием риска ухудшения зрительных функций. Высокая вариативность расположения каротидно-офтальмологических (параклиноидных) аневризм является основной причиной отсутствия общепризнанной клинико-анатомической классификации аневризм данной локализации. В свою очередь, отсутствие их анатомической унификации ограничивает коммуникацию специалистов, участвующих в диагностике и лечении таких пациентов, а также затрудняет сравнительный анализ клинических данных и результатов микрохирургических и внутрисосудистых операций. Предлагаемая обобщенная схема классификации аневризм офтальмического сегмента ВСА может применяться для систематизации клинического материала, детальной проработки хирургических алгоритмов и выработки оптимальной тактики лечения пациентов с аневризмами параклиноидной локализации.

**Ключевые слова:** каротидно-офтальмические аневризмы; параклиноидные аневризмы; микрохирургия аневризм внутренней сонной артерии; внутрисосудистое лечение аневризм внутренней сонной артерии; классификация аневризм

### Рубрики MeSH:

СОННОЙ АРТЕРИИ БОЛЕЗНИ – ДИАГНОСТИКА

СОННОЙ АРТЕРИИ БОЛЕЗНИ – ХИРУРГИЯ

СОННАЯ АРТЕРИЯ ВНУТРЕННЯЯ – ХИРУРГИЯ

АНЕВРИЗМА – ДИАГНОСТИКА

АНЕВРИЗМА – КЛАССИФИКАЦИЯ

АНЕВРИЗМА – ХИРУРГИЯ

ОБЗОР

**Для цитирования:** Север И.Н., Герасюта А.Е., Литвиненко Д.В., Ткачев В.В. Классификация аневризм офтальмического сегмента внутренней сонной артерии: обзор литературы. Сеченовский вестник. 2024; 15(4): 4–18. <https://doi.org/10.47093/2218-7332.2024.15.4.4-18>

### КОНТАКТНАЯ ИНФОРМАЦИЯ:

**Литвиненко Дмитрий Викторович**, канд. мед. наук, врач нейрохирургического отделения № 2 ГБУЗ «НИИ – Краевая клиническая больница № 1 им. профессора С.В. Очаповского» Министерства здравоохранения Краснодарского края

**Адрес:** ул. 1 Мая, д. 167, г. Краснодар, 350086, Россия

**E-mail:** dlmalit73@yandex.ru

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Финансирование.** Исследование не имело спонсорской поддержки (собственные ресурсы).

**Поступила:** 01.08.2024

**Принята:** 25.08.2024

**Дата печати:** 05.12.2024

## Classification of ophthalmic segment internal carotid artery aneurysms: a literature review

Irina N. Sever<sup>1</sup>, Anna E. Gerasyuta<sup>1,2</sup>, Dmitry V. Litvinenko<sup>2,✉</sup>, Vyacheslav V. Tkachev<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Kuban State Medical University

4, Mitrofan Sedin str., Krasnodar, 350063, Russia

<sup>2</sup>Scientific Research Institute – Regional Clinical Hospital No. 1 named after prof. S.V. Ochapovsky  
167, 1 May str., Krasnodar, 350086, Russia

### Abstract

Aneurysms of the ophthalmic segment of the internal carotid artery (ICA) have traditionally been considered complex, due to the peculiarities of their anatomy, difficult accessibility for open surgery and the risk of deterioration of visual functions. The high variability of the location of carotid-ophthalmic (paraclinoid) aneurysms is the main reason for the lack of a generally recognized clinical and anatomical classification of aneurysms of this localization. In turn, the lack of anatomical unification limits the communication between specialists involved in the diagnosis and treatment of such patients, as well as complicates the comparative analysis of clinical data and the results of microsurgical and intravascular operations. The proposed generalized classification scheme of aneurysms of the ophthalmic segment of the ICA can be used to systematize clinical material, study surgical algorithms in detail and develop optimal treatment tactics for patients with paraclinoid aneurysms.

**Keywords:** carotid-ophthalmic aneurysms; paraclinoid aneurysms; microsurgery of internal carotid artery aneurysms; intravascular treatment of internal carotid artery aneurysms; classification of aneurysms

### MeSH terms:

CAROTID ARTERY DISEASES – DIAGNOSIS

CAROTID ARTERY DISEASES – SURGERY

CAROTID ARTERY, INTERNAL – SURGERY

ANEURYSM – DIAGNOSIS

ANEURYSM – CLASSIFICATION

ANEURYSM – SURGERY

REVIEW

**For citation:** Sever I.N., Gerasyuta A.E., Litvinenko D.V., Tkachev V.V. Classification of ophthalmic segment internal carotid artery aneurysms: a literature review. Sechenov Medical Journal. 2024; 15(4): 4–18. <https://doi.org/10.47093/2218-7332.2024.15.4.4-18>

### CONTACT INFORMATION:

**Dmitry V. Litvinenko**, Cand. of Sci. (Medicine), neurosurgeon, Department of Neurosurgery No. 2, Research Institute – Regional Clinical Hospital No. 1 named after prof. S.V. Ochapovsky

**Address:** 167, May 1, Krasnodar, 350086, Russia

**E-mail:** dlmalit73@yandex.ru

**Conflict of interests.** The authors declare that there is no conflict of interests.

**Financial support.** The study was not sponsored (own resources).

**Received:** 01.08.2024

**Accepted:** 25.08.2024

**Date of publication:** 05.12.2024

### Список сокращений

BCA – внутренняя сонная артерия

ГА – глазная артерия

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ	HIGHLIGHTS
Каротидно-офтальмологические (параклиноидные) аневризмы из-за анатомически близкого расположения к переднему клиновидному отростку и кавернозному синусу труднодоступны для хирургического лечения. Анатомическая связь с глазной артерией и зрительным нервом чревата осложнениями во время вмешательства, в том числе потерей зрения.	Carotid-ophthalmic (paraclinoid) aneurysms due to their anatomically close location to the anterior sphenoid process and cavernous sinus are difficult to access for surgical treatment. The anatomical connection with the ocular artery and optic nerve is fraught with complications during the intervention, including loss of vision.
Наличие более десятка классификаций каротидно-офтальмических аневризм, использующих различную терминологию, затрудняет сравнение и понимание результатов хирургического лечения открытым доступом.	The presence of more than a dozen classifications of carotid-ophthalmic aneurysms using different terminology complicates comparison and understanding of the results of open surgical treatment.
Предложенная авторами объединенная классификация аневризм офтальмического сегмента внутренней сонной артерии устраняет терминологическую путаность, позволяет прогнозировать особенности хирургической техники для каждого типа аневризм.	The combined classification of aneurysms of the ophthalmic segment of the internal carotid artery proposed by the authors eliminates terminological confusion and allows predicting the features of the surgical technique for each type of aneurysm.

Улучшение результатов хирургического лечения пациентов с церебральными аневризмами, которые относятся к категории сложных, остается актуальной проблемой нейрохирургии. В соответствии с критериями, предложенными L. Sekhar и соавт. [1], R. Hanel и R. Spetzler [2], к сложным относятся: аневризмы со склерозированной и широкой шейкой (соотношение купол/шейка менее 1,5); аневризмы без шейки; аневризмы с внутрипросветными тромбами; аневризмы с функционально значимыми артериями, отходящими от купола; расслаивающие и blisterные аневризмы; аневризмы более 25 мм в диаметре; аневризмы труднодоступной локализации и ранее оперированные аневризмы.

Несмотря на значительный прогресс в диагностике аневризматической болезни головного мозга, связанный с использованием методов компьютерной томографической и магнитно-резонансной ангиографии, усовершенствование внутрисосудистых вмешательств с использованием микроспиралей, стентов и потокперенаправляющих устройств и разработку последующих методов нейрореабилитации, кардинального улучшения результатов лечения пациентов с церебральными аневризмами не достигнуто [3].

Аневризмы, располагающиеся в офтальмическом сегменте внутренней сонной артерии (ВСА), относят к сложным в связи с особенностями их анатомического строения и труднодоступностью для открытой хирургии [4]. Сравнительный анализ результатов хирургического лечения интактных и разорвавшихся офтальмических аневризм не выявляет достоверных различий между открытым клипированием и внутрисосудистым лечением [4–9]. В этой связи вопрос выбора оптимального метода выключения аневризм данной локализации остается открытым.

Каротидно-офтальмические аневризмы занимают около 6% от всех интракраниальных аневризм [10–14]. Для них характерна высокая вариативность строения купола, что создает трудности в статистическом анализе имеющегося клинического материала,

так как используемые исследователями клиничко-анатомические классификации аневризм данной локализации не унифицированы и не сопоставимы друг с другом (рис. 1).

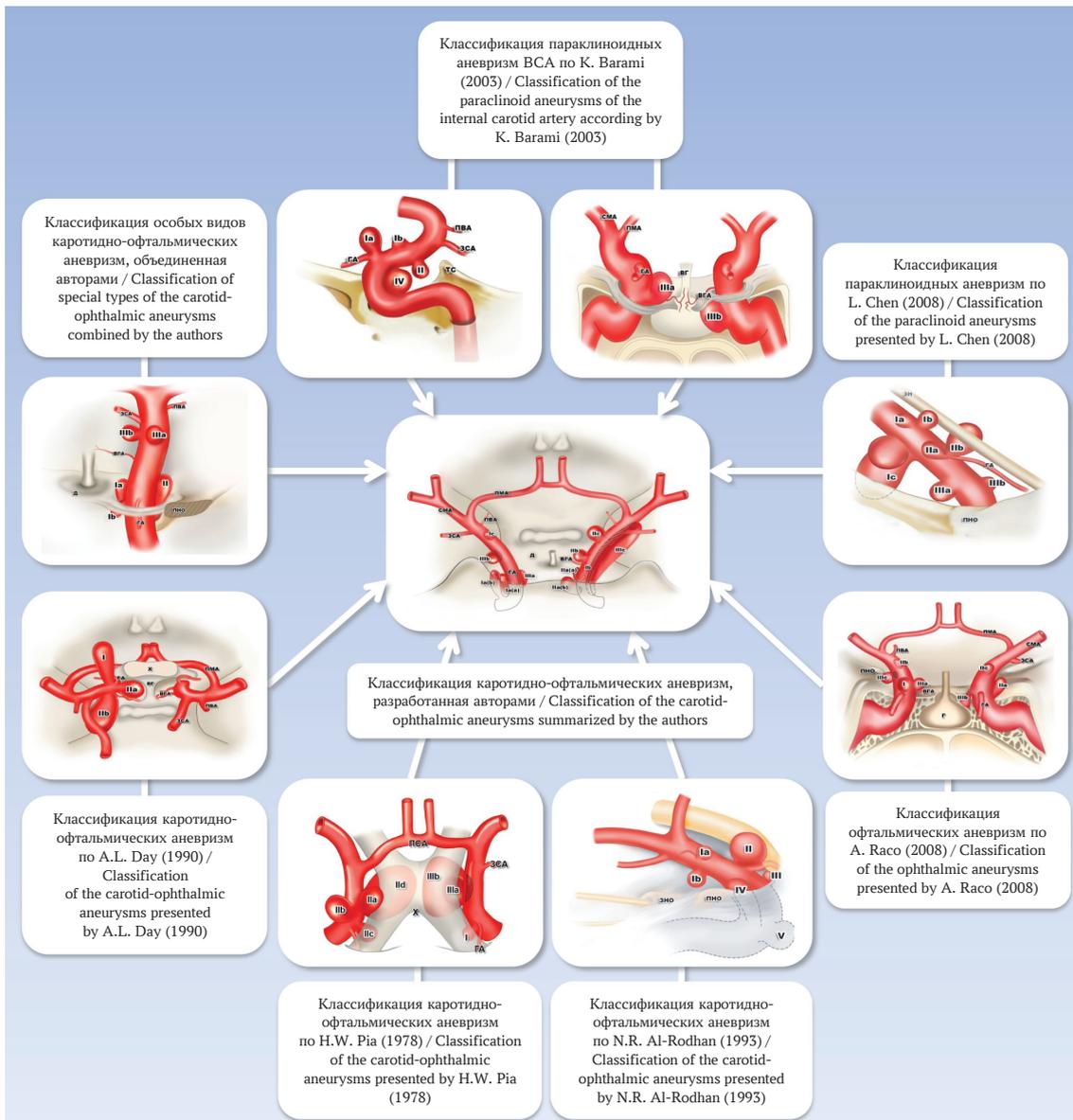
Цель данного обзора — анализ имеющихся клиничко-анатомических классификаций аневризм офтальмического сегмента ВСА с представлением обобщенной классификационной схемы. Поиск классификаций осуществлялся в PubMed без ограничений по году публикации и языку оригинала по ключевым словосочетаниям: “carotid-ophthalmic aneurysm”, “ophthalmic aneurysm”.

### Клиническая анатомия офтальмического сегмента внутренней сонной артерии

Общепризнанные анатомические границы офтальмического сегмента ВСА определены Н. Gibo и соавт. [15], которые выделили в составе супраклиноидной части ВСА три сегмента: офтальмический, коммуникантный и хориоидальный в соответствии с функционально значимыми артериями, отходящими в их пределах. Важной особенностью данной классификации являлось то, что она не шла вразрез с международной анатомической номенклатурой, согласно которой ВСА разделена на шейную, каменистую, пещеристую и мозговую части [16], а лишь уточняла ее в соответствии с запросами клинической практики.

Ряд исследователей, исходя из решаемых ими клинических задач, при описании хода ВСА предложили собственные классификационные схемы, различающиеся обозначением сегментов и их числом [17–21]. На сегодняшний день наиболее употребительной среди нейрохирургов, рентген-хирургов и нейрорентгенологов является классификация А. Bouthillier – J.T. Keller [18], в которой сегменты ВСА подразделяются на: шейный, петрозальный, «рваный», кавернозный, клиноидный, офтальмический и коммуникантный (рис. 2).

Цифровая нумерация сегментов ВСА в данной классификации идет по току крови от сердца,



**РИС. 1.** История создания классификаций каротидно-офтальмических аневризм.

Примечание: ВСА – внутренняя сонная артерия.

**FIG. 1.** History of the creation of carotid-ophthalmic aneurysm classifications.

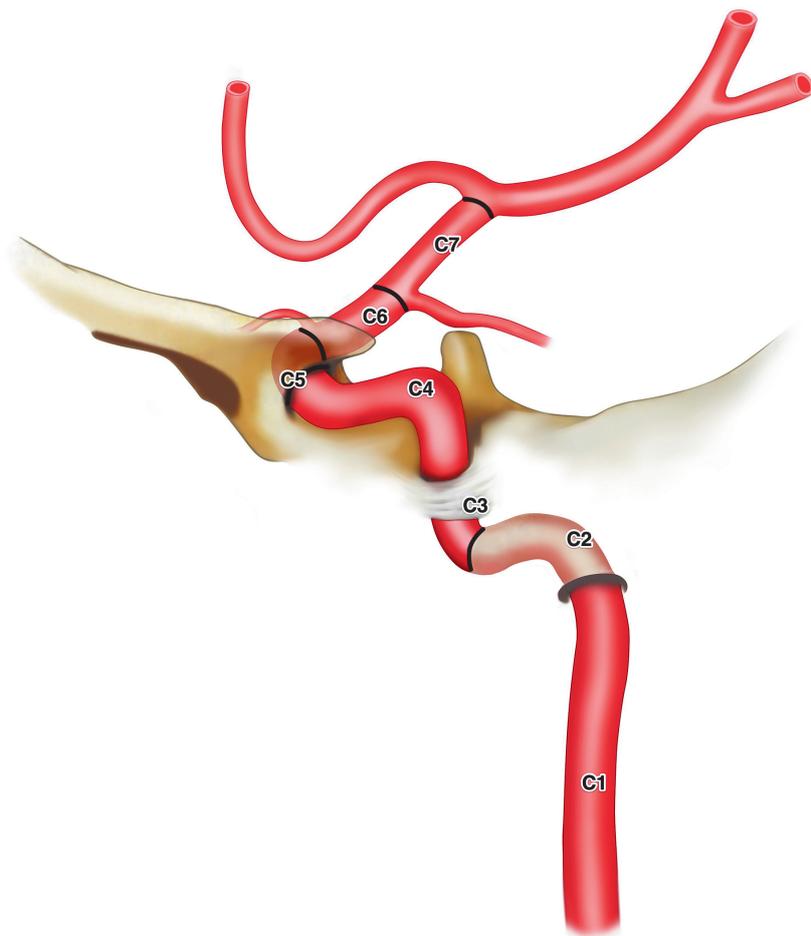
Note: ICA – internal carotid artery.

что унифицирует ее с номенклатурой A.L. Rhoton [22]. Выделение особого «рваного» сегмента, который другими исследователями рассматривается как участок кавернозной части ВСА, не вызывает возражений у большинства нейрохирургов, так как этот сегмент имеет важное прикладное значение при выполнении эндоскопических и открытых операций на наружном основании черепа.

Границы офтальмического сегмента ВСА по A.L. Rhoton и A. Bouthillier – J.T. Keller совпадают: проксимально – это твердая мозговая оболочка, формирующая верхнюю стенку кавернозного синуса (дистальное дуральное кольцо), а дистально – устье задней соединительной артерии [15, 22–25].

Основной ветвью офтальмического сегмента ВСА является глазная артерия (ГА) [15, 23, 26]. В подавляющем большинстве случаев (89%) ГА исходит из супраклиноидного отдела ВСА, точнее выше дистального дурального кольца [15, 22–25]. Однако в связи со сложным, многоступенчатым эмбриогенезом церебральных артерий [27–33] существует ряд альтернативных вариантов отхождения ГА:

- от средней оболочечной артерии с вхождением в орбиту через верхнюю глазничную щель – одновременное кровоснабжение орбиты из наружной и внутренней сонной артерий [28];
- отхождение в толще дурального кольца [34];



**РИС. 2.** Классификация сегментов внутренней сонной артерии по А. Bouthillier – J.T. Keller, 1996 [18].

Примечание: C1 – шейный; C2 – петрозальный; C3 – «рванный»; C4 – кавернозный; C5 – клиновидный; C6 – офтальмический; C7 – коммуникантный.

**FIG. 2.** Classification of the segments of the internal carotid artery presented by A. Bouthillier – J.T. Keller, 1996 [18].

Note: C1 – cervical; C2 – petrous; C3 – lacerum; C4 – cavernous; C5 – clinoid; C6 – ophthalmic; C7 – communicating.

- экстрадуральное отхождение в клиновидном или кавернозном сегменте [29–32].

Крайне редко ГА может отходить от ипсилатеральной передней мозговой артерии [33, 35].

От офтальмического сегмента, помимо ГА, отходят мелкие перфорирующие артерии, кровоснабжающие хиазму, зрительный нерв, преамиллярный отдел III желудочка, зрительный тракт, твердую мозговую оболочку переднего наклоненного отростка, турецкого седла и бугорка турецкого седла. Наиболее крупные ветви, кровоснабжающие воронку гипофиза, номинируются как верхние гипофизарные артерии [15, 23–25]. В казуистических случаях от офтальмического сегмента может отходить ипсилатеральная передняя мозговая артерия [36, 37].

Тактика и техника открытых операций у пациентов с каротидно-офтальмическими аневризмами, которые также именуют параклиноидными [24], определяются местом ее отхождения от ствола ВСА, связью с функционально значимыми ветвями, взаимоотношением с дуральными структурами основания

череп, направлением и размерами купола аневризмы, а также степенью компрессии куполом зрительных путей.

Многими исследователями отмечалось, что место отхождения, форма и направление купола параклиноидной аневризмы часто не соответствует классическим представлениям о формировании аневризм в местах отхождения боковых ветвей и изгибов несущей артерии, что затрудняет их систематизацию [38–40]. Это объясняет факт отсутствия до настоящего времени общепризнанной номенклатуры данной патологии.

#### История создания классификаций каротидно-офтальмических аневризм

Впервые разделение аневризм офтальмического сегмента ВСА по анатомическому признаку было предложено в 1971 г. Р. Kothandaram и соавт. [41] на основе анализа 19 клинических наблюдений. В зависимости от положения купола относительно ипсилатерального зрительного нерва аневризмы

подразделялись на три типа: субхиазмальный, супра-хиазмальный и парахиазмальный [41].

Следующей важной вехой стала классификация аневризм внутренней сонной артерии, предложенная в 1978 г. Н.В. Пиа [42]. Раздел аневризм «офтальмической области» основывался на анализе результатов обследования 19 пациентов с 20 аневризмами. В этой двухуровневой классификации аневризм первоначально подразделялись, исходя из их положения относительно устья ГА. Выделялись инфраофтальмические, супраофтальмические и параофтальмические аневризм. В свою очередь, супраофтальмические аневризм стратифицировались в зависимости от расположения и степени воздействия их купола на зрительные пути на параоптический, супраоптический и инфраоптический типы. Для больших и гигантских аневризм также выделялись супрахиазмальный и инфрахиазмальный варианты (рис. 3).

Среди параофтальмических аневризм выделялись инфраоптический и инфрахиазмальный варианты. Авторами отмечено, что параоптическое и супраоптическое расположение было характерно только для супраофтальмических аневризм. Также указана возможность интраселлярного (субдиафрагмально) расположения параофтальмической аневризм (одно наблюдение), оказывающей воздействие на гипофиз [42].

В 1990 г. А.Л. Дэй [43] представил результаты лечения 80 пациентов с аневризмами офтальмического сегмента ВСА. Автор стратифицировал аневризм на две группы: связанные с устьем ГА и не связанные с ним (аневризм верхней гипофизарной артерии). В рамках второй группы в зависимости от места отхождения и направления купола аневризм, в свою очередь, выделялись супраселлярный и параклиноидный варианты (рис. 4).

В 1994 г. Н.Н. Ватжер и соавт. [44] представили результаты лечения 89 пациентов с параклиноидными аневризмами, которые в соответствии с анатомическими особенностями подразделяли на три группы: каротидно-офтальмическая аневризм, верхние гипофизарные и проксимальные аневризм задней стенки ВСА. Эта классификация *de facto* не отличается от номенклатуры А.Л. Дэй.

### Совершенствование классификаций.

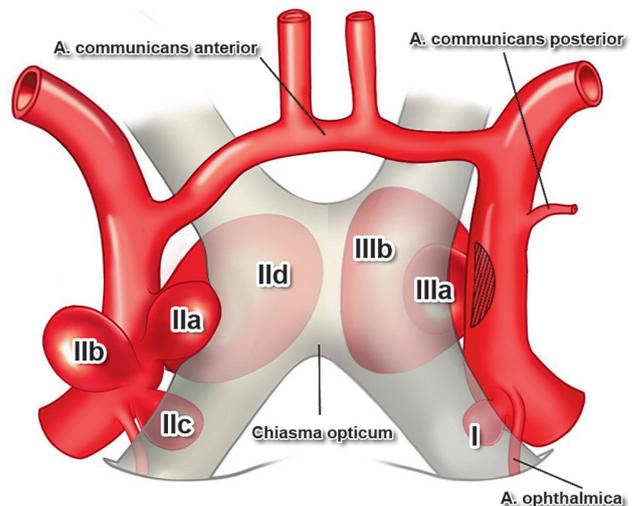
#### Редкие типы офтальмических аневризм

Совершенствование методов лучевой диагностики, наращивание количества выполняемых открытых и внутрисосудистых вмешательств постепенно расширили научные представления об аневризмах офтальмического сегмента ВСА, что привело к выделению новых ее подтипов, расположение и индивидуальная анатомия которых не укладывалась в классификационные схемы, предложенные Н.В. Пиа, А.Л. Дэй и Н.Н. Ватжер. К ним относятся аневризм: ствола ВСА, каротидной пещеры, субклиноидные,

частично интракавернозные и переходные кавернозные аневризм.

На возможность формирования на основном стволе ВСА аневризм, не связанных устьями магистральных боковых ветвей, впервые указал М.Г. Ясаргил, выделивший аневризм верхней стенки и дистальные аневризм медиальной стенки ВСА [11]. Более поздними исследованиями было показано, что аневризм ствола ВСА в 86% случаев являются аневризмами диссекционного или blisterного типа, что создает особые сложности в ходе открытых операций [45].

Термин «аневризм каротидной пещеры» впервые ввели в 1989 г. С. Kobayashi и соавт. для аневризм, исходящих из вентромедиальной поверхности наиболее проксимальной интрадуральной части ВСА [46]. Купол этих аневризм может находиться как интрадурально, в небольшом углублении твердой мозговой оболочки, получившем название каротидной пещеры, или частично интракавернозно (рис. 5). Локализация этих аневризм была четко охарактеризована N.R. Al-Rodhan и соавт. как медиальные инфраофтальмические – супракавернозные аневризм с интрадурально расположенной шейкой



**РИС. 3.** Классификация каротидно-офтальмических аневризм по Н.В. Пиа, 1978 [42]:

I – инфраофтальмические (инфраофтальмические – инфраоптические).

II – супраофтальмические: IIa – супраоптические, IIb – параоптические, IIc – инфраоптические, IId – инфрахиазмальные.

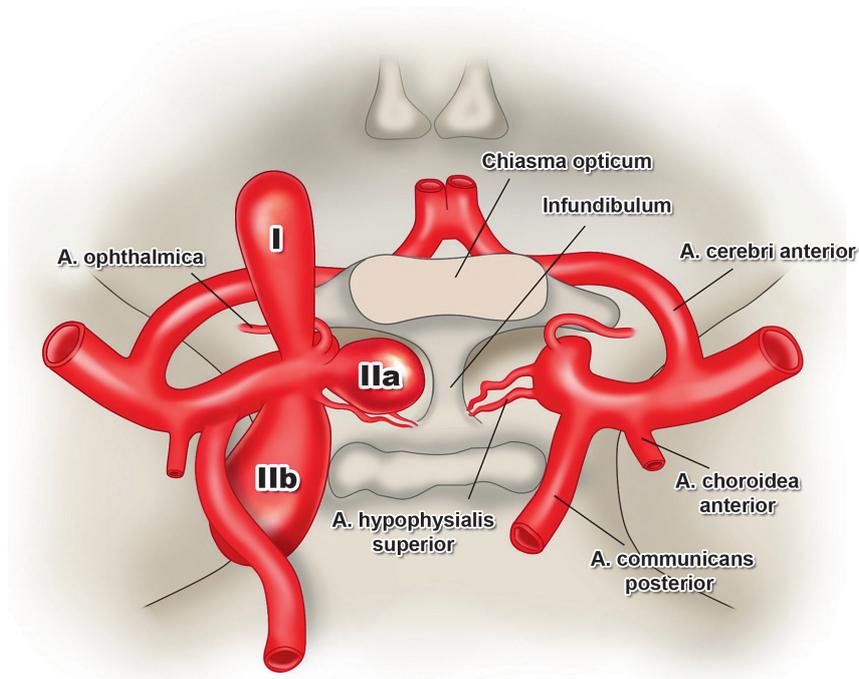
III – параофтальмические (из нижней стенки внутренней сонной артерии): IIIa – инфраоптические, IIIb – инфрахиазмальные.

**FIG. 3.** Classification of the carotid-ophthalmic aneurysms presented by H.W. Pia, 1978 [42]:

I – infraophthalmic (infraophthalmic – infraoptic).

II – supraophthalmic: IIa – supraoptic, IIb – paraoptic, IIc – infraoptic, IId – infrachiasmatic.

III – paraophthalmic (from the inferior wall of the internal carotid artery): IIIa – infraoptic, IIIb – infrachiasmatic.



**РИС. 4.** Классификация каротидно-офтальмических аневризм по A.L. Day, 1990 [43]:

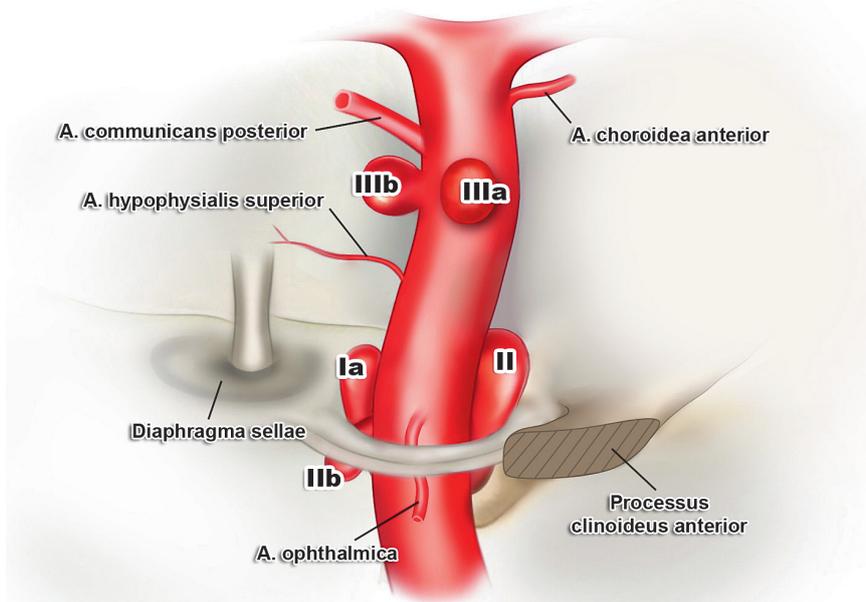
I – аневризмы глазной артерии.

II – аневризмы верхней гипофизарной артерии: IIa – супраселлярные, IIb – параклиноидные.

**FIG. 4.** Classification of the carotid-ophthalmic aneurysms presented by A.L. Day, 1990 [43]:

I – ophthalmic artery aneurysms.

II – superior hypophyseal artery aneurysms: IIa – suprasellar, IIb – paraclinoid.



**РИС. 5.** Классификация особых видов каротидно-офтальмических аневризм, объединенная авторами S. Kobayashi, 1989 [46], K. Korosue и R.C. Heros, 1992 [48], N.R. Al-Rodhan, 1993 [47], S.L. Nutik, 2003 [49]:

I – аневризмы каротидной пещеры: Ia – интрадуральные, Ib – интрадурально-интракавернозные.

II – субклиноидные аневризмы.

III – каротидно-офтальмические аневризмы ствола внутренней сонной артерии: IIIa – дорсальной поверхности, IIIb – медиальной поверхности.

**FIG. 5.** Classification of special types of the carotid-ophthalmic aneurysms united by authors S. Kobayashi, 1989 [46], K. Korosue & R.C. Heros, 1992 [48], N.R. Al-Rodhan, 1993 [47], S.L. Nutik, 2003 [49]:

I – carotid cave aneurysms: Ia – intradural, Ib – intradural-intracavernous.

II – subclinoid aneurysms.

III – carotid-ophthalmic aneurysms of the trunk of the internal carotid artery: IIIa – dorsal surface, IIIb – medial surface.

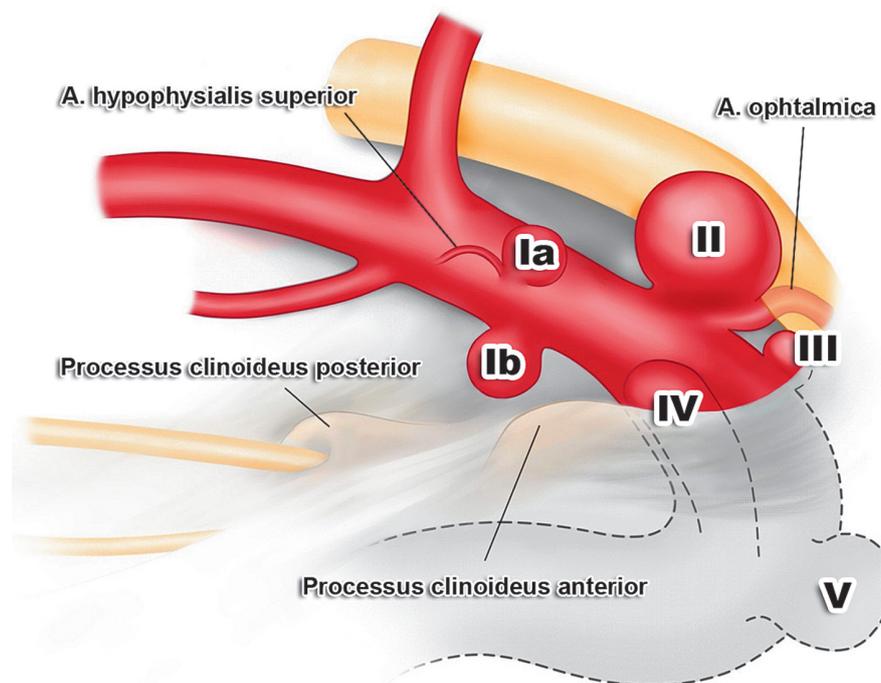
и интрадуральным или интракавернозным расположением купола [47].

Понятие «субклиноидные аневризмы» впервые ввели в 1992 г. К. Korosue и R.C. Heros [48]. Детальный анализ аневризм данного типа сделал S.L. Nutik [49], который определил их как редкий вариант мешотчатых аневризм латеральной поверхности ВСА, прилегающей к переднему наклоненному отростку. Шейка и часть купола субклиноидных аневризм располагаются в клиноидном сегменте, а основная часть купола – интрадурально. Отличительной особенностью этих аневризм является отсутствие связи шейки с устьем ГА (рис. 5).

Аневризмы вентральной (нижней) поверхности ВСА с частично интракавернозным расположением впервые были описаны S.L. Nutik в 1978 г. [50]. Особенностью этих аневризм является их отхождение от нижней поверхности ВСА без связи с функционально значимыми артериями. Их шейка может располагаться интра- или экстраинтрадурально, а купол интрадурально или интрадурально-интракавернозно [50].

В 1993 г. в работе N.R. Al-Rodhan и соавт. [47] была представлена классификация аневризм клиноидной области ВСА (рис. 6). В ней с анатомических позиций четко выделено пять групп. Первая – супраофтальмические-инфракоммуникантные, в составе которой выделены две подгруппы: Ia – верхние гипофизарные и Ib – вентральные параклиноидные аневризмы. Вторая группа – офтальмические (связанные с устьем ГА). Третья – инфраофтальмические-супракавернозные (аневризмы каротидной пещеры). Четвертая группа – переходные кавернозные (шейка аневризмы располагается внутрикавернозно, а купол интрадурально). И пятая группа – кавернозные (вся аневризма располагается внутри кавернозного синуса).

Несколько позже, в 1997 г., G. Fries и соавторы в ходе анализа результатов лечения 51 пациента с каротидно-офтальмическими аневризмами, помимо аневризм задней стенки ВСА, глазной и верхней гипофизарной артерий, также выделили особую группу частично интракавернозных аневризм без их четкой анатомической характеристики [51]. В этом



**РИС. 6.** Классификация каротидно-офтальмических аневризм по N.R. Al-Rodhan, 1993 [47]:

- Ia – верхние гипофизарные аневризмы.
- Ib – вентральные параклиноидные аневризмы.
- II – аневризмы глазной артерии.
- III – аневризмы каротидной пещеры.
- IV – переходные кавернозные аневризмы.
- V – кавернозные аневризмы.

**FIG. 6.** Classification of the carotid-ophthalmic aneurysms presented by N.R. Al-Rodhan 1993 [47]:

- Ia – superior hypophyseal aneurysms.
- Ib – ventral paraclinoid aneurysms.
- II – ophthalmic artery aneurysms.
- III – carotid cave aneurysms.
- IV – transitional cavernous aneurysms.
- V – cavernous aneurysms.

же году Т. Ohmoto и соавт. предложили отнести к переходным кавернозным аневризмам не только пациентов с IV группой аневризм по N.R. Al-Rodhan, но и все случаи частично интракавернозных аневризм – когда шейка располагается интрадурально, а купол распространяется экстрадурально, и наоборот [52].

В 1998 г. О. De Jesus и соавт. опубликовали результаты лечения 28 пациентов с клиноидными и параклиноидными аневризмами [53]. Клиноидные аневризмы в зависимости от места отхождения и направления купола подразделялись на передние, медиальные и латеральные. Параклиноидные аневризмы авторы стратифицировали в соответствии с классификацией Н.Н. Batjer, 1994 год [44].

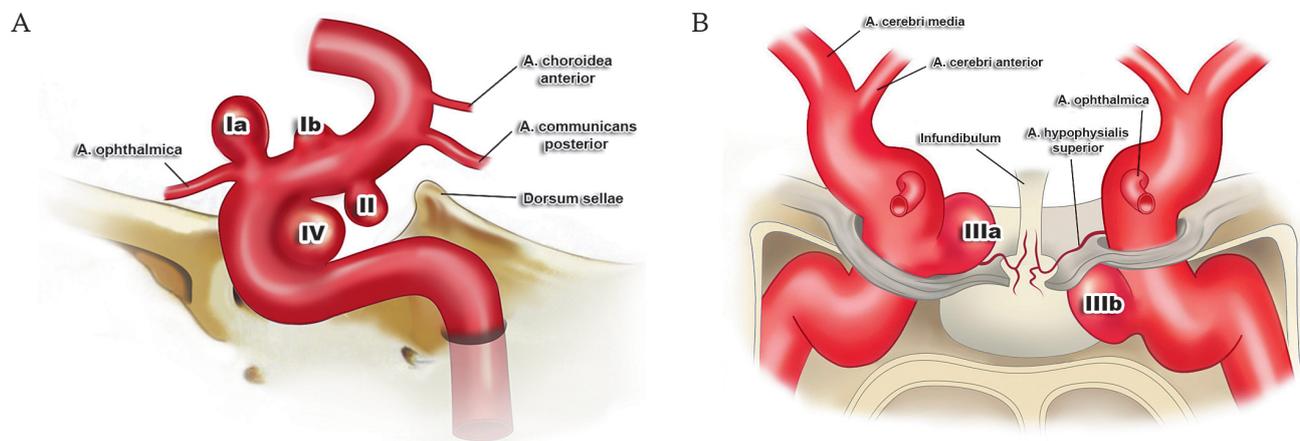
В 1997 г. Y. Kumon и соавт. [54] на основании детального анализа 15 пациентов выделили пять групп параклиноидных аневризм: латерохиазмальные, супрахиазмальные, субхиазмальные (отходящие от медиальной поверхности ВСА дистальнее устья ГА), параклиноидные (отходящие от нижней поверхности ВСА) и аневризмы каротидной пещеры.

В 2002 г. Y. Tanaka и соавт. [39] представили клинико-радиометрический анализ результатов лечения 85 пациентов, в ходе которого стратифицировали параклиноидные аневризмы данной локализации в зависимости от проекции их купола на боковых ангиограммах на передний наклоненный отросток на супраклиноидные, клиноидные и инфраклиноидные. В ходе исследования также анализировалась связь шейки аневризм с устьями глазной и верхней

гипофизарной артерией, а также от направления купола аневризмы на ангиограммах в прямой проекции.

Значимым событием в вопросе систематизации параклиноидных аневризм стала работа К. Barami и соавт. 2003 г. [55], основанная на анализе 61 пациента. В зависимости от места отхождения и направления купола аневризм были разделены на четыре типа. Аневризмы первого типа исходят из дорсальной (верхней, передней) поверхности ВСА и имеют верхнее направление купола, среди них выделяется два подтипа: Ia – связанные с устьем ГА, Ib – не связанные с ветвями ВСА (нередко бывают блистерными). Отходящие от вентральной (нижней, задней) поверхности ВСА и не имеющие связи с ее ветвями аневризмы, имеющие направленный вниз к кавернозному синусу купол, отнесены ко второму типу. Аневризмы третьего типа возникают из медиальной стенки ВСА: IIIa – связанные с устьем верхней гипофизарной артерии, IIIb – не связанные с ветвями ВСА, располагающиеся ниже диафрагмы турецкого седла (субдиафрагмальные). Большие аневризмы, исходящие одновременно из клиноидного и параклиноидного сегментов, вызывающие дилатацию дистального дуального кольца, отнесены к четвертому типу (рис. 7).

В 2005 г. N. Andaluz и соавт. на основании анализа 78 пациентов и литературных данных предложили разделить параклиноидные аневризмы на четыре типа [56]: I тип – аневризмы ГА с дорсальным направлением купола, II тип – аневризмы ГА с медиальным



**РИС. 7.** Классификация параклиноидных аневризм внутренней сонной артерии по К. Barami, 2003 [55]: А – дорсальная и вентральная поверхность; В – медиальная поверхность.

Аневризмы первого типа: Ia и Ib.

Аневризмы второго типа: II.

Аневризмы третьего типа: IIIa (верхней гипофизарной артерии) и IIIb (субдиафрагмальные).

Аневризмы четвертого типа: IV.

**FIG. 7.** Classification of the paraclinoid aneurysms of the internal carotid artery by K. Barami, 2003 [55]: A – dorsal and ventral surface; B – medial surface.

Type I aneurysms: Ia, Ib.

Type II aneurysms.

Type III aneurysms: IIIa (superior hypophyseal artery), IIIb (infradiaphragmatic).

Type IV aneurysms.

направлением купола, III тип – аневризмы верхней гипофизарной артерии с супраселлярным направлением купола и IV тип – аневризмы верхней гипофизарной артерии с параклиноидным (вентральным) направлением купола

В 2008 г. L. Chen и соавт. [57] модифицировали классификацию N.R. Al-Rodhan. Параклиноидные аневризмы были разделены на 3 группы: супраофтальмические (отходящие от ствола ВСА дистальнее устья ГА), офтальмические (связанные с устьем ГА) и инфраофтальмические (отходящие от ВСА, на участке между устьем ГА и дуральным кольцом). В первой группе выделялось два подтипа: с верхним направлением купола (верхние) и нижним направлением купола (вентральные). Авторы указывают, что в ряде случаев часть купола вентральных аневризм может располагаться внутрикавернозно (рис. 8).

В этом же году А. Расо и соавт. [58] классифицировали офтальмические аневризмы в зависимости от места их отхождения на стволе ВСА. Группа I состояла из аневризм, исходящих из переднемедиальной поверхности офтальмического сегмента ВСА в непосредственной близости от устья ГА. В группу II включены аневризмы, исходящие из передней и переднелатеральной поверхности ВСА вне связи с ее ветвями. Эти аневризмы были разделены на три подтипа: IIa – субклиноидные мешотчатые, IIb – blisterные или диссекционные, IIc – дистальные мешотчатые переднелатеральной поверхности ВСА. Группа III состояла из аневризм, исходящих из медиальной и задней поверхностей офтальмического сегмента ВСА. Дополнительно выделялись аневризмы верхней гипофизарной артерии, каротидной пещеры и задней стенки ВСА (рис. 9).

Более простую классификацию предложили А. Krisht и соавт. [59, 60]. В ней выделяются: верхние параклиноидные (истинные офтальмические) аневризмы, нижние параклиноидные (вентральные) аневризмы, латеральные (субклиноидные) аневризмы и медиальные параклиноидные аневризмы (верхней гипофизарной артерии и каротидной пещеры).

В 2017 г. О.Д. Шехтман и соавт. [35] предложили классификацию больших и гигантских аневризм ВСА, в которой выделили особый фузиформный или пансегментарный тип аневризм.

Завершающей классификацией, найденной в доступной нам литературе на момент написания статьи, является классификация 2019 г. Т. Kamide и соавт. [24], в которой выделено 6 групп аневризм: ГА, верхней гипофизарной артерии, каротидной пещеры, дорсальной, вентральной поверхностей ВСА и клиноидные (субклиноидные).

**Обобщенная классификационная схема**

Несмотря на кажущееся многообразие вышеперечисленных классификаций, в них больше сходства,

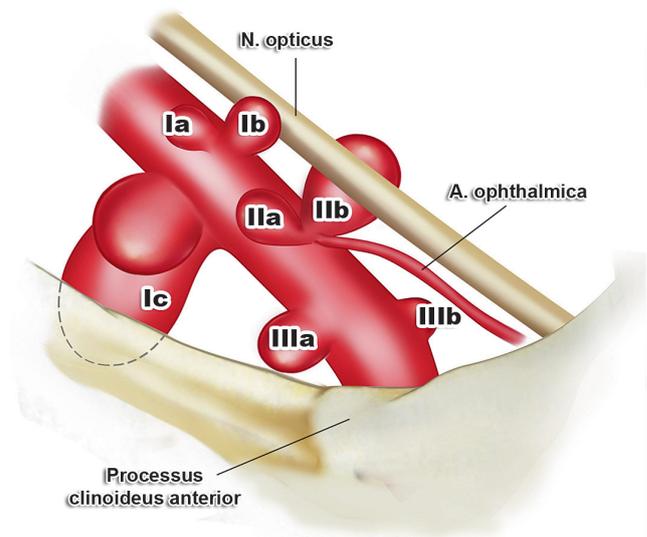
чем различий. В большинстве из них выделяется три ключевых типа аневризм:

- связанные с устьем ГА;
- медиальной поверхности ВСА;
- вентральной (нижней) поверхности ВСА.

Помимо этого, некоторые авторы внесли в классификационные схемы особые типы аневризм, локализующиеся в зоне перехода экстрадуральной части ВСА в интрадуральную [24, 47, 50, 54, 55], а также аневризмы основного ствола ВСА, не связанные с устьями ее боковых ветвей [24, 55].

Все аневризмы, располагающихся на границе экстра- и интрадуральных участков ВСА в тесной связи с дистальным дуральным кольцом и структурами кавернозного синуса, на наш взгляд, целесообразно рассматривать в рамках единой группы переходных аневризм. К этой группе можно отнести: отходящие от латеральной поверхности ВСА субклиноидные и переходные кавернозные аневризмы; исходящие из медиальной поверхности ВСА аневризмы каротидной пещеры и субдиафрагмальные, а также аневризмы вентральной поверхности ВСА с частично интракавернозным расположением [60, 61].

В качестве отдельной подгруппы каротидно-офтальмических аневризм также необходимо выделить аневризмы ствола ВСА в связи с высокой частотой их встречаемости среди них blisterных

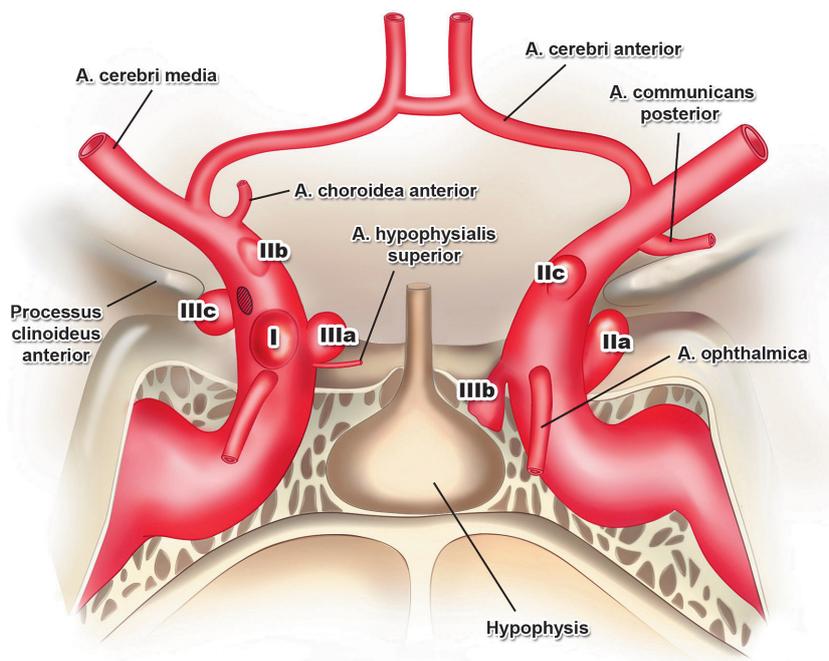


**РИС. 8.** Классификация параклиноидных аневризм по L. Chen, 2008 [57]:

- I. Супраофтальмические: Ia – верхние; Ib – вентральные; Ic – вентральные частично внутрикавернозные.
- II. Офтальмические: IIa; IIb.
- III. Инфраофтальмические: IIIa; IIIb.

**FIG. 8.** Classification of the paraclinoid aneurysms presented by L. Chen, 2008 [57]:

- I. Supraophthalmic: Ia – superior; Ib – ventral; Ic – ventral partially intracavernous.
- II. Ophthalmic: IIa; IIb.
- III. Infraophthalmic: IIIa; IIIb.



**Рис. 9.** Классификация офтальмических аневризм по А. Расо, 2008 [58]:

Группа I – каротидно-офтальмическая аневризма глазной артерии.

Группа II – каротидно-офтальмическая аневризма передней и латеральной поверхностей внутренней сонной артерии: IIa – субклиноидные мешотчатые аневризмы; IIb – blisterные аневризмы; IIc – дистальные мешотчатые аневризмы.

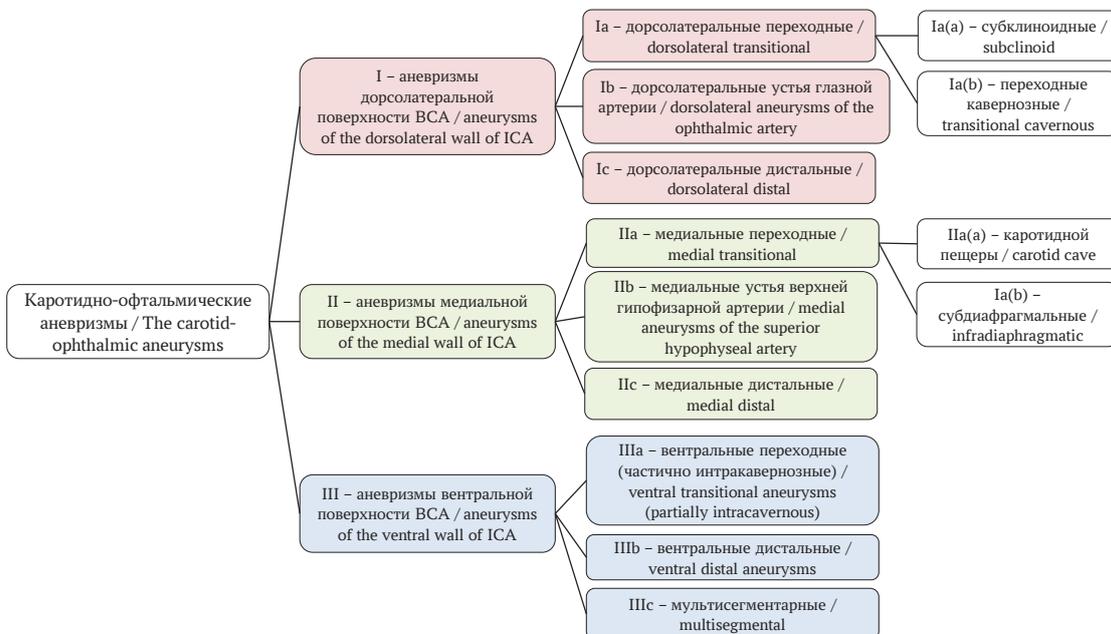
Группа III – каротидно-офтальмическая аневризма медиальной и задней поверхностей внутренней сонной артерии: IIIa – верхней гипофизарной артерии; IIIb – каротидной пещеры; IIIc – задней стенки внутренней сонной артерии.

**FIG. 9.** Classification of the ophthalmic aneurysms presented by A. Raco, 2008 [58]:

Group I aneurysm – carotid-ophthalmic aneurysm of the ophthalmic artery.

Group II aneurysm – carotid-ophthalmic aneurysm of the anterior and lateral wall of internal carotid artery: IIa – subclinoid saccular aneurysms; IIb – blisterlike aneurysms; IIc – distal saccular aneurysms.

Group III aneurysm – carotid-ophthalmic aneurysm of the posterior and medial wall of internal carotid artery: IIIa – superior hypophyseal artery; IIIb – carotid cave; IIIc – posterior carotid wall.

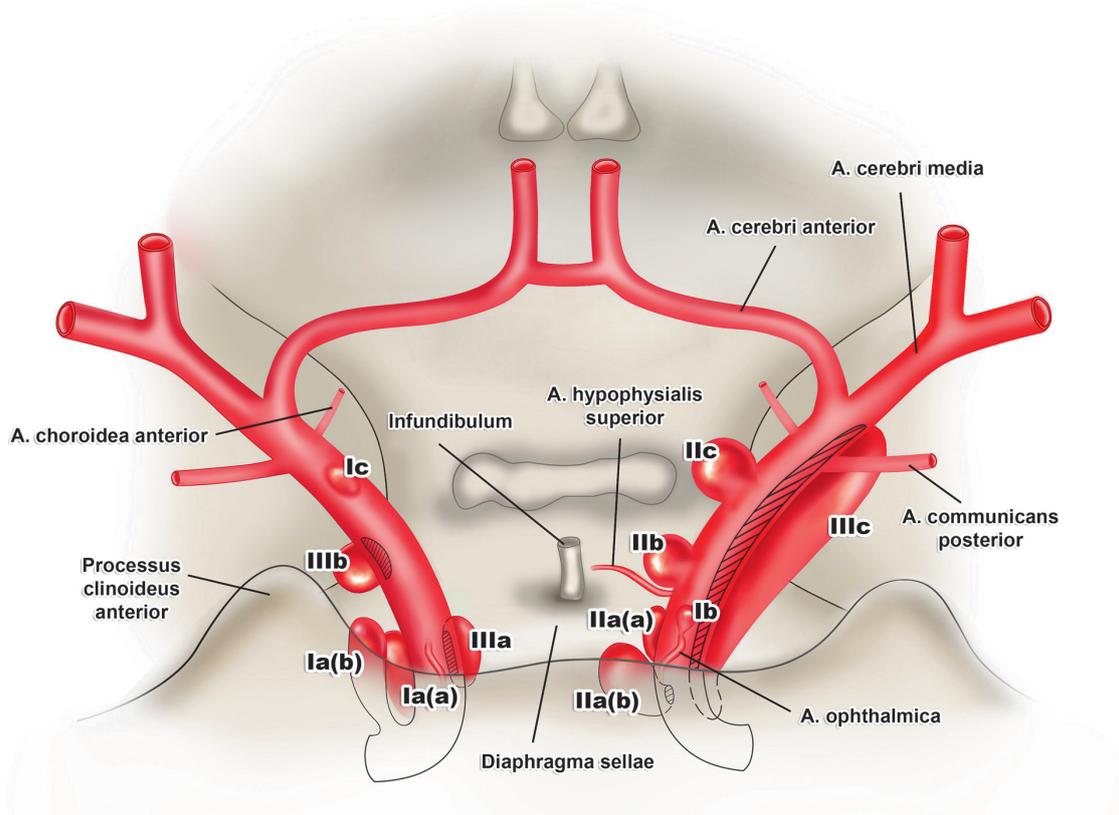


**Рис. 10.** Схема классификации каротидно-офтальмических аневризм, обобщенная авторами, 2024.

Примечание: ВСА – внутренняя сонная артерия.

**FIG. 10.** Classification scheme of the carotid-ophthalmic aneurysms summarized by the authors, 2024.

Note: ICA – internal carotid artery.



**РИС. 11.** Схема мест типичного расположения каротидно-офтальмических аневризм, обобщенная авторами (2024):

- I группа – аневризмы дорсолатеральной поверхности внутренней сонной артерии:
  - Ia – дорсолатеральные переходные: Ia(a) – субклиноидные, Ia(b) – переходные кавернозные;
  - Ib – дорсолатеральные устья глазной артерии;
  - Ic – дорсолатеральные дистальные (ствола внутренней сонной артерии).
- II группа – аневризмы медиальной поверхности внутренней сонной артерии:
  - IIa – медиальные переходные: IIa(a) – каротидной пещеры, IIa(b) субдиафрагмальные;
  - IIb – медиальные устья верхней гипофизарной артерии;
  - IIc – медиальные дистальные (ствола внутренней сонной артерии).
- III группа – аневризмы вентральной поверхности внутренней сонной артерии:
  - IIIa – вентральные переходные (частично интракавернозные);
  - IIIb – вентральные дистальные;
  - IIIc – мультисегментарные.

**FIG. 11.** Scheme of typical locations of carotid-ophthalmic aneurysms summarized by the authors (2024):

- Group I – aneurysms of the dorsolateral wall of internal carotid artery:
  - Ia – dorsolateral transitional aneurysms: Ia(a) – subclinoid, Ia(b) – transitional cavernous;
  - Ib – dorsolateral aneurysms of the ophthalmic artery;
  - Ic – dorsolateral distal aneurysms (trunk of the internal carotid artery).
- Group II – aneurysms of the medial wall of internal carotid artery:
  - IIa – medial transitional aneurysms: IIa(a) – carotid cave, IIa(b) – infradiaphragmatic;
  - IIb – medial aneurysms of the superior hypophyseal artery;
  - IIc – medial distal aneurysms (trunk of the internal carotid artery).
- Group III – aneurysms of the ventral wall of internal carotid artery:
  - IIIa – ventral transitional aneurysms (partially intracavernous);
  - IIIb – ventral distal aneurysms;
  - IIIc – multisegmental.

и диссекционных аневризм, требующих особого подхода в хирургическом лечении.

В данной работе представлена обобщенная классификационная схема, в которой выделяются три группы офтальмических аневризм, каждая из которых подразделяется на три подтипа (рис. 10, 11).

Представленная обобщенная классификационная схема содержит ключевые варианты расположения аневризм офтальмического сегмента ВСА, описанные в научной литературе. При ее разработке использован мнемонический прием структурирования информации 3 по 3, что делает ее простой

для запоминания и интуитивно понятной. Данная классификация может использоваться для систематизации клинических и диагностических данных врачами разных специальностей, а также для детальной проработки хирургических алгоритмов выполнения проксимального контроля, выделения и клипирования аневризмы каждого подтипа.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Вопрос анатомической унификации параclinoidных аневризм имеет большое значение, так как выделение каждого подтипа аневризм *de facto* означает наличие существенных различий в технике их выключения: методов профилактики возможного кровотечения, объеме выполняемой диссекции структур

## ВКЛАД АВТОРОВ

И.Н. Север провела поиск и анализ данных литературы. А.Е. Герасюта выполнила иллюстрации. Д.В. Литвиненко написал текст и провел редактирование рукописи. В.В. Ткачев разработал концепцию научной работы, провел редактирование текста с внесением ценного интеллектуального содержания. Все авторы утвердили окончательную версию статьи.

## ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Sekhar L.N., Kalavakonda C. Cerebral revascularization for aneurysms and tumors. *Neurosurgery*. 2002 Feb; 50(2): 321–331. <https://doi.org/10.1097/00006123-200202000-00014>. PMID: 11844267
2. Hanel R.A., Spetzler R.F. Surgical treatment of complex intracranial aneurysms. *Neurosurgery*. 2008 Jun; 62(6 Suppl 3): 1289–1297; discussion 1297–1299. <https://doi.org/10.1227/01.neu.0000333794.13844.d9>. PMID: 18695549
3. Крылов В.В., Дашьян В.Г., Винокуров А.Г. и др. Микрохирургия аневризм сосудов головного мозга. АБВ-пресс, 2022; 856 с. ISBN 978-56046462-2-9. EDN: IVKOCL / Krylov V.V., Dashyan V.G., Vinokurov A.G., et al. *Microsurgery of cerebral aneurysms*. ABV-press, 2022; 856 p. (In Russian). ISBN 978-56046462-2-9. EDN: IVKOCL
4. Kosty J.A., Andaluz N.O., Gozal Y.M., et al. Microsurgical treatment for unruptured intracranial aneurysms: a modern single surgeon series. *Br J Neurosurg*. 2019 Jun; 33(3): 322–327. <https://doi.org/10.1080/02688697.2018.1527286>. Epub 2018 Nov 19. PMID: 30451001
5. Asaid M., O'Neill A.H., Bervini D., et al. Unruptured paraclinoid aneurysm treatment effects on visual function: systematic review and meta-analysis. *World Neurosurg*. 2017 Oct; 106: 322–330. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2017.06.135>. Epub 2017 Jun 30. PMID: 28669879
6. Moon E., Park W., Song Y., et al. Mass effect after flow diversion for unruptured large and giant cavernous or paraclinoid internal carotid artery aneurysm. *World Neurosurg*. 2023 Dec; 180: e108–e116. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2023.08.129>. Epub 2023 Sep 9. PMID: 37690582
7. Feng G.J., Gao F., Huang X.Y., et al. Efficacy and safety of endovascular coiling vs surgical clipping for patients with ruptured carotid-ophthalmic aneurysm: A protocol for systematic review and meta-analysis. *Medicine (Baltimore)*. 2020 Nov 20; 99(47): e23235. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000023235>. PMID: 33217840
8. Touzé R., Gravellier B., Rolla-Bigliani C., et al. Occlusion rate and visual complications with flow-diverter stent placed across the ophthalmic artery's origin for carotid-ophthalmic aneurysms:

основания черепа (вскрытие только мембранозной части зрительного канала, резекция верхней стенки зрительного канала, резекция переднего наклоненного отростка или диссекция кавернозного синуса с мобилизацией ВСА из дистального дурального кольца), алгоритмов арахноидальной диссекции и способа окончательного клипирования аневризмы.

Анализ расположения и размеров аневризмы позволяет прогнозировать риск развития зрительных нарушений и вынужденного треппинга внутренней сонной артерии, целесообразность выполнения превентивного обходного шунтирования, а в ряде случаев аргументированно отказаться от открытой хирургии в пользу внутрисосудистого вмешательства.

## AUTHOR CONTRIBUTIONS

Irina N. Sever conducted the search and analysis of literature data. Anna E. Gerasyuta performed illustrations. Dmitry V. Litvinenko wrote the text and edited the manuscript. Vyacheslav V. Tkachev developed the concept of scientific work, edited the text with the introduction of valuable intellectual content. All authors approved the final version of the article.

- a meta-analysis. *Neurosurgery*. 2020 Apr 1; 86(4): 455–463. <https://doi.org/10.1093/neuros/nyz202>. PMID: 31215625
9. Falk Delgado A., Andersson T., Falk Delgado A. Ruptured carotid-ophthalmic aneurysm treatment: a non-inferiority meta-analysis comparing endovascular coiling and surgical clipping. *Br J Neurosurg*. 2017 Jun; 31(3): 345–349. <https://doi.org/10.1080/02688697.2017.1297371>. Epub 2017 Mar 2. PMID: 28637115
10. Sengupta R.P., Gryspeerdt G.L., Hankinson J. Carotid-ophthalmic aneurysms. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 1976 Sep; 39(9): 837–853. <https://doi.org/10.1136/jnnp.39.9.837>. PMID: 993805
11. Yasargil M.G., Gasser J.C., Hodosh R.M., Rankin T.V. Carotid-ophthalmic aneurysms: direct microsurgical approach. *Surg Neurol*. 1977 Sep; 8(3): 155–165. PMID: 897986
12. Dolenc V.V. A combined epi- and subdural direct approach to carotid-ophthalmic artery aneurysms. *J Neurosurg*. 1985 May; 62(5): 667–672. <https://doi.org/10.3171/jns.1985.62.5.0667>. PMID: 3989589
13. Kawashima M., Matsushima T., Miyazono M., et al. Two surgical cases of internal carotid-ophthalmic artery aneurysms: special reference to the usefulness of three-dimensional CT angiography. *Neurol Res*. 2002 Dec; 24(8): 825–828. <https://doi.org/10.1179/016164102101200807>. PMID: 12500708
14. Locksley H.B. Natural history of subarachnoid hemorrhage, intracranial aneurysms and arteriovenous malformations. Based on 6368 cases in the cooperative study. *J Neurosurg*. 1966; 25(2): 219–239. <https://doi.org/10.3171/jns.1966.25.2.0219>. PMID: 5911370
15. Gibo H., Lenkey C., Rhoton A.L. Jr. Microsurgical anatomy of the supraclinoid portion of the internal carotid artery. *J Neurosurg*. 1981 Oct; 55(4): 560–574. <https://doi.org/10.3171/jns.1981.55.4.0560>. PMID: 7277004
16. Колесников Л.Л. Terminologia anatomica. Медицина. 2003; 424 с. ISBN 5-225-04765-3. EDN: QKMADX / Kolesnikov L.L. *Terminologia anatomica*. Medicine. 2003; 424 p. (In Russian). ISBN 5-225-04765-3. EDN: QKMADX
17. Fischer E. Die Lageabweichungen der vorderen hirnarterie im crefassbild. / The positional deviations of the anterior cerebral

- artery in angiograms (In German). *Zentralbl Neurochir* 1938; 3: 300–313.
18. *Bouthillier A., van Loveren H.R., Keller J.T.* Segments of the internal carotid artery: a new classification. *Neurosurgery*. 1996 Mar; 38(3): 425–432; discussion 432–433. <https://doi.org/10.1097/00006123-199603000-00001>. PMID: 8837792
  19. *Labib M., Prevedello D., Carrau R., et al.* A road map to the internal carotid artery in expanded endoscopic endonasal approaches to the ventral cranial base. *Neurosurgery* 2014 Sep; 10 Suppl 3: 448–471; discussion 471. <https://doi.org/10.1227/NEU.0000000000000362>. PMID: 24717685
  20. *Abdulrauf S.I., Ashour A.M., Marvin E., et al.* Proposed clinical internal carotid artery classification system. *J Craniovertebr Junction Spine*. 2016 Jul-Sep; 7(3): 161–170. <https://doi.org/10.4103/0974-8237.188412>. Erratum in: *J Craniovertebr Junction Spine*. 2017 Jan-Mar; 8(1): 84. <https://doi.org/10.4103/0974-8237.199897>. PMID: 27630478; PMCID: PMC4994148
  21. *Wanibuchi M., Friedman A.H., Fukushima T.* Photo atlas of skull base dissection: techniques and operative approaches. *Ann R Coll Surg Engl*. 2010 Nov; 92(8): 717. <https://doi.org/10.1308/003588410X12771863937403a>. PMCID: PMC3229394
  22. *Rhoton A.L. Jr.* The supratentorial arteries. *Neurosurgery*. 2002 Oct; 51(4 Suppl): S53–120. PMID: 12234447
  23. *Seoane E., Rhoton A.L. Jr., de Oliveira E.* Microsurgical anatomy of the dural collar (carotid collar) and rings around the clinoid segment of the internal carotid artery. *Neurosurgery*. 1998 Apr; 42(4): 869–884; discussion 884–886. <https://doi.org/10.1097/00006123-199804000-00108>. PMID: 9574652
  24. *Kamide T., Burkhardt J.K., Tabani H., et al.* Microsurgical clipping techniques and outcomes for paraclinoid internal carotid artery aneurysms. *Oper Neurosurg (Hagerstown)*. 2020 Feb 1; 18(2): 183–192. <https://doi.org/10.1093/ons/opa157>. PMID: 31515556
  25. *Renn W.H., Rhoton A.L. Jr.* Microsurgical anatomy of the sellar region. *J Neurosurg*. 1975 Sep; 43(3): 288–298. <https://doi.org/10.3171/jns.1975.43.3.0288>. PMID: 1151464
  26. *Reisch R., Vutskits L., Filippi R., et al.* Topographic microsurgical anatomy of the paraclinoid carotid artery. *Neurosurg Rev*. 2002 Jun; 25(3): 177–183. <https://doi.org/10.1007/s10143-001-0192-7>. PMID: 12135232
  27. *Naeini R.M., De J., Satow T., Benndorf G.* Unilateral agenesis of internal carotid artery with ophthalmic artery arising from posterior communicating artery. *AJR Am J Roentgenol*. 2005 Feb; 184(2): 571–573. <https://doi.org/10.2214/ajr.184.2.01840571>. PMID: 15671382
  28. *Liu Q., Rhoton A.L. Jr.* Middle meningeal origin of the ophthalmic artery. *Neurosurgery*. 2001 Aug; 49(2): 401–406; discussion 406–407. <https://doi.org/10.1097/00006123-200108000-00025>. PMID: 11504116
  29. *Lasjaunias P., Moret J., Manelfe C., et al.* Arterial anomalies at the base of the skull. *Neuroradiology*. 1977 Jul 29; 13(5): 267–272. <https://doi.org/10.1007/BF00347072>. PMID: 896036
  30. *Lombardi G.* Ophthalmic artery anomalies. *Ophthalmologica*. 1969; 157(5): 321–327. <https://doi.org/10.1159/000305676>. PMID: 5779308
  31. *Vignaud J., Hasso A.N., Lasjaunias P., Clay C.* Orbital vascular anatomy and embryology. *Radiology*. 1974 Jun; 111(3): 617–626. <https://doi.org/10.1148/111.3.617>. PMID: 4828995
  32. *Willinsky R., Lasjaunias P., Berenstein A.* Intracavernous branches of the internal carotid artery (ICA). Comprehensive review of their variations. *Surg Radiol Anat*. 1987; 9(3): 201–215. <https://doi.org/10.1007/BF02109631>. PMID: 3122341
  33. *Hamada J., Kitamura I., Kurino M., et al.* Abnormal origin of bilateral ophthalmic arteries. Case report. *J Neurosurg*. 1991 Feb; 74(2): 287–289. <https://doi.org/10.3171/jns.1991.74.2.0287>. PMID: 1988601
  34. *Indo M., Oya S., Tanaka M., Matsui T.* High incidence of ICA anterior wall aneurysms in patients with an anomalous origin of the ophthalmic artery: possible relevance to the pathogenesis of aneurysm formation. *J Neurosurg*. 2014 Jan; 120(1): 93–98. <https://doi.org/10.3171/2013.9.JNS131030>. Epub 2013 Nov 1. PMID: 24180574
  35. *Шехтман О.Д., Элиава Ш.Ш., Пилипенко Ю.В., Коновалов А.Н.* К вопросу о классификации больших и гигантских параклиноидных аневризм внутренних сонных артерий. Журнал «Вопросы нейрохирургии» имени Н.Н. Бурденко. 2017; 81(4): 17–25. <https://doi.org/10.17116/neiro201781417-25>. EDN: ZFBYMH. PMID: 28914867 / *Shekhtman O.D., Eliava S.S., Pilipenko Y.V., Kononov A.N.* On the classification of large and giant paraclinoid internal carotid artery aneurysms. *Burdenko's Journal of Neurosurgery*. 2017; 81(4): 17–25 (In Russian). <https://doi.org/10.17116/neiro201781417-25>. EDN: ZFBYMH. PMID: 28914867
  36. *Герасюта А.Е., Зяблова Е.И., Север И.Н. и др.* Случай редкой аномалии передней мозговой артерии у пациента с массивным аневризматическим субарахноидальным кровоизлиянием. *REJR* 2023; 13(2): 138–146. <https://doi.org/10.21569/2222-7415-2023-13-2-138-146>. EDN: GFXXBZ / *Gerasyuta A.E., Zyablova E.I., Sever I.N., et al.* A case of rare anterior cerebral artery anomaly in a patient with massive aneurysmatic subarachnoid hemorrhage. *REJR* 2023; 13(2): 138–146 (In Russian). <https://doi.org/10.21569/2222-7415-2023-13-2-138-146>. EDN: GFXXBZ
  37. *Литвиненко Д.В., Герасюта А.Е., Север И.Н. и др.* Случай сочетания аневризмы задней соединительной артерии с атипичным отхождением ипсилатеральной глазной артерии. *Инновационная медицина Кубани*. 2024; 9(1): 122–128. <https://doi.org/10.35401/2541-9897-2024-9-1-122-128>. EDN: EKMLAO / *Litvinenko D.V., Gerasyuta A.E., Sever I.N., et al.* A case of posterior communicating artery aneurysm combined with an atypical origin of the ipsilateral ophthalmic artery. *Innovative Medicine of Kuban*. 2024; 9(1): 122–128 (In Russian). <https://doi.org/10.35401/2541-9897-2024-9-1-122-128>. EDN: EKMLAO
  38. *Rafiei A., Hafez A., Jahromi B.R., et al.* Anatomic features of paraclinoid aneurysms: computed tomography angiography study of 144 aneurysms in 136 consecutive patients. *Neurosurgery*. 2017 Dec 1; 81(6): 949–957. <https://doi.org/10.1093/neuros/nyx157>. Erratum in: *Neurosurgery*. 2018 Jan 1; 82(1): 126. <https://doi.org/10.1093/neuros/nyx582>. PMID: 28419295
  39. *Tanaka Y., Hongo K., Tada T., et al.* Radiometric analysis of paraclinoid carotid artery aneurysms. *J Neurosurg*. 2002 Apr; 96(4): 649–653. <https://doi.org/10.3171/jns.2002.96.4.0649>. PMID: 11990802
  40. *Kawaguchi R., Miyachi S., Ohshima T., Matsuo N.* Unruptured paraclinoid carotid aneurysms occur more frequently in younger ages. *Neurointervention*. 2021 Jul; 16(2): 111–116. <https://doi.org/10.5469/neuroint.2021.00059>. Epub 2021 May 24. PMID: 34030220
  41. *Kothandaram P., Dawson B.H., Kruyt R.C.* Carotid-ophthalmic aneurysms. A study of 19 patients. *J Neurosurg*. 1971 Apr; 34(4): 544–548. <https://doi.org/10.3171/jns.1971.34.4.0544>. PMID: 5554360
  42. *Pia H.W.* Classification of aneurysms of the internal carotid system. *Acta Neurochir (Wien)*. 1978; 40(1–2): 5–31. <https://doi.org/10.1007/BF01773112>. PMID: 654969
  43. *Day A.L.* Aneurysms of the ophthalmic segment. A clinical and anatomical analysis. *J Neurosurg*. 1990 May; 72(5): 677–691. <https://doi.org/10.3171/jns.1990.72.5.0677>. PMID: 2324793
  44. *Batjer H.H., Kopitnik T.A., Giller C.A., Samson D.S.* Surgery for paraclinoid carotid artery aneurysms. *J Neurosurg*. 1994 Apr; 80(4): 650–658. <https://doi.org/10.3171/jns.1994.80.4.0650>. PMID: 8151343
  45. *Ogawa A., Suzuki M., Ogasawara K.* Aneurysms at nonbranching sites in the supraclinoid portion of the internal carotid

- artery: internal carotid artery trunk aneurysms. *Neurosurgery*. 2000 Sep; 47(3): 578–683; discussion 583–586. <https://doi.org/10.1097/00006123-200009000-00008>. PMID: 10981744
46. Kobayashi S, Kyoshima K., Gibo H., et al. Carotid cave aneurysms of the internal carotid artery. *J Neurosurg*. 1989 Feb; 70(2): 216–221. <https://doi.org/10.3171/jns.1989.70.2.0216>. PMID: 2915220
  47. al-Rodhan N.R., Piepgras D.G., Sundt T.M. Jr. Transitional cavernous aneurysms of the internal carotid artery. *Neurosurgery*. 1993 Dec; 33(6): 993–996; discussion 997–998. <https://doi.org/10.1227/00006123-199312000-00006>. PMID: 8134013
  48. Korosue K., Heros R.C. “Subclinoid” carotid aneurysm with erosion of the anterior clinoid process and fatal intraoperative rupture. *Neurosurgery*. 1992 Aug; 31(2): 356–359; discussion 359–360. <https://doi.org/10.1227/00006123-199208000-00024>. PMID: 1513443
  49. Nutik S.L. Subclinoid aneurysms. *J Neurosurg*. 2003 Apr; 98(4): 731–736. <https://doi.org/10.3171/jns.2003.98.4.0731>. PMID: 12691396
  50. Nutik S. Carotid paraclinoid aneurysms with intradural origin and intracavernous location. *J Neurosurg*. 1978 Apr; 48(4): 526–533. <https://doi.org/10.3171/jns.1978.48.4.0526>. PMID: 632877
  51. Fries G., Perneczky A., van Lindert E., Bahadori-Mortasawi F. Contralateral and ipsilateral microsurgical approaches to carotid-ophthalmic aneurysms. *Neurosurgery*. 1997 Aug; 41(2): 333–342; discussion 342–343. <https://doi.org/10.1097/00006123-199708000-00001>. PMID: 9257300
  52. Ohmoto T., Yabuno N., Date I. Surgical treatment of transitional internal carotid aneurysms. *J Clin Neurosci*. 1997 Jul; 4(3): 373–377. [https://doi.org/10.1016/s0967-5868\(97\)90112-0](https://doi.org/10.1016/s0967-5868(97)90112-0). PMID: 18638990
  53. De Jesús O., Sekhar L.N., Riedel C.J. Clinoid and paraclinoid aneurysms: surgical anatomy, operative techniques, and outcome. *Surg Neurol*. 1999 May; 51(5): 477–487; discussion 487–488. [https://doi.org/10.1016/s0090-3019\(98\)00137-2](https://doi.org/10.1016/s0090-3019(98)00137-2). PMID: 10321876
  54. Kumon Y., Sakaki S., Kohno K., et al. Asymptomatic, unruptured carotid-ophthalmic artery aneurysms: angiographical differentiation of each type, operative results, and indications. *Surg Neurol*. 1997 Nov; 48(5): 465–472. [https://doi.org/10.1016/s0090-3019\(97\)00175-4](https://doi.org/10.1016/s0090-3019(97)00175-4). PMID: 9352810
  55. Barami K., Hernandez V.S., Diaz F.G., et al. Paraclinoid carotid aneurysms: surgical management, complications, and outcome based on a new classification scheme. *Skull Base*. 2003 Feb; 13(1): 31–41. <https://doi.org/10.1055/s-2003-820555>. PMID: 15912157; PMCID: PMC1131827
  56. Andaluz N., Beretta F., Keller J. Aneurysms of the ophthalmic (C6) segment of the internal carotid artery clinical experience, treatment options, and strategies (Part 2). *Neurosurgery Quarterly*. 2005 June; 15(2): 91–102. <https://doi.org/10.1097/01.wnq.0000162817.04741.bf>
  57. Chen L., Kato Y., Karagiozov K.L., et al. Usefulness of a simplified management scheme for paraclinoid aneurysms based on a modified classification. *Cerebrovasc Dis*. 2008; 26(4): 388–396. <https://doi.org/10.1159/000151679>. Epub 2008 Aug 28. PMID: 18753744
  58. Raco A., Frati A., Santoro A., et al. Long-term surgical results with aneurysms involving the ophthalmic segment of the carotid artery. *J Neurosurg*. 2008 Jun; 108(6): 1200–1210. <https://doi.org/10.3171/JNS/2008/108/6/1200>. PMID: 18518728
  59. Krisht Ali F., Hsu Sanford P.C. Paraclinoid aneurysms: Part 1. Superior (true ophthalmic) aneurysms. *Contemporary Neurosurgery*. 2008 July 31; 30(15): 1–5. <https://doi.org/10.1097/01.CNE.0000326107.26274.63>
  60. Krisht Ali F., Hsu Sanford P.C. Paraclinoid aneurysms: Part II—Inferior Paraclinoid. *Contemporary Neurosurgery*. 2019 Nov 15; 41(16): 1–6. <https://doi.org/10.1097/01.CNE.0000652740.46002.e5>
  61. Ota N., Petrakakis I., Noda K., et al. Predictor of visual impairment following paraclinoid aneurysm surgery: special consideration of surgical microanatomy related to paraclinoid structures. *Oper Neurosurg (Hagerstown)*. 2020 Dec 15; 20(1): 45–54. <https://doi.org/10.1093/ons/opaa298>. PMID: 33047135

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Север Ирина Николаевна**, аспирантка кафедры нервных болезней и нейрохирургии ФГБОУ ВО КубГМУ Минздрава России.  
ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-2039-7629>

**Герасюта Анна Евгеньевна**, врач-рентгенолог рентгенологического отделения ГБУЗ «НИИ – Краевая клиническая больница № 1 им. профессора С.В. Очаповского» Министерства здравоохранения Краснодарского края.  
ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-4355-6301>

**Литвиненко Дмитрий Викторович**, канд. мед. наук, врач-нейрохирург нейрохирургического отделения № 2 ГБУЗ «НИИ – Краевая клиническая больница № 1 им. профессора С.В. Очаповского» Министерства здравоохранения Краснодарского края.  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4831-1874>

**Ткачев Вячеслав Валерьевич**, д-р мед. наук, заведующий нейрохирургическим отделением № 2 ГБУЗ «НИИ – Краевая клиническая больница № 1 им. профессора С.В. Очаповского» Министерства здравоохранения Краснодарского края.  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5600-329X>

**Irina N. Sever**, postgraduate student, Department of Nervous Diseases and Neurosurgery, Kuban State Medical University.  
ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-2039-7629>

**Anna E. Gerasyuta**, radiologist, Department of Radiology, Research Institute – Regional Clinical Hospital No. 1 named after prof. S.V. Ochapovsky.  
ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-4355-6301>

**Dmitry V. Litvinenko**, Cand. of Sci. (Medicine), neurosurgeon, Department of Neurosurgery No. 2, Research Institute – Regional Clinical Hospital No. 1 named after prof. S.V. Ochapovsky.  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4831-1874>

**Vyacheslav V. Tkachev**, Dr. of Sci. (Medicine), Head of the Department of Neurosurgery No. 2, Research Institute – Regional Clinical Hospital No. 1 named after prof. S.V. Ochapovsky.  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5600-329X>

✉ Автор, ответственный за переписку / Corresponding author



## Алгоритм машинного обучения в прогнозировании госпитальной летальности после аневризматического субарахноидального кровоизлияния

Ю.В. Кивелёв<sup>1,✉</sup>, А.Л. Кривошапкин<sup>1,2</sup>, А.А. Суфианов<sup>2,3,4</sup>

<sup>1</sup>АО «Европейский медицинский центр»

ул. Щепкина, д. 35, г. Москва, 129090, Россия

<sup>2</sup>ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы»

ул. Миклухо-Маклая, д. 6, г. Москва, 117198, Россия

<sup>3</sup>ФГБУ «Федеральный центр нейрохирургии»

ул. 4 км Червишевского тракта, д. 5, г. Тюмень, 625032, Россия

<sup>4</sup>ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова»

Минздрава России (Сеченовский Университет)

ул. Трубецкая, д. 8, стр. 2, г. Москва, 119048, Россия

СЕЧЕНОВСКИЙ  
ВЕСТНИК  
ГРАФИЧЕСКИЙ АБСТРАКТ

### Алгоритм машинного обучения в прогнозировании госпитальной летальности после аневризматического субарахноидального кровоизлияния

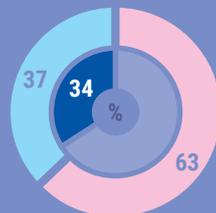
#### Резюме / Выводы

Рекуррентная нейронная сеть LSTM обладает наибольшей предиктивной силой в отношении госпитальной летальности пациентов с аневризматическим субарахноидальным кровоизлиянием, находящихся в критическом состоянии.



#### Материалы и методы

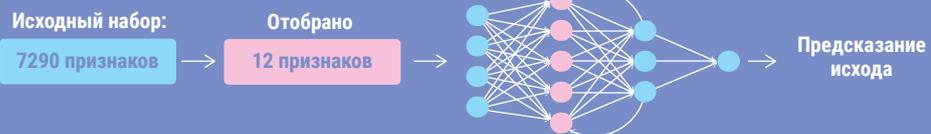
#### Характеристика пациентов (n = 390)



- Мужчины – 144
- Женщины – 246
- Летальный исход – 133 пациента

Возраст  
**54**  
±12,9  
года

#### Модели машинного обучения



#### Результаты

Модель	AUROC, 95% ДИ	AUPRC, 95% ДИ
Логистическая регрессия	0,76 (0,65–0,86)	0,46 (0,27–0,65)
Метод опорных векторов	0,77 (0,66–0,86)	0,46 (0,26–0,66)
Многослойный перцептрон	0,79 (0,69–0,89)	0,49 (0,30–0,69)
Случайный лес	0,78 (0,66–0,89)	0,55 (0,33–0,75)
Градиентный бустинг XGBoost	0,80 (0,68–0,90)	0,57 (0,35–0,79)
<b>Рекуррентная сеть LSTM</b>	<b>0,83 (0,72–0,92)</b>	<b>0,62 (0,39–0,81)</b>

ДИ – доверительный интервал; AUPRC – площадь под кривой точности-полноты; AUROC – площадь под кривой ошибок

Для цитирования: Кивелёв Ю.В., Кривошапкин А.Л., Суфианов А.А. Алгоритм машинного обучения в прогнозировании госпитальной летальности после аневризматического субарахноидального кровоизлияния. Сеченовский вестник. 2024; 15 (4): 19–31. <https://doi.org/10.47093/2218-7332.2024.15.4.19-31>

**Аннотация**

Применение современных методов машинного обучения (МО) для статистического анализа больших выборок пациентов существенно превышает возможности традиционных способов обработки информации в клинической медицине.

**Цель.** Разработать алгоритм применения рекуррентных нейронных сетей при анализе набора клинических данных пациентов с субарахноидальным кровоизлиянием (САК).

**Материалы и методы.** Регистр по типу «больших данных» содержал ретроспективные данные 2631 пациента с артериальными аневризмами. Из них для данного исследования было отобрано 390 человек, у которых САК потребовало лечения в условиях отделения интенсивной терапии, анестезии и реанимации (ИТАР). Исходный набор данных содержал 7290 признаков, из которых было отобрано 12 для обучения следующих моделей МО: логистическая регрессия, метод опорных векторов, метод случайного леса, градиентный бустинг, многослойный перцептрон, рекуррентная сеть с архитектурой долгой краткосрочной памяти (LSTM). Все этапы предобработки и моделирования данных выполнены на языке Python (версия 3.11.4) с использованием библиотек scikit-learn, tensorflow, keras и hyperopt. Вычислены значения и 95% доверительные интервалы (ДИ) AUROC и AURPC, прогностическая ценность, специфичность и чувствительность.

**Результаты.** В выборке было 246 (63%) женщин и 144 (37%) мужчины, средний возраст всех пациентов составил  $54 \pm 12,9$  года. Летальный исход зарегистрирован у 133 (34%) пациентов, в том числе у 33 в течение 24 часов после поступления. Лучшей моделью, предсказывающей летальный исход, была рекуррентная нейронная сеть LSTM. При сравнении с другими моделями LSTM характеризовалась наибольшей предиктивной силой (AUROC – 0,83; 95% ДИ: 0,72–0,92, AURPC – 0,62; 95% ДИ 0,39–0,81) в отношении госпитальной летальности. Для периода времени нахождения в ИТАР с 3-х по 6-е сутки положительная прогностическая ценность модели составила 0,83, чувствительность – 0,95 и специфичность – 0,58.

**Заключение.** Рекуррентная нейронная сеть LSTM может быть адаптирована к разработке автоматизированных алгоритмов ведения пациентов с САК в критическом состоянии.

**Ключевые слова:** логистическая регрессия; метод опорных векторов; метод случайного леса; градиентный бустинг; многослойный перцептрон; рекуррентная сеть с архитектурой долгой краткосрочной памяти; LSTM; большие данные.

**Рубрики MeSH:**

ВНУТРИЧЕРЕПНАЯ АНЕВРИЗМА – ОСЛОЖНЕНИЯ  
СУБАРАХНОИДАЛЬНЫЕ КРОВОИЗЛИЯНИЯ – ДИАГНОСТИКА  
СУБАРАХНОИДАЛЬНЫЕ КРОВОИЗЛИЯНИЯ – СМЕРТНОСТЬ  
СУБАРАХНОИДАЛЬНЫЕ КРОВОИЗЛИЯНИЯ – ЭТИОЛОГИЯ  
МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ  
НЕЙРОННЫЕ СЕТИ, КОМПЬЮТЕРНАЯ СИСТЕМА

**Для цитирования:** Кивелёв Ю.В., Кривошапкин А.Л., Суфианов А.А. Алгоритм машинного обучения в прогнозировании госпитальной летальности после аневризматического субарахноидального кровоизлияния. Сеченовский вестник. 2024; 15(4): 19–31. <https://doi.org/10.47093/2218-7332.2024.15.4.19-31>

**КОНТАКТНАЯ ИНФОРМАЦИЯ:**

**Кивелёв Юрий Владимирович**, канд. мед. наук, PhD Университета Хельсинки, врач-нейрохирург Клиники нейрохирургии АО «Европейский медицинский центр»

**Адрес:** ул. Щепкина, д. 35, г. Москва, 129090, Россия

**E-mail:** j.v.kivelev@gmail.com

**Соответствие принципам этики.** Исследование проведено в соответствии с разрешением Локального этического комитета Университетской клиники г. Турку, Финляндия (№ T04/005/18, 2018 г.)<sup>1</sup>. Ретроспективное исследование псевдонимизированного регистра не требует получения информированного согласия пациентов.

**Доступ к данным исследования.** Данные, подтверждающие выводы этого исследования, можно получить у авторов по обоснованному запросу. Данные и статистические методы, представленные в статье, прошли статистическое рецензирование редактором журнала – сертифицированным специалистом по биостатистике.

<sup>1</sup> База данных для представленного исследования собрана Кивелёвым Ю.В. во время его научной работы в Университете г. Турку (Финляндия) и является частью научного проекта с участием инженеров-программистов и биостатистиков.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Финансирование.** Исследование не имело спонсорской поддержки (собственные ресурсы).

**Поступила:** 08.08.2024

**Принята:** 18.10.2024

**Дата печати:** 05.12.2024

## Machine learning algorithm to predict in-hospital mortality after aneurysmal subarachnoid hemorrhage

Juri V. Kivelev<sup>1,✉</sup>, Alexey L. Krivoschapkin<sup>1,2</sup>, Albert A. Sufianov<sup>2,3,4</sup>

<sup>1</sup> "European Medical Center"

35, Schepkina str., Moscow, 129090, Russia

<sup>2</sup> Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University)

6, Miklukho-Maklaya str., Moscow, 117198, Russia

<sup>3</sup> Federal Center of Neurosurgery

5, 4 km Chervishevskogo trakta, Tyumen, 625032, Russia

<sup>4</sup> Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University)

8/2, Trubetskaya str., Moscow, 119048, Russia

### Abstract

Machine learning (ML) methodology surpasses the traditional tools of statistical analysis in processing big data clinical datasets.

**Aim.** To develop an ML algorithm of application of recurrent neural network to analyze clinical datasets of patients with aneurysmal subarachnoid hemorrhage (SAH).

**Materials and methods.** A big data registry included retrospective data from 2,631 patients with an arterial aneurysm. From these, 390 individuals were selected who required treatment for SAH in an intensive care unit (ICU) setting. The raw dataset contained 7290 features, from which 12 features were selected to train the following ML models: logistic regression, support vector machine, random forest, XGBoost, multilayer perceptron and long short-term memory network (LSTM) were tested. Data preprocessing and modeling were provided in Python (version 3.11.4) using scikit-learn, tensorflow, keras and hyperopt libraries. The values and 95% confidence intervals (CI) of AUROC and AURPC, predictive value, specificity and sensitivity were calculated.

**Results.** We recruited 246 (63%) females and 144 (37%) males with mean age of 54±12.9 years. Death occurred in 133 (34%) patients including 33 patients deceased during 24 hours after admission. The best model for predicting lethal outcome was LSTM. After comparison with other ML algorithms LSTM showed the highest predictive values (AUROC – 0.83; 95% CI: 0.72–0.92, AURPC – 0.62; 95% CI 0.39–0.81) in term of in-hospital mortality. For the period in ICU from day 3 to day 6, the model's positive predictive value was 0.83, sensitivity 0.95 and specificity 0.58.

**Conclusions.** LSTM may be applied to development of automatic algorithms in management of critically ill patients after SAH.

**Keywords:** logistic regression; support vector method; random forest; XGBoost; multilayer perceptron; recurrent network with long short-term memory; LSTM; big data.

### MeSH terms:

INTRACRANIAL ANEURYSM – COMPLICATIONS

SUBARACHNOID HEMORRHAGE – DIAGNOSIS

SUBARACHNOID HEMORRHAGE – MORTALITY

SUBARACHNOID HEMORRHAGE – ETIOLOGY

MACHINE LEARNING

NEURAL NETWORKS, COMPUTER

**For citation:** Kivelev J.V., Krivoschapkin A.L., Sufianov A.A. Machine learning algorithm to predict in-hospital mortality after aneurysmal subarachnoid hemorrhage. Sechenov Medical Journal. 2024; 15(4): 19–31. <https://doi.org/10.47093/2218-7332.2024.15.4.19-31>

## CONTACT INFORMATION:

**Juri V. Kivelev**, Cand. of Sci. (Medicine), PhD University of Helsinki, neurosurgeon, Department of Neurosurgery, "European Medical Center"

**Address:** 35, Schepkina str., Moscow, 129090, Russia

**E-mail:** j.v.kivelev@gmail.com

**Ethics statements.** The study was conducted in accordance with the permission of the Local Bioethics Committee of the Turku University Hospital, No T04/005/18, 2018<sup>2</sup>. Informed consent is not required for a retrospective study of a pseudonymised registry.

**Data availability.** The data that support the findings of this study are available from the corresponding authors on reasonable request. Data and statistical methods used in the article were examined by a professional biostatistician on the Sechenov Medical Journal editorial staff.

**Conflict of interests.** The authors declare that there is no conflict of interests.

**Financing.** The study was not sponsored (own resources).

**Received:** 08.08.2024

**Approved:** 18.10.2024

**Date of publication:** 05.12.2024

**Список сокращений:**

AUPRC – area under the precision-recall curve (площадь под кривой точности-полноты)

AUROC – area under the receiver operating characteristic (площадь под кривой ошибок)

LSTM – long short-term memory network (рекуррентная нейронная сеть с архитектурой долгой краткосрочной памяти)

АД – артериальное давление

ИТАР – отделение интенсивной терапии, анестезии и реанимации

МО – машинное обучение

ПДКВ – позитивное давление конца выдоха

САК – субарахноидальное кровоизлияние

ЧДД – частота дыхательных движений

ЧСС – частота сердечных сокращений

ШКГ – шкала комы Глазго

Субарахноидальное кровоизлияние (САК) вследствие разрыва артериальной аневризмы головного мозга характеризуется высокими показателями летальности и инвалидизации. Так, около 40% пациентов с САК погибают в первые сутки, а среди выживших лишь 15% возвращаются к нормальной жизнедеятельности [1–3]. Клинические и радиологические параметры пациентов с САК, зарегистрированные на догоспитальном этапе и при поступлении в профильный стационар, коррелируют с течением заболевания. Это отражено в таких общепринятых классификациях САК как Хант-Хесс, шкала Всемирной федерации нейрохирургов, шкала комы Глазго, шкала Фишера [4]. Несмотря на подтверждённую практическую ценность этих классификаций, они имеют определённые недостатки, связанные, в частности, с субъективностью оценок состояния больных с САК, а также с ограниченностью учитываемых переменных. Появление современных методов сбора и обработки медицинской информации в цифровом виде открывает возможности для переосмысления роли тех или иных факторов в течение САК, а также повышает объективность оценки прогноза заболевания.

Наличие выборок, содержащих большое количество цифровой медицинской информации, собранной

без предварительной фильтрации и цензурирования (по типу «больших данных»), позволяет применять к ним методы искусственного интеллекта и машинного обучения (МО). Разработка прогностических моделей МО для пациентов с САК, особенно находящихся в критическом состоянии, важна не только с исследовательских позиций, но и в свете клинко-экономического анализа заболевания. Учитывая объёмность, комплексность и гетерогенность данных мониторинга пациентов в условиях отделения интенсивной терапии, анестезии и реанимации (ИТАР), применение современных методик МО для статистического анализа существенно превышает возможности традиционных способов обработки информации в клинической медицине.

Цель данного исследования: разработать алгоритм применения рекуррентных нейронных сетей при анализе набора клинических данных пациентов с САК.

**МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ****Набор данных**

В ретроспективное исследование включены данные 2631 пациента с артериальными аневризмами, госпитализированного в Университетскую клинику

<sup>2</sup> The database for this study was collected by Juri V. Kivelev during his scientific work at the University of Turku (Finland). It is part of a scientific project involving software engineers and biostatisticians.

г. Турку (Финляндия) за период с 2002 по 2018 год. Согласно протоколу центра, в котором осуществлялось лечение, все пациенты с подтвержденным диагнозом аневризматического САК поступали в отделение ИТАР на период активного лечения с последующим переводом в стационарное отделение при стабилизации состояния. Таким образом, из общего количества отобрано 390 пациентов, у которых САК потребовало лечения в условиях отделения ИТАР.

Все данные были структурированы в виде двух блоков.

1. Клинический блок включал демографическую информацию; список всех зафиксированных диагнозов; перечень подразделений больницы и даты всех контактов с ней; список проведенных инструментально-диагностических мероприятий лабораторной, лучевой и патоморфологической диагностики с отображением всех результатов обследования и заключениями специалистов в текстовом формате; информацию о вмешательствах, проведенных в условиях операционной, с данными кодов, названий, времени операций и основными параметрами анестезиологического пособия; данные о проведенной в стационаре лекарственной терапии с указанием названий и дозировок препаратов; записи базового мониторинга состояния средним медицинским персоналом, дневниковые и выписные записи лечащих врачей в текстовом формате.

2. Реанимационный блок включал три подраздела: (а) записи мониторинга состояния пациента средним медперсоналом в текстовом формате, (б) числовые данные инструментального мониторинга (артериальное давление, частота сердечных сокращений (ЧСС), внутричерепное давление, параметры респираторной поддержки), которые в условиях реанимационного отделения автоматически вносились в медицинскую информационную систему каждые две минуты, независимо от продолжительности мониторинга; (в) назначения лечащего врача и лекарственная терапия (текст и/или числами).

### Предобработка данных

Все данные представлены в виде векторов, содержащих признаки для каждого пациента и структурированных в хронологическом порядке. Числовые признаки (например, ЧСС) преобразовывали в упорядоченные по времени векторы. Нечисловые признаки (например, мышечный тонус конечностей со значениями «низкий», «умеренный» и «высокий») кодировали бинарными или порядковыми переменными. Значительная часть данных в виде текстовых значений (например, «реакция зрачков вялая» или «ликвор бледно-розовый») была удалена во избежание избыточности анализируемого материала.

Поскольку каждое событие могло иметь различную частоту измерений, векторы признаков были преобразованы в часовые временные интервалы  $t$ , начиная со времени поступления пациента в отделение ИТАР и заканчивая 24 часами, создавая последовательности длиной 24 временных интервала для каждого пациента. В пределах каждого временного интервала несколько измерений одного и того же признака агрегировали с помощью некоторой функции, например, среднего значения. При отсутствии измерения признака в течение интервала  $t$  оставляли пропуски. Среди всех пациентов было зарегистрировано 393 периода лечения в отделении ИТАР. Длительность каждого периода лечения варьировалась от 1 до 14 суток. Кроме того, в начало последовательностей были добавлены исторические данные пациентов за последний год. Таким образом, каждый временной интервал  $t$  включал левую часть и исключал правую часть ( $t, t + 1$ ).

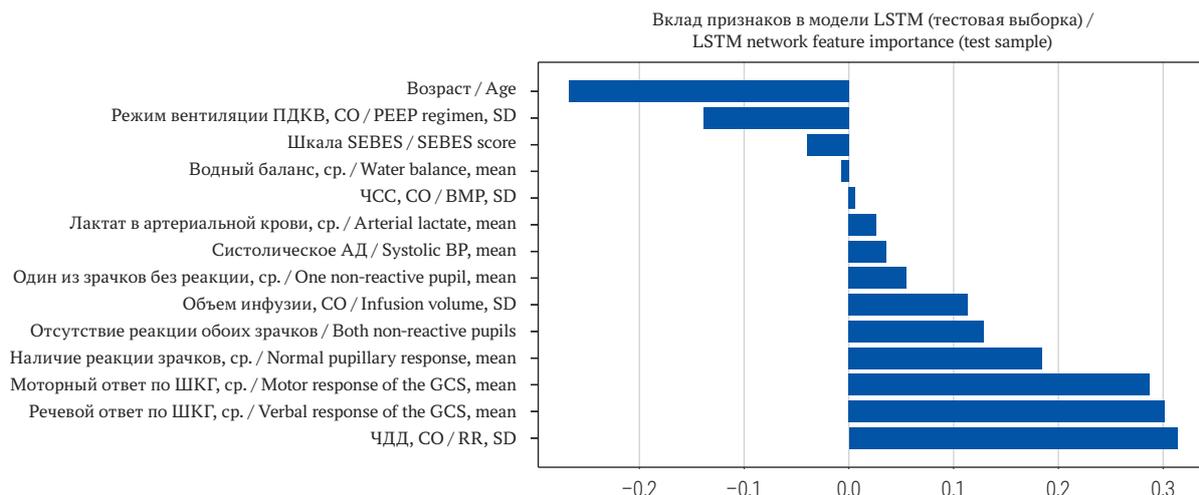
После предобработки матрица данных имела размерность  $393 \times 25 \times 7290$ , где 393 – количество периодов в отделении ИТАР, 25 – 24 временных интервала пребывания плюс вектор исторических данных, и 7290 – количество признаков. Разреженность набора данных составила 98%. Ни один признак не имел 0% разреженности, то есть либо у пациента не было признаков, регистрируемых постоянно каждый час после поступления в отделение ИТАР, либо у пациента отсутствовали исторические данные.

### Отбор признаков

Отбор признаков проведен с помощью специально написанной программы<sup>3</sup>. На первом этапе фильтрации данных были удалены признаки, встречаемое количество измерений которых было меньше или равно 10. Эта процедура привела к удалению 5281 (72,4%) признака. Далее были удалены 486 (6,7%) мультиколлинеарных признаков (с корреляцией более 90%). После этого из 7290 осталось 322 (4,4%) признака. На последнем шаге была реализована селекция признаков на основе метода обертывания, при котором удаляли сетки по пять признаков за раз. В ходе обработки данных учитывался процент пациентов, у которых было зарегистрировано хотя бы одно измерение каждого признака в первые 24 часа пребывания в ИТАР. После фильтрации было выявлено 14 признаков, релевантных для внесения в модель МО (рис. 1).

Среди них 3 признака, характеризующих фотореакцию зрачков в разных комбинациях, в клиническом смысле представляли собой единую переменную, поэтому они были объединены математически, что дало в финальном наборе 12 признаков (табл. 1).

<sup>3</sup> Suvanto, Kalle-Oskari (2022-10-14). Machine learning based prediction of intensive care unit mortality for patients with aneurysmal subarachnoid hemorrhage <https://oulu.repo.oulu.fi/handle/10024/19706> (дата доступа: 08.01.2023).



**РИС. 1.** Вклад признаков в модель LSTM.

Примечание: АД – артериальное давление; ПДКВ – положительное давление конца выдоха; CO – стандартное отклонение; ср. – среднее арифметическое ЧДД – частота дыхательных движений; ЧСС – частота сердечных сокращений; ШКГ – шкала комы Глазго; SEBES Score – Subarachnoid Hemorrhage Early Brain Edema Score (шкала раннего отека мозга при субарахноидальном кровоизлиянии).

**FIG. 1.** LSTM network feature importance.

Note: BMP – beats per minute (heart rate); BP – blood pressure; GCS – Glasgow Coma Scale; PEEP regimen – positive end-expiratory pressure regimen, RR – Respiratory rate; SD – standard deviation.

Признаки, используемые для работы модели, включили моторный и речевой ответ по шкале комы Глазго (ШКГ), фотореакцию зрачков, объём жидкости, водный баланс, ЧСС, частоту дыхательных движений (ЧДД), шкалу SEBES 8 (Subarachnoid Hemorrhage Early Brain Edema Score (шкала раннего отека мозга при субарахноидальном кровоизлиянии), режим вентиляции с положительным давлением конца выдоха (ПДКВ), уровень лактата в артериальной крови, систолическое артериальное давление (АД), возраст.

Процесс отбора признаков представлен в виде блок-схемы в Приложении А (дополнительные материалы на сайте журнала <https://doi.org/10.47093/2218-7332.2024.15.4.19-31-annex-a>).

**Разработка модели**

В качестве модели, предсказывающей летальный исход, была использована рекуррентная нейронная сеть (recurrent neural network) с архитектурой долгой краткосрочной памяти (long short-term

**Таблица 1. Переменные, включённые в модель LSTM**  
*Table 1. Features used in LSTM network*

Переменная	Значение p
Моторный ответ по ШКГ, ср. / Motor response of the GCS, mean	<0,00001
Речевой ответ по ШКГ, ср. / Verbal response of the GCS, mean	<0,00001
Фотореакция зрачков / pupils photoreaction	0,00001
Объём инфузии, ср. / Infusion volume, mean	0,00058
Водный баланс, CO / Water balance, SD	0,00032
ЧСС, CO / BPM, SD	0,00029
ЧДД, CO / RR, SD	0,00016
Шкала SEBES / SEBES score	0,00062
Режим вентиляции ПДКВ, CO / PEEP regimen, SD	0,93363
Лактат в артериальной крови, ср. / Arterial lactate, mean	0,00719
Систолическое АД, ср. / Systolic BP, mean	0,27905
Возраст / Age	0,11413

Примечание: АД – артериальное давление; ПДКВ – положительное давление конца выдоха; CO – стандартное отклонение; ср. – среднее арифметическое; ЧДД – частота дыхательных движений; ЧСС – частота сердечных сокращений; ШКГ – шкала комы Глазго; SEBES Score – Subarachnoid Hemorrhage Early Brain Edema Score (шкала раннего отека мозга при субарахноидальном кровоизлиянии).  
Note: BMP – beats per minute (heart rate); BP – blood pressure; GCS – Glasgow Coma Scale; PEEP regimen – positive end-expiratory pressure regimen, RR – Respiratory rate; SD – standard deviation.

memory – LSTM)<sup>4</sup>. Производительность LSTM-моделей сравнивалась с пятью базовыми алгоритмами: логистическая регрессия, метод опорных векторов (support vector machine), метод случайного леса (random forest), подвид градиентного бустинга в виде XGBoost и многослойный перцептрон. Модели были выбраны на основе их распространенности и подтвержденной эффективности в литературе [5–9].

Базовые модели были оптимизированы и обучены на трех наборах признаков. Первый набор включал только средние значения данных временного ряда. Второй набор включал средние значения и стандартные отклонения данных временного ряда. Третий набор включал как средние значения, стандартные отклонения, так и дополнительно количество отсутствующих значений для каждого признака. Задача состояла в том, чтобы сначала оценить качество моделей только со средними значениями признаков, затем дополнительно предоставить моделям информацию о дисперсии и, наконец, выяснить, выигрывают ли модели от недостающей информации. Таким образом, для каждой из трех версий базовых моделей была проведена оптимизация гиперпараметров с 14, 28 и 36 признаками, соответственно. Кроме того, LSTM обучали на наборе из «пяти лучших признаков» (речевой ответ по ШКГ, моторный ответ по ШКГ, водный баланс, отсутствие реакции зрачков, ЧДД), которые были определены с помощью метода вычисления важности признаков (permutation feature importance) на валидационной выборке.

### Статистический анализ

Все этапы предобработки и моделирования данных выполнены на языке Python (версия 3.11.4) с использованием библиотек scikit-learn, tensorflow и keras. Набор данных был разделен на обучающий (75% данных) и валидационный (25% данных) со стратификацией по летальному исходу. Подбор гиперпараметров проводили с помощью библиотеки hyperopt и ее реализации байесовской оптимизации в виде древовидно-структурированного оценщика Парсена (tree-structured Parzen estimator). Для расчетов признаков в процессе фильтрации данных были использованы средние значения за 24 часа пребывания в отделении ИТАР. Уровень значимости  $p$  рассчитан с помощью теста Колмогорова–Смирнова,  $U$ -теста Манна–Уитни или хи-квадрат Пирсона в зависимости от типа распределения признака. Порог значения  $p$  оценивался с поправкой Бонферрони (скорректированное пороговое значение =  $0,05 / 12 \approx 0,004167$ ). Вычислена прогностическая ценность, специфичность и чувствительность моделей, точность оценивали с помощью площади под кривой ошибок (area under the receiver operating characteristic – AUROC)

и площади под кривой точности-полноты (area under the precision-recall curve – AUPRC), средние значения и 95% доверительные интервалы рассчитывали при кросс-валидации на 4 блоках. Проведена оценка значимости признаков Шепли [10].

## РЕЗУЛЬТАТЫ

### Характеристика пациентов

В выборке было 246 (63%) женщин и 144 (37%) мужчин. Средний возраст всех пациентов составил 54 года (стандартное отклонение 12,9 года, диапазон от 18 до 89 лет). Средний возраст женщин был 54 года (стандартное отклонение 13,2 года, диапазон от 20 до 89 лет), мужчин – 55 лет (стандартное отклонение 12,5 года, диапазон от 18 до 83 лет).

Летальный исход зарегистрирован у 133 (34%) из 390 пациентов. Из общего количества для обучения моделей МО использовали данные 348 (89%) пациентов, у которых срок пребывания в отделении ИТАР составил более 24 часов. Остальные 42 (11%) пациента либо умерли ( $n = 33$ ), либо выписаны из отделения ИТАР ( $n = 9$ ) в течение 24 часов после поступления и были исключены из тренировочной выборки, но использовались в качестве дополнительного тестового набора данных.

### Сравнение моделей

Предиктивная сила моделей LSTM, LSTM с пятью лучшими характеристиками и XGboost представлена на рисунке 2. Согласно представленным данным наилучшие показатели (AUROC и AUPRC) моделей наблюдаются в период с 3-х по 6-е сутки. После 7-х суток нахождения в ИТАР предиктивная сила моделей ослабевала, что показано на рисунке 2 в виде снижения показателей кривых AUROC и AUPRC.

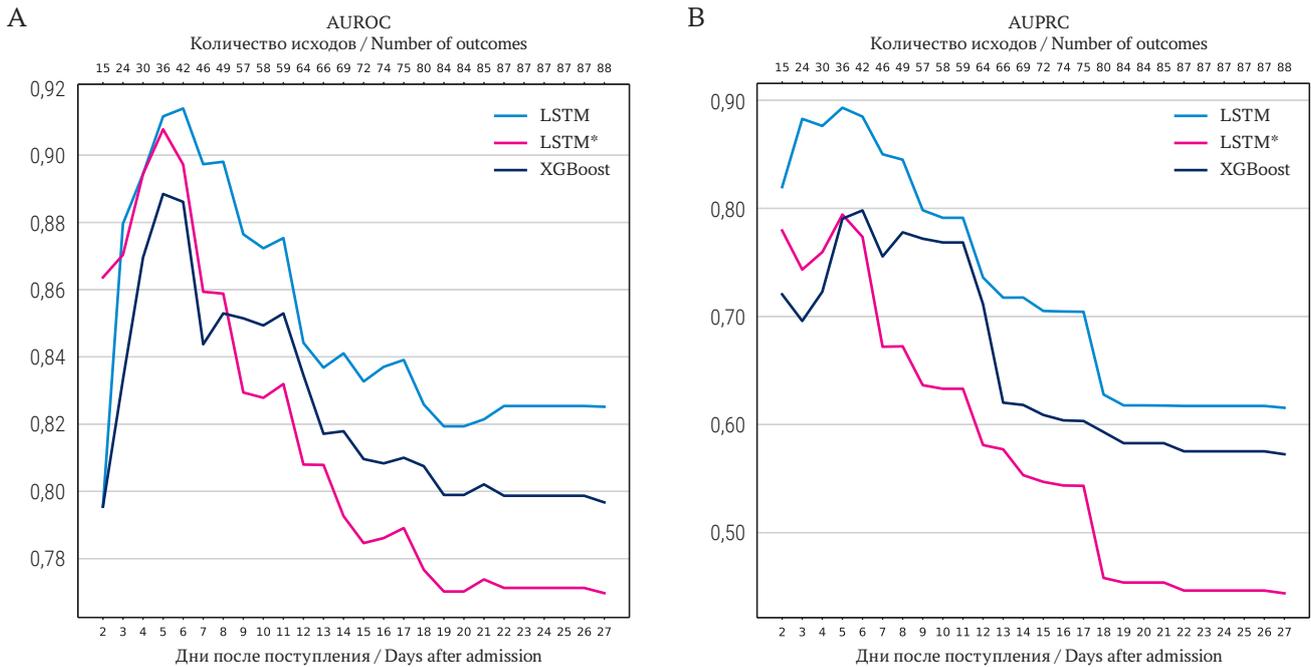
Наиболее высокое качество продемонстрировала полная модель LSTM, учитывающая средние значения всех признаков (табл. 2).

Для периода с 3-х по 6-е сутки пребывания в отделении ИТАР положительная прогностическая ценность полной модели LSTM составила 0,83, специфичность – 0,58 и чувствительность – 0,95.

Уменьшенная LSTM и полная модель LSTM были дополнительно оценены путем анализа их производительности на разных временных интервалах. Это было сделано путем оценки обученных моделей на тестовых данных с длиной последовательности 2, 4, 6, ..., 24 часа (рис. 3).

Вклад отдельных характеристик в модель LSTM оценивался на тестовой выборке. Оценка значимости признаков Шепли проводилась на основании данных тренировочной выборки. На рисунке 4А представлена полученная диаграмма влияния факторов в предиктивной модели (по типу «дерева решений») для всех

<sup>4</sup> Suvanto, Kalle-Oskari (2022-10-14). Machine learning based prediction of intensive care unit mortality for patients with aneurysmal subarachnoid hemorrhage <https://oulu.repo.oulu.fi/handle/10024/19706> (дата доступа: 08.01.2023).

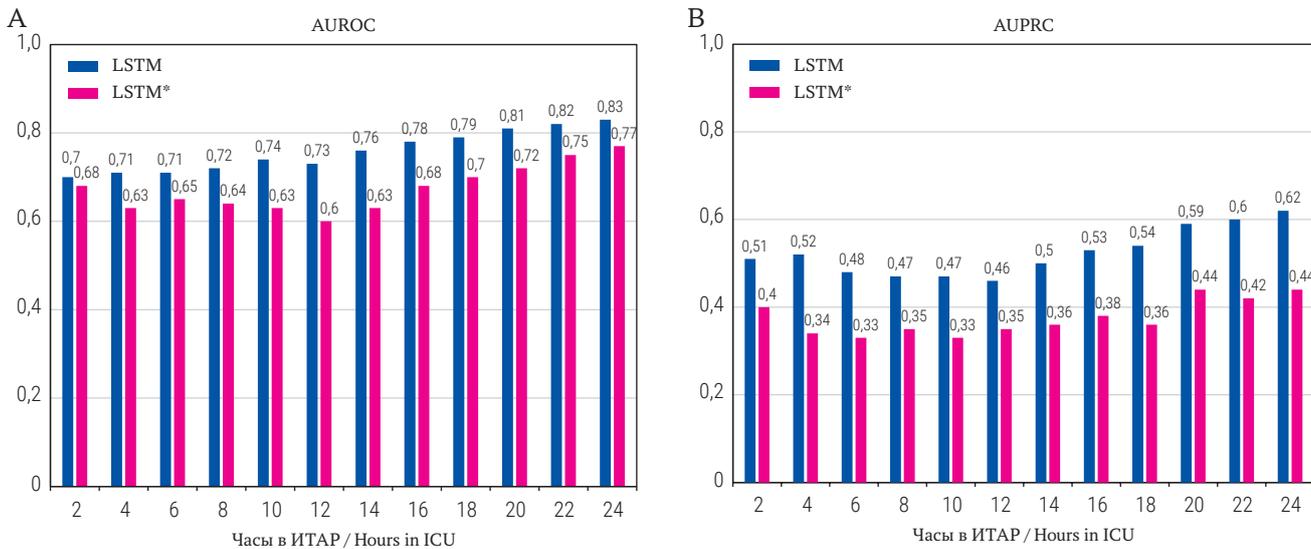


**РИС. 2.** Сравнение показателей AUROC (A) и AUPRC (B) моделей.

Примечание: \* LSTM на наборе из пяти лучших признаков.

**FIG. 2.** Comparison of AUROC (A) and AUPRC (B) between models.

Note: \*Five best features LSTM.



**РИС. 3.** Значения AUROC (A) и AUPRC (B) для моделей в зависимости от срока пребывания в отделении интенсивной терапии, анестезии и реанимации.

Примечание: \*LSTM на наборе из пяти лучших признаков.

ИТАР – отделение интенсивной терапии, анестезии и реанимации.

**FIG. 3.** AUROC (A) and AUPRC (B) of models with respect to duration of stay in intensive care unit.

Note: \*Five best features LSTM.

ICU – intensive care unit.

пациентов. Согласно этой диаграмме вероятность летального исхода была наименее вариабельна у таких признаков, как содержание лактата в артериальной крови, реакция зрачков на свет, моторный и речевой ответ по ШКГ.

Наибольшую вариативность в отношении летальности продемонстрировали переменные шкалы SEBES, возраст и систолическое АД. На рисунке 4B показана вариативность летальности для каждого отрезка времени в течение первых суток нахождения

**Таблица 2. Сравнительный анализ моделей машинного обучения**  
**Table 2. Comparative analysis of machine learning models**

	AUROC	После 4-кратной кросс-валидации / After 4-fold cross-validation	
		AUROC	AUPRC
<b>Логистическая регрессия / Logistic regression</b>			
Ср. / Mean	0,86	0,76 (0,65–0,86)	0,46 (0,27–0,65)
Ср. + CO / Mean + SD	0,85	0,73 (0,61–0,83)	0,35 (0,22–0,54)
Ср. + CO + пропуски / Mean + SD + missing values	0,85	0,73 (0,62–0,84)	0,37 (0,23–0,58)
<b>Метод опорных векторов / Support vector machine</b>			
Ср. / Mean	0,86	0,77 (0,66–0,86)	0,46 (0,26–0,66)
Ср. + CO / Mean + SD	0,85	0,73 (0,62–0,84)	0,38 (0,23–0,60)
Ср. + CO + пропуски / Mean + SD + missing values	0,86	0,74 (0,62–0,85)	0,44 (0,26–0,68)
<b>Многослойный перцептрон / Multilayer perceptron</b>			
Ср. / Mean	0,87	0,68 (0,56–0,80)	0,40 (0,22–0,58)
Ср. + CO / Mean + SD	0,86	0,79 (0,69–0,89)	0,49 (0,30–0,69)
Ср. + CO + пропуски / Mean + SD + missing values	0,85	0,75 (0,63–0,86)	0,45 (0,26–0,64)
<b>Метод случайного леса / Random forest</b>			
Ср. / Mean	0,87	0,74 (0,62–0,85)	0,45 (0,26–0,64)
Ср. + CO / Mean + SD	0,87	0,78 (0,66–0,89)	0,55 (0,33–0,75)
Ср. + CO + пропуски / Mean + SD + missing values	0,86	0,76 (0,65–0,87)	0,44 (0,26–0,65)
<b>Градиентный бустинг / XGBoost</b>			
Ср. / Mean	0,87	0,76 (0,65–0,86)	0,44 (0,26–0,65)
Ср. + CO / Mean + SD	0,87	0,80 (0,68–0,90)	0,57 (0,35–0,79)
Ср. + CO + пропуски / Mean + SD + missing values	0,88	0,78 (0,65–0,89)	0,50 (0,30–0,74)
<b>Рекуррентная сеть LSTM / LSTM recurrent network</b>			
Временной ряд / Time series	-	0,83 (0,72–0,92)	0,62 (0,39–0,81)
Временной ряд + пропуски / Time series + missing values	0,94	0,82 (0,71–0,92)	0,60 (0,38–0,80)
Лучшие пять переменных / Five best features	-	0,77 (0,66–0,87)	0,44 (0,27–0,70)

Примечание: Ср. – среднее; CO – стандартное отклонение.  
 Note: SD – standard deviation.

пациентов в палате ИТАР. Так, разброс значений летальности существенно возрастает после 13–14 часов нахождения в отделении ИТАР.

Диаграммы по типу «пчелиного роя», показывающие влияние признаков, использованных в модели LSTM представлены в приложении В (дополнительные материалы на сайте журнала <https://doi.org/10.47093/2218-7332.2024.15.4.19-31-annex-b>). На этих рисунках красным цветом обозначены максимальные, а синим – минимальные значения по каждой из переменных, и их влияние на летальный исход в зависимости от часа регистрации в отделении ИТАР.

## ОБСУЖДЕНИЕ

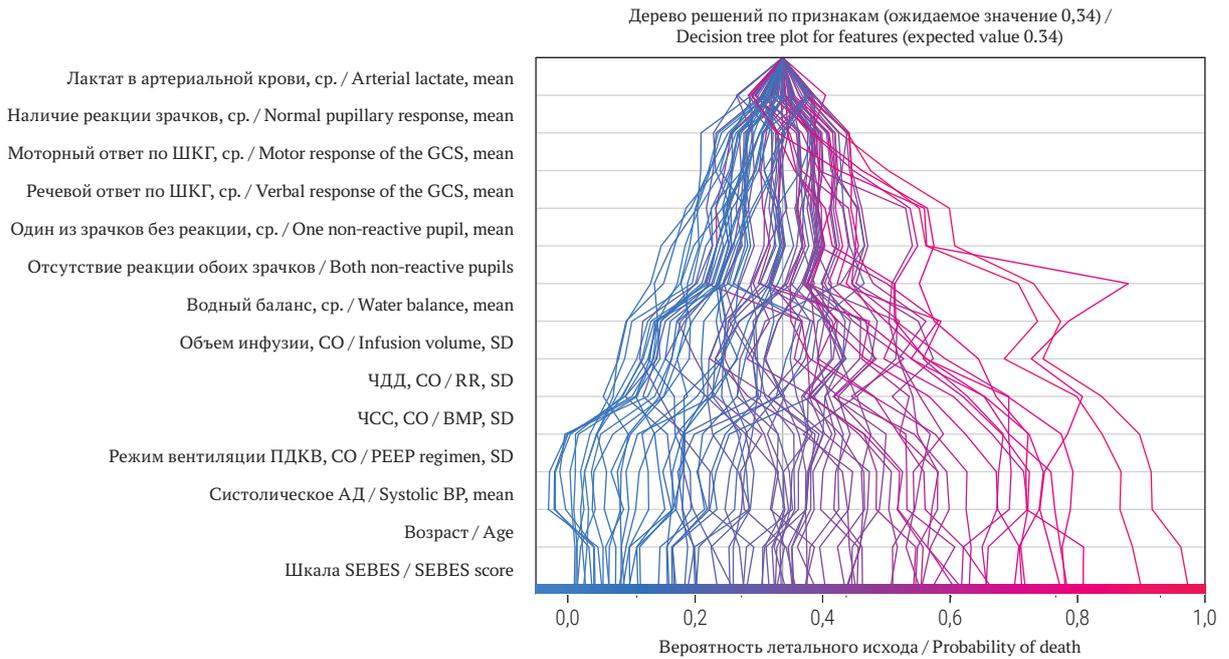
В ходе проведенного исследования создана модель МО по прогнозированию летальности у пациентов с аневризматическим САК на основании показателей мониторинга в отделении ИТАР в течение первых 24 часов от поступления. При сравнительном анализе эффективности вариантов алгоритмов МО наибольшей предиктивной мощностью характеризовалась

модель с архитектурой LSTM. Так, значения AUROC и AUPRC для модели LSTM были самыми высокими, составив 0,83 и 0,62, соответственно. При этом необходимо отметить, что показатели AUROC и AUPRC имели отчетливую тенденцию к снижению при возникновении летального исхода после 6 суток от начала заболевания. На практике это означает, что примененный в этом исследовании алгоритм МО наиболее информативен в ближайшем периоде после поступления пациента в отделение ИТАР, а после 6 суток его прогностическая ценность ослабевает.

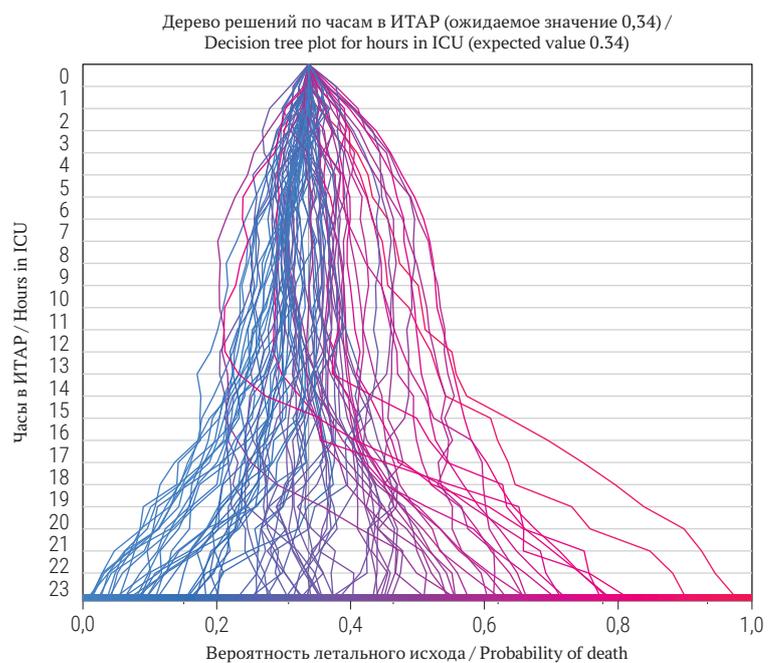
Разработанная модель МО включила 12 признаков, которые были отобраны в ходе предобработки первичной выборки в форме больших данных. Важно отметить, что первичная выборка содержала 7290 признаков, но после проведенных процедур по предобработке данных в анализ было оставлено только 322. Методы предобработки данных выборки, в которой информация имеет выраженную гетерогенность и комплексность описаны ранее<sup>5</sup>. При оценке значимости признаков установлены независимо ассоциированные с летальным исходом после САК.

<sup>5</sup> Suvanto, Kalle-Oskari (2022-10-14). Machine learning based prediction of intensive care unit mortality for patients with aneurysmal subarachnoid hemorrhage <https://oulu.repo.oulu.fi/handle/10024/19706> (дата доступа: 08.01.2023).

A



B



**РИС. 4.** Дерево решений по признакам (А), по часам (В) в отделении интенсивной терапии, анестезии и реанимации.

Примечание: АД – артериальное давление; ИТАР – отделение интенсивной терапии, анестезии и реанимации; ПДКВ – положительное давление конца выдоха; CO – стандартное отклонение; ср. – среднее арифметическое; ЧДД – частота дыхательных движений; ЧСС – частота сердечных сокращений; ШКГ – шкала комы Глазго; SEBES Score – Subarachnoid Hemorrhage Early Brain Edema Score (шкала раннего отёка мозга при субарахноидальном кровоизлиянии).

**FIG. 4.** Decision tree plot for features (A), hours (B) in intensive care unit.

Note: BMP – beats per minute (heart rate); BP – blood pressure; GCS – Glasgow Coma Scale; ICU – intensive care unit; PEEP regimen – positive end-expiratory pressure regimen; RR – Respiratory rate; SD – standard deviation.

Выявленные факторы можно сгруппировать в несколько блоков: (1) переменные мониторингования, (2) переменные клинического статуса и (3) переменные нейровизуализации. Ниже мы рассмотрим эти переменные более подробно.

**1. Переменные мониторингования**

В этот блок вошли такие показатели, как водный баланс, объём инфузии, ЧД, ЧСС, систолическое АД, режим вентиляции ПДКВ, уровень лактата в артериальной крови. Отметим, что такие переменные,

как режим вентиляции ПДКВ и систолическое АД, не достигли порога статистической значимости. Оценка корреляции вышеуказанных факторов с летальностью показала увеличение вероятности неблагоприятного исхода при повышенных показателях объёма инфузии, положительном водном балансе, высоких значениях систолического АД и повышении лактата артериальной крови, а также при снижении показателей ЧД и ЧСС. Эти результаты согласуются с литературными данными [9, 11–15]. В условиях ИТАР, как правило, уделяется повышенное внимание контролю водного баланса при ведении пациентов с САК, так как это составляющая часть традиционной модели профилактики вазоспазма, а именно 3Г-терапии (гипертензия, гиперволемиа, гемодилюция) [16, 17]. При этом современная литература содержит указания на неоднозначность такого подхода в отношении гиперволемии и гипергидратации [14]. Так, в работе N.R. Kisson и соавт. [12] при анализе выборки, состоящей из 288 пациентов с САК, было обнаружено негативное влияние повышенных объёмов вводимых жидкостей и поддержания положительного водного баланса на функциональный исход. Каждому литру позитивного водного баланса соответствовало увеличение на 17% риска неблагоприятного функционального исхода. Позитивный водный баланс был статистически независимым фактором и ассоциировался с рисками кардиопульмональных осложнений. В качестве возможных механизмов негативного влияния гипергидратации при САК авторы отмечают развитие отёка мозга и нарушения электрохимических процессов в нервной ткани из-за альтераций электролитного гомеостаза [12]. В пользу гипотезы о повреждающем воздействии гипергидратации при САК R.P. Martini и соавт. [13] в группе из 356 пациентов обнаружили, что инфаркт мозга на контрольных снимках компьютерной томографии регистрировался чаще у пациентов с положительным, а не отрицательным водным балансом: 11% vs. 7%, соответственно. Кроме того, по данным других авторов положительный водный баланс был ассоциирован с развитием почечной и печёночной дисфункции, а также гематологических осложнений у пациентов с САК [18, 19].

Одним из факторов, ассоциированных с увеличением риска летального исхода было содержание лактата в артериальной крови. Это наблюдение получает подтверждение и по данным литературы. Содержание лактата в крови даёт информацию о тяжести состояния и риске летальности у пациентов в отделении ИТАР [20], а также может использоваться в качестве предиктора исходов при сепсисе и тяжелых политравмах [21]. В работе, посвящённой исследованию влияния лактата крови на прогнозирование пациентов с САК летального исхода, С.Н. Oh и соавт. [11] проанализировали выборку из 189 пациентов и обнаружили статистически

значимую корреляцию между повышением концентрации лактата более 2,3 ммоль/л и риском смерти после САК. В качестве объяснения патофизиологии этого феномена авторы выдвинули гипотезу, согласно которой лактат крови выступает в качестве биомаркера тканевой гипоксии и гипоперфузии мозга, что вызвано гиперпродукцией катехоламинов, столь типичной для острого периода САК [11].

### 2. Переменные клинического статуса

Эта группа факторов в модели МО включала моторный и речевой ответ по ШКГ, а также реакцию зрачков на свет в разных комбинациях. Отсутствие ответа на речь, ухудшение моторной реакции и снижение фотореакции зрачков коррелировали с неблагоприятным прогнозом. Влияние этих переменных на прогноз САК подробно проанализировано ранее [3] и подтверждаются реальной клинической практикой.

К этой группе переменных также относится возраст пациентов. Согласно полученной модели МО, этот фактор не имел статистической значимости в прогнозировании летального исхода. Подобный феномен, по-видимому, связан наличием корреляции возраста с остальными компонентами модели, что в математическом плане не позволяет рассматривать его как независимую переменную. Вместе с тем клинический опыт однозначно указывает на отрицательное влияние возраста на исход САК.

### 3. Переменные нейровизуализации

Разработанная модель МО включила шкалу SEBES, описывающую наличие ранних повреждений мозга и изменений на компьютерной томографии. Данная шкала была опубликована в 2018 году S.H. Ahn и соавт. [22] для оценки прогностической ценности ранних повреждений и отёка мозга на двух уровнях компьютерной томографии в первые часы после САК. Необходимость разработки подобной шкалы была продиктована наблюдениями о связи ранних повреждений мозга с развитием отсроченной ишемии мозга, в тяжелых случаях приводящей к летальному исходу [22–25]. Понятие ранних повреждений мозга (в англоязычной литературе – early brain injury) определено как повреждение мозга в течение 72 часов от начала симптомов САК [23]. Таким образом, шкала SEBES базируется на оценке снимков компьютерной томографии на раннем этапе нахождения пациента в отделении ИТАР. В последние годы при оценке изменений отёка мозга используется расширение зон интереса до трех (SEBES 6) и четырёх уровней (SEBES 8) [26]. В нашем анализе мы применяли модификацию SEBES 8. Данная переменная и её включение в разработанную прогностическую модель соответствует клинической логике течения заболевания и подтверждает необходимость её оценки, особенно к концу первых суток в отделении ИТАР.

### Ограничения исследования

Ограничениями являются ретроспективный дизайн исследования, а также отсутствие валидационной выборки. Кроме того, разработанная модель базируется на переменных, которые были строго ограничены по времени регистрации первыми сутками от поступления в отделение ИТАР. Применение модели для прогнозирования летальности в более поздние сроки ограничено, поскольку отсроченные осложнения САК (например, гидроцефалия и симптоматический вазоспазм) не были приняты во внимание при разработке модели. С методологической точки зрения оценка модели, основанной на переменных, предварительно отфильтрованных из разреженных данных, смещает акцент анализа в сторону математической ценности, ограничивая клиническую релевантность признаков, включенных в модель. Однако такой подход был выбран нами в первую очередь для подтверждения возможности

применения современных методов МО для анализа клинических выборок.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В исследовании представлен алгоритм анализа неопределенного набора данных с применением различных моделей МО. Лучшей моделью для предсказания летального исхода была рекуррентная нейронная сеть LSTM. Эта модель включила набор признаков, зарегистрированных в течение 24 часов от поступления в отделение ИТАР, и позволила предсказать госпитальную летальность в течение 7 суток после САК с показателем специфичности 0,58 и чувствительности 0,95. Положительная прогностическая ценность модели достигала максимума при регистрации переменных с 3-х по 6-е сутки нахождения в отделении ИТАР, составив 0,83. В перспективе модель может быть адаптирована к разработке автоматизированных алгоритмов ведения пациентов с САК в критическом состоянии.

### ВКЛАД АВТОРОВ

Ю.В. Кивелёв разработал концепцию и дизайн исследования, провел сбор и обработку клинического материала, составил основной текст рукописи. Ю.В. Кивелёв, А.Л. Кривошапкин, А.А. Суфианов участвовали в редактировании текста рукописи. Все авторы утвердили окончательную версию статьи.

### AUTHOR CONTRIBUTIONS

Juri V. Kivelev developed the concept and design of the study, collected and analyzed the data and drafted the manuscript. Juri V. Kivelev, Alexey L. Krivoschapkin, Albert A. Sufianov took part in editing of the text. All authors approved the final version of the article.

### ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. van Gijn J, Kerr R.S., Rinkel G.J. Subarachnoid haemorrhage. *Lancet*. 2007; 369(9558): 306–318. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(07\)60153-6](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(07)60153-6). PMID: 17258671
2. Suarez J.L., Tarr R.W., Selman W.R. Aneurysmal subarachnoid hemorrhage. *N Engl J Med*. 2006; 354(4): 387–396. <https://doi.org/10.1056/nejmra052732>. PMID: 16436770
3. Lawton M.T., Vates G.E. Subarachnoid Hemorrhage. *The New England journal of medicine*. 2017; 377(3): 257–266. <https://doi.org/10.1056/nejmcp1605827>. PMID: 28723321
4. Brisman J.L., Song J.K., Newell D.W. Cerebral aneurysms. *N Engl J Med*. 2006; 355(9): 928–939. <https://doi.org/10.1056/nejmra052760>. PMID: 16943405
5. Wang R., Zhang J., Shan B., et al. XGBoost Machine Learning Algorithm for Prediction of Outcome in Aneurysmal Subarachnoid Hemorrhage. *Neuropsychiatr Dis Treat*. 2022; 18: 659–667. <https://doi.org/10.2147/ndt.s349956>. PMID: 35378822
6. Jaja B.N.R., Saposnik G., Lingsma H.F., et al. Development and validation of outcome prediction models for aneurysmal subarachnoid haemorrhage: the SAHIT multinational cohort study. *Bmj*. 2018; 360: j5745. <https://doi.org/10.1136/bmj.j5745>. PMID: 29348138
7. Dengler N.F., Madai V.I., Unteroberdörster M., et al. Outcome prediction in aneurysmal subarachnoid hemorrhage: a comparison of machine learning methods and established clinico-radiological scores. *Neurosurg Rev*. 2021; 44(5): 2837–2846. <https://doi.org/10.1007/s10143-020-01453-6>. PMID: 33474607
8. Yu D., Williams G.W., Aguilar D., et al. Machine learning prediction of the adverse outcome for nontraumatic subarachnoid hemorrhage patients. *Ann Clin Transl Neurol*. 2020; 7(11): 2178–2185. <https://doi.org/10.1002/acn.3.51208>. Epub 2020 Sep 29. PMID: 32990362
9. Tabaie A., Nemati S., Allen J.W., et al. Assessing contribution of higher order clinical risk factors to prediction of outcome in aneurysmal subarachnoid hemorrhage patients. *AMIA Annu Symp Proc*. 2019; 2019: 848–856. PMID: 32308881
10. Štrumbelj E., Kononenko I. Explaining prediction models and individual predictions with feature contributions. *Knowledge and Information Systems*. 2013; 41: 647–665. <https://doi.org/10.1007/s10115-013-0679-x>
11. Oh C.H., Kim J.W., Kim G.H., et al. Serum Lactate could predict mortality in patients with spontaneous subarachnoid hemorrhage in the emergency department. *Front Neurol*. 2020; 11: 975. <https://doi.org/10.3389/fneur.2020.00975>. PMID: 33013645
12. Kissoon N.R., Mandrekar J.N., Fugate J.E., et al. Positive fluid balance is associated with poor outcomes in subarachnoid hemorrhage. *J Stroke Cerebrovasc Dis*. 2015; 24(10): 2245–2251. <https://doi.org/10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2015.05.027>. PMID: 26277290
13. Martini R.P., Deem S., Brown M., et al. The association between fluid balance and outcomes after subarachnoid hemorrhage. *Neurocrit Care*. 2012; 17(2): 191–198. <https://doi.org/10.1007/s12028-011-9573-0>. PMID: 21688008
14. Deem S., Diringer M., Livesay S., Treggiari M.M. Hemodynamic management in the prevention and treatment of delayed cerebral ischemia after aneurysmal subarachnoid hemorrhage. *Neurocrit Care*. 2023; 39(1): 81–90. <https://doi.org/10.1007/s12028-023-01738-w>. PMID: 37160848
15. Hosmann A., Schnackenburg P., Rauscher S., et al. Brain tissue oxygen response as indicator for cerebral lactate levels in aneurysmal subarachnoid hemorrhage patients. *J Neurosurg Anesthesiol*. 2022; 34(2): 193–200. <https://doi.org/10.1097/ANA.0000000000000713> PMID: 32701532
16. Treggiari M.M., Deem S., Which H. is the most important in triple-H therapy for cerebral vasospasm? *Curr Opin Crit Care*. 2009; 15(2): 83–86. <https://doi.org/10.1097/mcc.0b013e32832922d1>. PMID: 19276798

17. Sen J., Belli A., Albon H., et al. Triple-H therapy in the management of aneurysmal subarachnoid haemorrhage. *Lancet Neurol.* 2003; 2(10): 614–621. [https://doi.org/10.1016/s1474-4422\(03\)00531-3](https://doi.org/10.1016/s1474-4422(03)00531-3). PMID: 14505583
18. Solenski N.J., Haley E.C. Jr., Kassell N.F., et al. Medical complications of aneurysmal subarachnoid hemorrhage: a report of the multicenter, cooperative aneurysm study. Participants of the Multicenter Cooperative Aneurysm Study. *Crit Care Med.* 1995; 23(6): 1007–1017. <https://doi.org/10.1097/00003246-199506000-00004>. PMID: 7774210
19. Festic E., Rabinstein A.A., Freeman W.D., et al. Blood transfusion is an important predictor of hospital mortality among patients with aneurysmal subarachnoid hemorrhage. *Neurocrit Care.* 2013; 18(2): 209–215. <https://doi.org/10.1007/s12028-012-9777-y> PMID: 22965325
20. Bakker J., Nijsten M.W., Jansen T.C. Clinical use of lactate monitoring in critically ill patients. *Ann Intensive Care.* 2013; 3(1): 12. <https://doi.org/10.1186/2110-5820-3-12>. PMID: 23663301
21. Krishna U., Joshi S.P., Modh M. An evaluation of serial blood lactate measurement as an early predictor of shock and its outcome in patients of trauma or sepsis. *Indian J Crit Care Med.* 2009; 13(2): 66–73. <https://doi.org/10.4103/0972-5229.56051>. PMID: 19881186
22. Ahn S.H., Savarraj J.P., Pervez M., et al. The subarachnoid hemorrhage early brain edema score predicts delayed cerebral ischemia and clinical outcomes. *Neurosurgery.* 2018; 83(1): 137–145. <https://doi.org/10.1093/neuros/nyx364>. PMID: 28973675
23. Suzuki H. What is early brain injury? *Transl Stroke Res.* 2015; 6(1): 1–3. <https://doi.org/10.1007/s12975-014-0380-8>. PMID: 25502277
24. Fujii M., Yan J., Rolland W.B., et al. Early brain injury, an evolving frontier in subarachnoid hemorrhage research. *Transl Stroke Res.* 2013; 4(4): 432–446. <https://doi.org/10.1007/s12975-013-0257-2>. PMID: 23894255
25. Savarraj J., Parsha K., Hergenroeder G., et al. Early brain injury associated with systemic inflammation after subarachnoid hemorrhage. *Neurocrit Care.* 2018; 28(2): 203–211. <https://doi.org/10.1007/s12028-017-0471-y>. PMID: 29043545
26. Eibach M., Won S.Y., Bruder M., et al. Age dependency and modification of the Subarachnoid Hemorrhage Early Brain Edema Score. *J Neurosurg.* 2020; 134(3): 946–952. <https://doi.org/10.3171/2019.12.jns192744>. PMID: 32197254

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Кивелёв Юрий Владимирович** , канд. мед. наук, PhD Университета Хельсинки, врач-нейрохирург Клиники нейрохирургии АО «Европейский медицинский центр».   
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5499-9628>

**Кривошапкин Алексей Леонидович**, д-р мед. наук, профессор, заведующий отделением нейрохирургии АО «Европейский медицинский центр»; заведующий кафедрой нейрохирургии ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы».   
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0789-8039>

**Суфианов Альберт Акрамович**, д-р мед. наук, профессор, член-корреспондент РАН, главный врач ФГБУ «Федеральный центр нейрохирургии» Минздрава России; зав. кафедрой нейрохирургии ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет); профессор ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов»   
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7580-0385>

**Juri V. Kivelev** , Cand. of Sci. (Medicine), PhD University of Helsinki, neurosurgeon, Department of Neurosurgery, “European Medical Center”.   
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5499-9628>

**Alexey L. Krivoshapkin**, Dr. of Sci. (Medicine), Professor, Head of the Department of Neurosurgery, “European Medical Center”; Head of the Department of Neurosurgery, Peoples’ Friendship University of Russia (RUDN University).   
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0789-8039>

**Albert A. Suvianov**, Dr. of Sci. (Medicine), Professor, Corresponding Member of RAS, Head of Federal Centre of Neurosurgery; Head of the Department of Neurosurgery, Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University); Professor, Peoples’ Friendship University of Russia (RUDN University).   
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7580-0385>

 Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

Клинический случай / Clinical case

УДК [618.3-06:616.133.33-007.64]-089

<https://doi.org/10.47093/2218-7332.2024.15.4.32-42>

## Превентивная декомпрессивная краниоэктомия при разрыве церебральной аневризмы в первом триместре беременности: успешный исход для матери и плода

М.Е. Першин, Д.В. Литвиненко✉, Т.И. Конарева, В.В. Ткачев

ГБУЗ «Научно-исследовательский институт – Краевая клиническая больница № 1 им. профессора С.В. Очаповского» Минздрава Краснодарского края  
ул.1 Мая, д. 167, г. Краснодар, 350086, Россия

### Аннотация

Одним из путей улучшения функциональных исходов у пациентов с разорвавшимися церебральными аневризмами является превентивная декомпрессивная краниоэктомия (ДК). Такая тактика не исследована при беременности.

**Описание случая.** Пациентка 34 лет, находящаяся на 10-й неделе беременности, госпитализирована по поводу острой головной боли. По данным методов визуализации диагностирован разрыв аневризмы правой внутренней сонной артерии (ВСА), субарахноидально-паренхиматозно-субдуральное кровоизлияние, выраженный распространенный артериоспазм. Согласие на оперативное лечение с условием пролонгации беременности получено только на 4-е сутки заболевания на фоне нарастания объема субдуральной гематомы и смещения срединных структур. Выполнена ДК, клипирование аневризмы. Течение послеоперационного периода благоприятное. На 40-й неделе беременности проведено родоразрешение кесаревым сечением, ребенок здоров. В последующем выполнена краниопластика дефекта костей черепа.

**Обсуждение.** Представлен первый случай успешного лечения пациентки с разрывом аневризмы ВСА в первом триместре беременности с использованием ДК. Лечение беременных с разрывами церебральных аневризм в первом триместре беременности представляет значительные сложности в медицинском, морально-этическом и правовом отношении. Мультидисциплинарный подход, взвешенная оценка тяжести течения заболевания и беременности, индивидуальных рисков оперативного вмешательства и потенциальных осложнений, объема выполняемых диагностических процедур и мероприятий интенсивной терапии дают возможность сохранить жизнь и здоровье матери и плода.

**Ключевые слова:** субарахноидальное кровоизлияние; декомпрессивная краниоэктомия; инсульт у беременных; церебральные аневризмы и беременность

### Рубрики MeSH:

БЕРЕМЕННОСТИ ОСЛОЖНЕНИЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫЕ – ДИАГНОСТИКА

БЕРЕМЕННОСТИ ОСЛОЖНЕНИЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫЕ – ХИРУРГИЯ

АНЕВРИЗМЫ РАЗРЫВ – ДИАГНОСТИКА

АНЕВРИЗМЫ РАЗРЫВ – ХИРУРГИЯ

ВНУТРИЧЕРЕПНАЯ АНЕВРИЗМА – ДИАГНОСТИКА

ВНУТРИЧЕРЕПНАЯ АНЕВРИЗМА – ХИРУРГИЯ

КРАНИОЭКТОМИЯ ДЕКОМПРЕССИОННАЯ – МЕТОДЫ

БЕРЕМЕННОСТИ ИСХОД

**Для цитирования:** Першин М.Е., Литвиненко Д.В., Конарева Т.И., Ткачев В.В. Превентивная декомпрессивная краниоэктомия при разрыве церебральной аневризмы в первом триместре беременности: успешный исход для матери и плода. Сеченовский вестник. 2024; 15(4): 32–42 <https://doi.org/10.47093/2218-7332.2024.15.4.32-42>

## КОНТАКТНАЯ ИНФОРМАЦИЯ:

**Литвиненко Дмитрий Викторович**, канд. мед. наук, врач нейрохирургического отделения № 2 ГБУЗ «НИИ – ККБ № 1 им. профессора С.В. Очаповского» МЗ КК

**Адрес:** ул. 1 Мая, д. 167, г. Краснодар, 350086, Россия

**E-mail:** dlmalit73@yandex.ru

**Соблюдение этических норм.** Заявление о согласии. Пациентка дала согласие на публикацию представленной статьи «Профилактическая декомпрессивная краниоэктомиа при разрыве церебральной аневризмы в первом триместре беременности: успешный исход для матери и плода» в журнале «Сеченовский вестник».

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Финансирование.** Исследование не имело спонсорской поддержки (собственные ресурсы).

**Благодарность.** Авторы выражают благодарность Галине Р. Обивалиной – студентке 5-го курса лечебного факультета федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации за помощь в подготовке и оформлении иллюстраций.

**Поступила:** 02.08.2024

**Принята:** 10.09.2024

**Дата печати:** 05.12.2024

## Preventive decompressive craniectomy for ruptured cerebral aneurysm in the first trimester of pregnancy: Successful outcome for mother and fetus

Mikhail E. Pershin, Dmitry V. Litvinenko✉, Tatyana I. Konareva, Vyacheslav V. Tkachev

*Research Institute – Regional Clinical Hospital No. 1 named after prof. S. V. Ochapovsky  
167, 1 May str., Krasnodar, 350086, Russia*

### Abstract

One of the ways to improve functional outcomes in patients with ruptured cerebral aneurysms is preventive decompressive craniectomy (DC). Such tactics have not been studied during pregnancy.

**Case report.** A 34-year-old female patient, who was 10 weeks pregnant, was hospitalized for an acute headache. According to imaging methods, rupture of the aneurysm of the right internal carotid artery (ICA), subarachnoid parenchymal subdural hemorrhage, pronounced widespread arteriospasm were diagnosed. Consent to surgical treatment with the condition of prolongation of pregnancy was obtained only on the 4th day of the disease against the background of an increase in the volume of subdural hematoma and displacement of median structures. DC was performed and the aneurysm was clipped. The course of the postoperative period was favorable. At 40 weeks of pregnancy, a cesarean section delivery was performed, the child is healthy. Subsequently, cranioplasty of the skull bone defect was performed.

**Discussion.** The first case of successful treatment of a patient with a ruptured ICA aneurysm in the first trimester of pregnancy using DC is presented. The treatment of pregnant women with ruptured cerebral aneurysms in the first trimester of pregnancy presents significant difficulties in medical, moral, ethical and legal terms. A multidisciplinary approach, a balanced assessment of the severity of the disease and pregnancy, individual risks of surgery and potential complications, the volume of diagnostic procedures and intensive care measures performed, make it possible to preserve the life and health of the mother and fetus.

**Keywords:** subarachnoid hemorrhage; decompressive craniectomy; stroke in pregnant women; cerebral aneurysms and pregnancy

### MeSH terms:

PREGNANCY COMPLICATIONS, CARDIOVASCULAR – DIAGNOSIS

PREGNANCY COMPLICATIONS, CARDIOVASCULAR – SURGERY

ANEURYSM, RUPTURED – DIAGNOSIS

ANEURYSM, RUPTURED – SURGERY

INTRACRANIAL ANEURYSM – DIAGNOSIS

INTRACRANIAL ANEURYSM – SURGERY  
DECOMPRESSIVE CRANIECTOMY – METHODS  
PREGNANCY OUTCOME

**For citation:** Pershin M.E., Litvinenko D.V., Konareva T.I., Tkachev V.V. Preventive decompressive craniectomy for ruptured cerebral aneurysm in the first trimester of pregnancy: successful outcome for mother and fetus. *Sechenov Medical Journal*. 2024; 15(4): 32–42. <https://doi.org/10.47093/2218-7332.2024.15.4.32-42>

## CONTACT INFORMATION:

**Dmitry V. Litvinenko**, Cand. of Sci. (Medicine), neurosurgeon, Department of Neurosurgery No. 2, Research Institute – Regional Clinical Hospital No. 1 named after prof. S. V. Ochapovsky

**Address:** 167, 1 May str., Krasnodar, 350086, Russia

**E-mail:** dlmalit73@gmail.com

**Compliance with ethical standards.** Consent statement. Patient has consented to the submission of this clinical case “Preventive decompressive craniectomy for ruptured cerebral aneurysm in the first trimester of pregnancy: Successful outcome for mother and fetus” in the “Sechenov Medical Journal”.

**Conflict of interests.** The authors declare that there is no conflict of interests.

**Financial support.** The study was not sponsored (own resources).

**Acknowledgements.** The authors are grateful to Galina R. Obivalina, a 5th year student of the Faculty of Medicine of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Kuban State Medical University” of the Ministry of Health of the Russian Federation, for her help in preparing and designing the illustrations.

**Received:** 02.08.2024

**Accepted:** 10.09.2024

**Date of publication:** 05.12.2024

**Список сокращений:**

ВСА – внутренняя сонная артерия

ДК – декомпрессивная краниэктомия

КТ – компьютерная томография

САК – субарахноидальное кровоизлияние

В настоящее время стратегия раннего лечения разорвавшихся церебральных аневризм является доминирующей, так как максимально быстрое выключение аневризм из кровообращения, независимо от тяжести состояния и возраста пациента, снижает летальность от повторных кровотечений [1–3]. Вместе с тем при выполнении операций вне оптимального хирургического окна – с 4-х по 14-е сутки после субарахноидального кровоизлияния (САК) – улучшения результатов не отмечается [2–4]. Поэтому поиск путей улучшения функциональных исходов пациентов, оперируемых на фоне развивающегося артериоспазма и ишемии мозга, остается актуальной проблемой. Применение у пациентов с осложненным течением аневризматической болезни головного мозга превентивной хирургической декомпрессивной краниэктомии (ДК) является одним из вариантов эффективного лечения [5–8].

Особую сложность представляет лечение аневризматического кровоизлияния у беременных из-за ограничений в использовании необходимого арсенала диагностических, хирургических и фармакологических методов. Умеренная гипертензия, необходимая для поддержания нормального церебрального перфузионного давления на фоне развивающегося у всех пациентов вазоспазма, может стать

у беременных пусковым механизмом преэклампсии и оказаться губительной для матери и плода [9, 10]. Агрессивная хирургическая тактика, оптимальная при осложненном течении субарахноидального кровоизлияния, не исследована при беременности. Стандартной рекомендацией служит прерывание беременности.

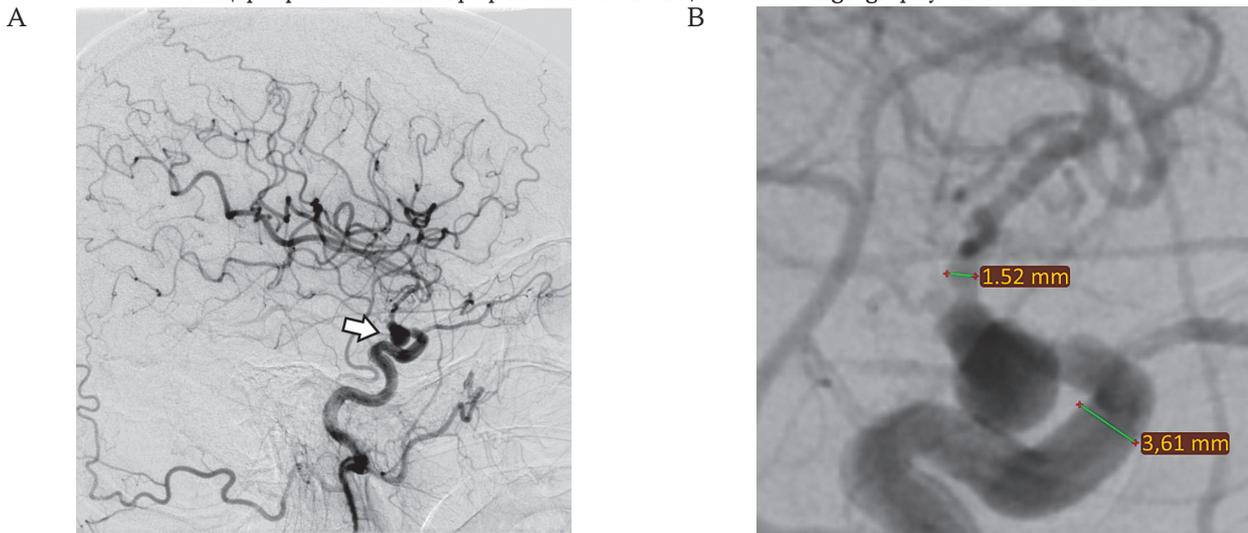
Представляем первый случай успешного лечения пациентки с разрывом аневризмы внутренней сонной артерии (ВСА) в первом триместре беременности с использованием ДК.

**ОПИСАНИЕ СЛУЧАЯ**

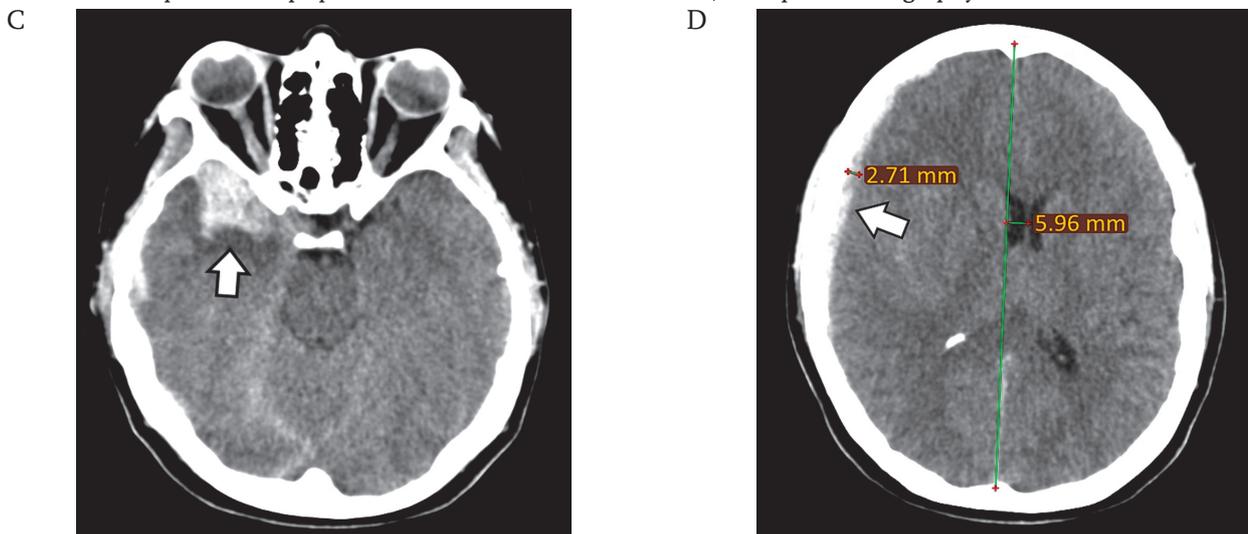
Пациентка 34 лет, находящаяся на 10-й неделе беременности, в связи с развитием острой головной боли госпитализирована 16.10.2021 в первичное сосудистое отделение одной из больниц Краснодарского края. По результатам компьютерной томографии (КТ) головного мозга и церебральной ангиографии верифицирован разрыв аневризмы правой ВСА, субарахноидально-паренхиматозно-субдуральное кровоизлияние, выраженный распространенный артериоспазм (рис. 1А–Д).

Для дальнейшего лечения переведена в ГБУЗ «НИИ – ККБ № 1 им. проф. С.В. Очаповского» МЗ Краснодарского края. При поступлении: состояние

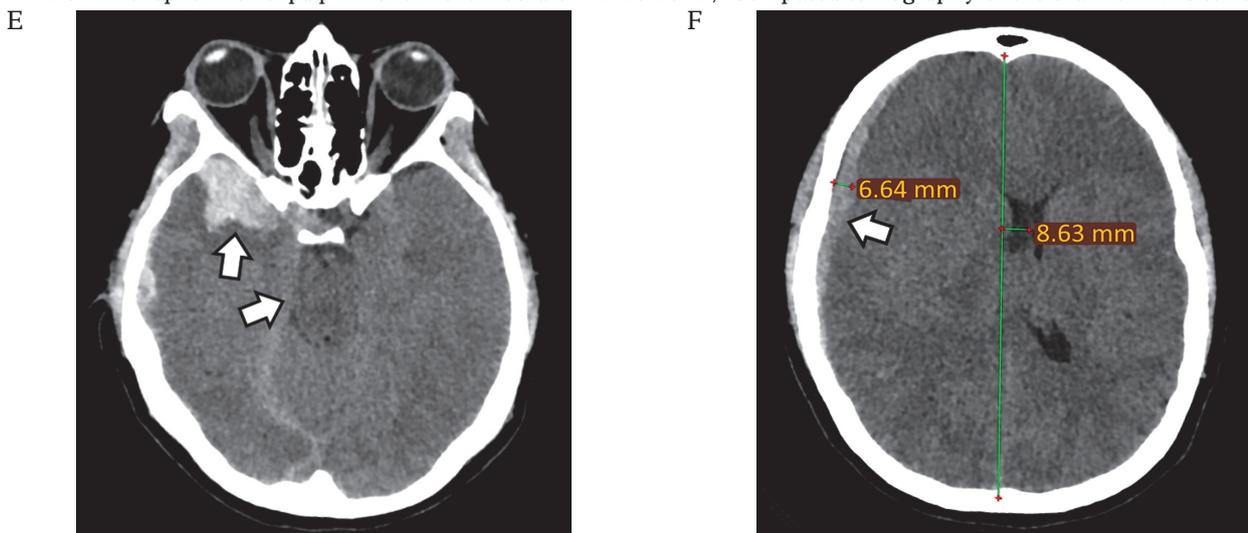
Церебральная ангиография от 16.10.2021 / Cerebral angiography on 16 Oct 2021



Компьютерная томография головного мозга от 16.10.2021 / Computed tomography of the brain on 16 Oct 2021



Компьютерная томография головного мозга от 19.10.2021 / Computed tomography of the brain on 19 Oct 2021



**РИС. 1.** Церебральная ангиография и компьютерная томография головного мозга пациентки 34 лет, находящейся на 10-й неделе беременности, на момент поступления и через 3 дня.

А-В: Церебральная ангиография (боковая проекция).

А. Аневризма коммуникантного сегмента правой внутренней сонной артерии (стрелка).

В. Аневризма коммуникантного сегмента правой внутренней сонной артерии (диаметр артерии 3,61 мм). Признаки выраженного распространенного артериоспазма (диаметр правой средней мозговой артерии в М1 сегменте 1,52 мм).

С–F: Компьютерная томография (аксиальная проекция).

С. Внутримозговая гематома правой височной доли (стрелка).

Д. Пластинчатая субдуральная гематома правого полушария головного мозга 2,71 мм (стрелка). Смещение срединных структур влево на 5,96 мм.

Е. Увеличение внутримозговой гематомы правой височной доли и компрессия обходной цистерны моста (стрелки), отек правой височной доли.

Ф. Увеличение субдуральной гематомы головного мозга до 6,64 мм (стрелка). Нарастание смещения срединных структур влево до 8,63 мм.

**FIG. 1.** Cerebral angiography and computed tomography of the brain of a 34-year-old female patient at 10 weeks' gestation on admission to hospital and three days later.

A–B: Cerebral angiography (lateral projection).

A. Aneurysm of the communicant segment of the right internal carotid artery (arrow).

B. Aneurysm of the communicant segment of the right internal carotid artery (artery 3.61 mm in diameter). Signs of pronounced widespread arteriospasm (diameter of the right middle cerebral artery in the M1 segment 1.52 mm).

C–F: Computed tomography (axial projection).

C. Intracerebral hematoma of the right temporal lobe (arrow).

D. Lamellar subdural hematoma of the right hemisphere of the brain 2.71 mm (arrow). Displacement of the median structures to the left by 5.96 mm.

E. Enlargement of the intracerebral haematoma of the right temporal lobe and compression of the cistern of the bypass bridge (arrows), edema of the right temporal lobe.

F. Enlargement of the subdural cerebral haematoma to 6.64 mm (arrow) and displacement of the medial structures to the left to 8.63 mm.

средней тяжести, сознание ясное (по шкале комы Глазго 15 баллов), грубый менингеальный синдром, зрачки равновеликие, легкий левосторонний гемипарез, гемигипестезия слева, патологических рефлексов нет. В соматическом статусе без патологии. Гинекологический осмотр: беременность 11–12 недель, прогрессирующая.

Решением консилиума в составе нейрохирург, терапевт, акушер-гинеколог пациентке объяснены риски разорвавшейся аневризмы ВСА и была предложена микрохирургическая операция на аневризме с предварительным прерыванием беременности с целью уменьшения нагрузки на организм матери и устранения возможных тератогенных последствий на плод.

Пациентка отказалась от прерывания беременности и оперативного лечения аневризмы и была госпитализирована для интенсивной терапии в отделение нейрореанимации. Клинический статус оставался без изменений, однако на контрольных КТ от 19.10.2021 отмечена отрицательная динамика в виде увеличения внутримозговой гематомы правой височной доли, увеличения субдуральной гематомы головного мозга и нарастания смещения срединных структур влево (рис. 1Е, F).

После повторных объяснений пациентке увеличившихся рисков разорвавшейся аневризмы ВСА для ее жизни и жизни плода получено согласие на открытую операцию на аневризме; от прерывания беременности отказалась.

#### Ход операции на аневризме

20.10.2021 проведена операция ДК справа, выделен сосудисто-нервный пучок шеи справа. Выполнена экстрадуральная резекция переднего наклоненного от-

ростка. Удалены острая субдуральная гематома объемом 50 см<sup>3</sup> и внутримозговая гематома правой височной доли объемом 15 см<sup>3</sup>. Разорвавшаяся аневризма правой ВСА в месте отхождения задней соединительной артерии клипирована. Проведена расширяющая пластика твердой мозговой оболочки аутонадкостницей.

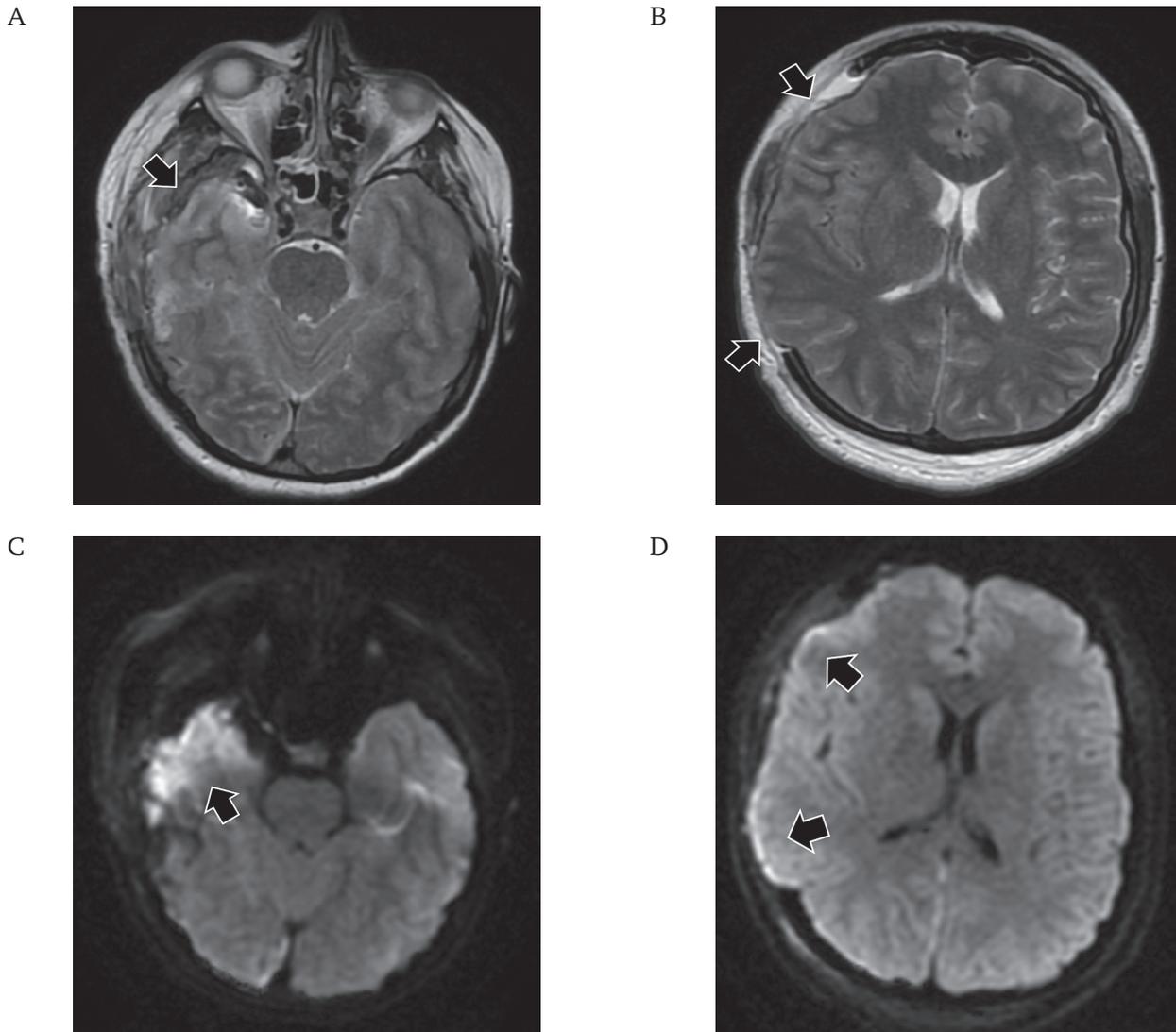
#### Послеоперационный период

В первые сутки после операции сознание восстановилось до умеренного оглушения (по шкале комы Глазго 13 баллов). Пациентка была экстубирована и переведена на самостоятельное дыхание. По данным транскраниальной доплерографии сосудов головного мозга зафиксирован артериоспазм в правом каротидном бассейне, скорость кровотока 162 см/сек, индекс Линдегарда 3,13. С целью снижения лучевой нагрузки в качестве контрольного исследования выполнена магнитно-резонансная томография головного мозга: гематома удалена, отмечены зоны ишемии правой височной и теменной долей, пролабирование вещества головного мозга в дефект (рис. 2).

Пациентка находилась в нейрореанимации в течение 10 дней, до разрешения вазоспазма. Проводилась инфузионная терапия под контролем водного баланса и электролитов крови, ежедневная транскраниальная доплерография. При выписке на 26-е сутки: состояние удовлетворительное, легкий левосторонний гемипарез, который через месяц на фоне вертикализации и расширения двигательной активности полностью регрессировал.

#### Беременность и роды

Беременность развивалась нормально. На 40-й неделе беременности, 12.04.2022, родоразрешение кесаревым сечением; родился здоровый ребенок.



**РИС. 2.** Магнитно-резонансная томография головного мозга пациентки 34 лет, находящейся на 11-й неделе беременности, на вторые сутки после декомпрессивной краниэктомии и клипирования аневризмы (22.10.2021).

A, B: режим T2, аксиальная проекция.

A. Субдуральная и внутримозговая гематомы удалены (стрелка).

B. Вещество головного мозга пролабирует в костный дефект на 0,65 мм (стрелки). Смещения срединных структур нет.

C, D: режим DWI, аксиальная проекция.

C. Зона ишемии правой височной и теменной долей (стрелка).

D. Пролабирание вещества головного мозга в дефект (стрелки).

**FIG. 2.** Magnetic resonance imaging of the brain of a 34-year-old female patient at 11 weeks of pregnancy on the second day after decompressive craniectomy and aneurysm clipping (22 Oct 2021).

A, B: T2 mode, axial projection.

A. Subdural and intracerebral hematomas removed (arrow).

B. The brain substance prolapses into the bone defect by 0.65 mm (arrows). Medial brain structures are not dislocated.

C, D: DWI mode, axial projection.

C. Ischemic zones of the right temporal and parietal lobes (arrow).

D. Prolapse of the brain substance into the defect (arrows).

Ранний послеродовой период протекал без осложнений, были выписаны 24.04.2022.

### Послеродовой период

После выписки из роддома появились признаки «синдрома трепанированных»: диффузная головная

боль и локальная боль в зоне трепанационного дефекта. От предложенной краниопластики отказалась по причине грудного вскармливания.

Через семь месяцев после родов, 08.11.2022, развился генерализованный судорожный припадок, в связи с чем было назначено противосудорожное

лечение (леветирацетам 1500 мг в сутки) и рекомендовано срочное закрытие дефекта черепа.

### Краниопластика

Поступила на краниопластику 09.12.2022. При осмотре: состояние средней тяжести ввиду выраженного «синдрома трепанированных». В неврологическом статусе без очаговой симптоматики. На КТ головного мозга – дефект черепа после ДК, кистозно-атрофические изменения в зоне операции (рис. 3).

В день поступления пациентке выполнена краниопластика гигантского дефекта черепа (12×9 см) сетчатым биосовместимым титановым имплантом (Osteonic Co., Ltd, Южная Корея), смоделированным интраоперационно.

На послеоперационной КТ головного мозга от 10.12.2022 отмечается нормализация пространственных краниocereбральных взаимоотношений правого полушария головного мозга (рис. 4А, В). При контрольной церебральной ангиографии от 12.12.2022: магистральные артерии правого каротидного бассейна проходимы, признаков артериоспазма нет, аневризма не контрастируется (рис. 4С, D).

После операции клиника «синдрома трепанированных» быстро регрессировала, выписана на 12-й день от поступления.

При контрольном осмотре 12.01.2023: сознание ясное, ориентирована, когнитивные функции не нарушены, мышечная сила достаточная во всех конечностях, патологических рефлексов нет, функциональные исходы по расширенной шкале исходов Глазго 7 баллов. Повторные судорожные припадки

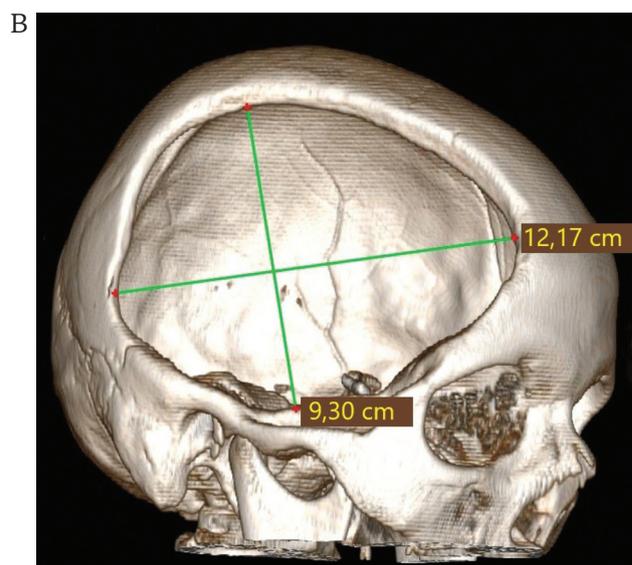
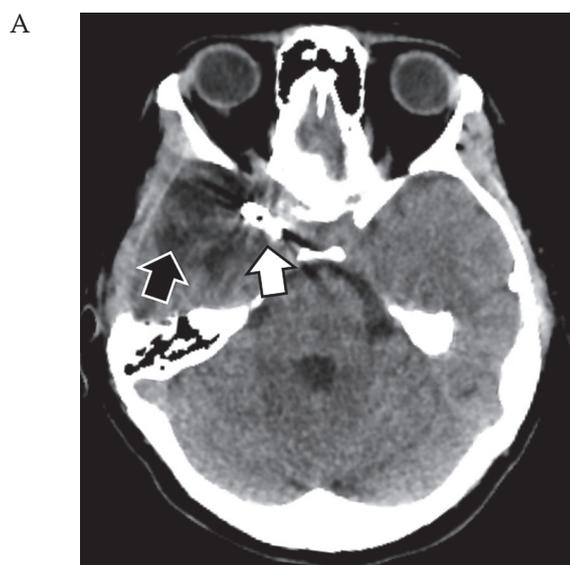
не наблюдались. Продолжает прием леветирацетама в прежней дозе.

### ОБСУЖДЕНИЕ

В 1994 году С. Fischer и соавт. впервые продемонстрировали возможность кардинального улучшения клинического состояния пациентов при рефрактерных к консервативной терапии САК из аневризм путем выполнения ДК [11]. Однако последующие исследования не показали достаточной эффективности ДК при разрывах церебральных аневризм, для того чтобы рекомендовать эту операцию в широкую практику [12–15]. Лишь спустя десятилетия была признана польза ДК у строго отобранных пациентов с разрывами церебральных аневризм, хотя за рубежом четких критериев отбора до настоящего времени не предложено.

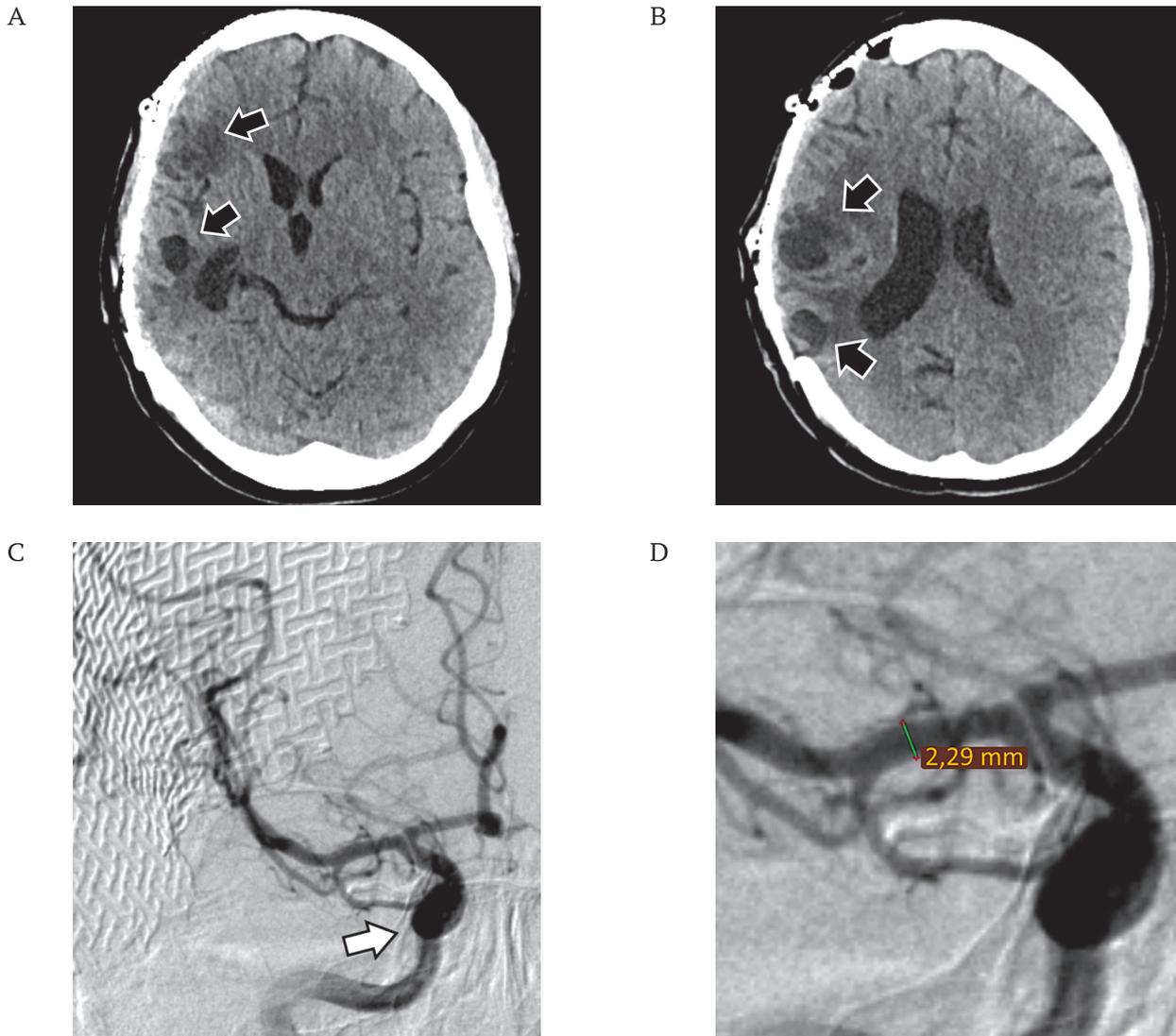
Основной причиной таргетного действия ДК при САК являются сложный, мультистадийный патогенез аневризматических кровоизлияний и максимальная эффективность ДК при превентивном выполнении у компенсированных пациентов – до развития инфарктов больших полушарий с масс-эффектом и инфарктов ствола.

Так, R. Jabbarli и соавт. [5] на примере 245 случаев САК продемонстрировали улучшения функциональных исходов при выполнении ранней декомпрессии по сравнению с отсроченной. В систематическом обзоре 2020 года М. Darkwah и соавт. [6] показано, что в большинстве случаев ранней декомпрессии подвергаются изначально тяжелые пациенты, а у пациентов средней тяжести ДК выполняется,



**РИС. 3.** Компьютерная томография головного мозга пациентки 34 лет перед выполнением краниопластики (09.12.2022). А. Аксиальная проекция: кистозно-атрофические изменения в зоне кровоизлияния (черная стрелка), клипс (белая стрелка). В. 3D-реконструкция компьютерной томографии головного мозга: размер дефекта черепа 12,17×9,30 см.

**FIG. 3.** Computed tomography scan of the brain in 34-year-old female patient before cranioplasty (09 Dec 2022). А. Axial projection: cystic atrophic changes in haemorrhage area (black arrow), clips (white arrow). В. 3D reconstruction of a computed tomography scan of the brain: the size of the skull defect is 12.17×9.30 cm.



**РИС. 4.** Компьютерная томография головного мозга (10.12.2022) и церебральная ангиография (12.12.2022) пациентки 34 лет после краниопластики.

А, В: Компьютерная томография (аксиальная проекция). Определяются порэнцефалические кисты правой височной и теменной долей (стрелки).

С, D: Церебральная ангиография (боковая проекция).

С. Клипированная аневризма не контрастируется (стрелка). Признаков артериоспазма нет.

D. Диаметр средней мозговой артерии в M1 сегменте – 2,29 мм.

**FIG. 4.** Computed tomography of the brain (10 Dec 2022) and cerebral angiography (12 Dec 2022) of a 34-year-old female patient after cranioplasty.

A, B: Computed tomography (axial projection). Porencephalic cysts of the right temporal and parietal lobes are determined (arrows).

C, D: Cerebral angiography (lateral projection).

C. The clipped aneurysm is not contrasted (arrow). There are no signs of arteriospasm.

D. The diameter of the middle cerebral artery in the M1 segment is 2.29 mm.

как правило, после клинической декомпенсации, когда операция почти бессмысленна.

Недавно стартовало проспективное исследование PICASSO, направленное на сравнительный анализ исходов первичной ДК при САК с медикаментозным лечением внутречерепной гипертензии и отсроченной операции, применяемой как *ultima ratio*, которое,

возможно, расширит научные представления по этой проблеме [16].

На этом фоне работы, выполненные в России, оказались более полезными для практики [7, 8]. Они позволили разработать официальные рекомендации по выполнению ДК у пациентов с разрывами церебральных аневризм, согласно которым наружная

декомпрессия рекомендуется при наличии одного из факторов: (1) Hunt-Hess – V, (2) дислокация срединных структур – более 5 мм, (3) внутримозговая гематома – более 30 мл, (4) признаки острой ишемии у пациентов с массивным САК (Fisher 3) и регламент лечения нетравматических внутричерепных кровоизлияний у беременных<sup>1,2</sup>.

В соответствии с этими документами хирургически тактика у беременных с разрывами церебральных аневризм не должна отличаться от тактики лечения других пациентов, а абсолютным показанием к экстренному прерыванию беременности со стороны центральной нервной системы является наличие симптомов преэклампсии и эклампсии<sup>2</sup>. Указанные рекомендации совпадают с единодушным мнением зарубежных исследователей, которые при сроке гестации менее 24 недель считают необходимым оперативное выключение разорвавшейся аневризмы и пролонгирование беременности [9, 10].

Ретроспективно анализируя выбранный объем оперативного вмешательства на аневризме (лечение проводилось до утверждения новых клинических рекомендаций по геморрагическому инсульту)<sup>1</sup>, можно сказать, что выбранная нами хирургическая тактика (наружная декомпрессия и клипирование аневризмы) соответствовала новым стандартам.

Послеоперационное консервативное лечение пациентки помимо профилактики тромбоэмболических осложнений было направлено на поддержание нормального волеического статуса и системного артериального давления, что *de facto* соответствует лечебным мероприятиям, проводимым в акушерском стационаре для коррекции фетоплацентарной недостаточности. Для ограничения лу-

чевой нагрузки в качестве метода послеоперационного контроля мы применяли МРТ головного мозга.

Необходимо упомянуть о том, что в соответствии с приказом Минздравсоцразвития России № 736 от 3 декабря 2007 г. «Об утверждении перечня медицинских показаний для искусственного прерывания беременности» с изменениями и дополнениями от 27 декабря 2011 г.<sup>3</sup> у представленной пациентки было прямое показание для прерывания беременности – аневризма мозговой артерии (Класс IX. Пункт 6). Вместе с этим, опираясь на статью 56 пункт 1 и статью 20 Федерального закона «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации» (Федеральный закон от 21.11.2011 № 323-ФЗ)<sup>4</sup>, учли волеизъявление пациентки пролонгировать беременность, и был осуществлен мультидисциплинарный подход к лечению, доказавший свою эффективность.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Лечение беременных с разрывами церебральных аневризм – чрезвычайно ответственная задача, представляющая серьезные сложности в медицинском, морально-этическом и правовом отношении. Тщательная, динамическая, взвешенная оценка тяжести течения заболевания и беременности, индивидуальных рисков планируемого оперативного вмешательства и потенциальных осложнений, возможность выполнения оптимального объема диагностических и лечебных процедур и мероприятий интенсивной терапии мультидисциплинарной командой позволяют сохранить здоровье матери и ребенка.

## ВКЛАД АВТОРОВ

Ткачев В.В. руководил написанием статьи. Першин М.Е. и Ткачев В.В. внесли основной вклад в разработку концепции статьи, подготовили текст. Литвиненко Д.В. и Конарева Т.И. принимали участие в обследовании пациента и подготовке материалов клинического наблюдения. Все авторы утвердили окончательную версию статьи.

## AUTHOR CONTRIBUTIONS

Vyacheslav V. Tkachev supervised the writing of the article. Mikhail E. Pershin and Vyacheslav V. Tkachev made the main contribution to the development of the concept of the article, prepared the text. Dmitry V. Litvinenko and Tatyana I. Konareva took part in the examination of the patient and the preparation of clinical observation materials. All authors approved the final version of the publication.

## ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Steiner T., Juvela S., Unterberg A., et al. European stroke organization. European stroke organization guidelines for the management of intracranial aneurysms and subarachnoid

haemorrhage. *Cerebrovasc Dis.* 2013; 35(2): 93–112. <https://doi.org/10.1159/000346087>. Epub 2013 Feb 7. PMID: 23406828

<sup>1</sup> Министерство здравоохранения РФ. Клинические рекомендации. Геморрагический инсульт (утв. Министерством здравоохранения РФ, 2022 г.) [https://cr.minzdrav.gov.ru/recommend/523\\_2](https://cr.minzdrav.gov.ru/recommend/523_2) (дата обращения: 05.07.2024).

<sup>2</sup> Ассоциация нейрохирургов. России Клинические рекомендации. Хирургическое лечение нетравматических внутричерепных кровоизлияний у беременных. Обсуждены и утверждены на Пленуме Правления Ассоциации нейрохирургов России г. Красноярск, 14.10.2015 [https://ruans.org/Text/Guidelines/sah\\_pregnant.pdf](https://ruans.org/Text/Guidelines/sah_pregnant.pdf) (дата обращения: 05.07.2024).

<sup>3</sup> Министерство здравоохранения РФ. Приказ Минздравсоцразвития России № 736 от 3 декабря 2007 г. <https://minzdrav.gov.ru/documents/7780-prikaz-minzdravsotsrazvitiya-rossii-736-ot-3-dekabrya-2007-g> (дата обращения: 05.07.2024).

<sup>4</sup> Министерство здравоохранения РФ. Федеральный закон от 21 ноября 2011 г. № 323-ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации» <https://minzdrav.gov.ru/documents/7025> (дата обращения: 05.07.2024).

2. Крылов В.В., Дашьян В.Г., Шатохин Т.А. и др. Выбор сроков открытого хирургического лечения больных с разрывом церебральных аневризм, осложненных массивным базальным субарахноидальным кровоизлиянием (Fisher 3). Нейрохирургия. 2015; 3: 11–17. / Krylov V.V., Dash'yan V.G., Shatokhin T.A., et al. The timing of open surgical treatment for patients with massive basal subarachnoid hemorrhage (Fisher 3) because of cerebral aneurysms rupture. The Russian Journal of Neurosurgery. 2015; 3: 11–17 (In Russian). EDN: VTQXEL
3. Yao Z., Hu X., Ma L., et al. Timing of surgery for aneurysmal subarachnoid hemorrhage: A systematic review and meta-analysis. Int J Surg. 2017 Dec; 48: 266–274. <https://doi.org/10.1016/j.ijss.2017.11.033>. Epub 2017 Nov 28. PMID: 29180068
4. Lu J., Wang L., Li R., et al. Timing of operation for poor-grade aneurysmal subarachnoid hemorrhage: relationship with delayed cerebral ischemia and poor prognosis. CNS Neurosci Ther. 2023 Apr; 29(4): 1120–1128. <https://doi.org/10.1111/cns.14088>. Epub 2023 Jan 10. PMID: 36627811
5. Jabbarli R., Oppong M.D., Dammann P., et al. Time is brain! Analysis of 245 cases with decompressive craniectomy due to subarachnoid hemorrhage. World Neurosurg. 2017 Feb; 98: 689–694.e2. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2016.12.012>. Epub 2016 Dec 18. PMID: 27993743
6. Darkwah Oppong M., Golubovic J., Hauck E.F., et al. Decompressive craniectomy in aneurysmal subarachnoid hemorrhage: Who and when? – A systematic review and meta-analysis. Clin Neurol Neurosurg. 2020 Dec; 199: 106252. <https://doi.org/10.1016/j.clineuro.2020.106252>. Epub 2020 Sep 28. PMID: 33011517
7. Дашьян В.Г., Левченко О.В., Айрапетян А.А. и др. Декомпрессивная краниотомия в хирургии разорвавшихся аневризм головного мозга. Российский нейрохирургический журнал имени профессора А. Л. Поленова. 2015; 4: 18–25. EDN: YFSCBF / Dash'yan V.G., Levchenko O.V., Airapetyan A.A., et al. Decompressive craniotomy at surgical treatment of ruptured intracranial aneurysms. Russian Journal of Neurosurgery. 2015; 4: 18–25 (In Russian).
8. Пилипенко Ю.В., Коновалов Ан.Н., Элиава Ш.Ш. и др. Определение оправданности и эффективности декомпрессивной трепанации черепа у больных с субарахноидальным кровоизлиянием после микрохирургического выключения аневризм. Журнал «Вопросы нейрохирургии» имени Н.Н. Бурденко. 2018; 82(1): 59–71. <https://doi.org/10.17116/neiro201882159-71>. PMID: 29543217 / Pilipenko Yu.V., Konovalov An.N., Eliava S.S., et al. Reasonability and efficacy of decompressive craniectomy in patients with subarachnoid hemorrhage after microsurgical aneurysm exclusion. Burdenko's Journal of Neurosurgery. 2018; 82(1): 59–71 (In Russian, In English). <https://doi.org/10.17116/neiro201882159-71>. PMID: 29543217
9. Beighley A., Glynn R., Scullen T., et al. Aneurysmal subarachnoid hemorrhage during pregnancy: a comprehensive and systematic review of the literature. Neurosurg Rev. 2021 Oct; 44(5): 2511–2522. <https://doi.org/10.1007/s10143-020-01457-2>. Epub 2021 Jan 7. PMID: 33409763
10. Selo-Ojeme D.O., Marshman L.A., Ikomi A., et al. Aneurysmal subarachnoid haemorrhage in pregnancy. Eur J ObstetGynecolReprod Biol. 2004 Oct 15; 116(2), 131–143. <https://doi.org/10.1016/j.ejogrb.2004.04.016>. PMID: 15358453
11. Fisher C.M., Ojemann R.G. Bilateral decompressive craniectomy for worsening coma in acute subarachnoid hemorrhage. Observations in support of the procedure. Surg Neurol. 1994 Jan; 41(1): 65–74. [https://doi.org/10.1016/0090-3019\(94\)90210-0](https://doi.org/10.1016/0090-3019(94)90210-0). PMID: 8310390
12. Holsgrove D.T., Kitchen W.J., Dulhanty L., et al. Intracranial hypertension in subarachnoid hemorrhage: outcome after decompressive craniectomy. Acta Neurochir Suppl. 2014; 119: 53–55. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-02411-0\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-319-02411-0_9). PMID: 24728633
13. Hwang U.S., Shin H.S., Lee S.H., et al. Decompressive surgery in patients with poor-grade aneurysmal subarachnoid hemorrhage: clipping with simultaneous decompression versus coil embolization followed by decompression. J Cerebrovasc Endovasc Neurosurg. 2014 Sep; 16: 254–261. <https://doi.org/10.7461/jcen.2014.16.3.254>. Epub 2014 Sep 30. PMID: 25340028.
14. Jussen D., Marticorena S., Sandow N., et al. Ultra-early decompressive hemicraniectomy in aneurysmal intracerebral hemorrhage: a retrospective observational study. Minerva Anesthesiol. 2015 Apr; 81(4): 398–404. Epub 2014 Sep 29. PMID: 25263023
15. Otani N., Nawashiro H., Wada K., et al. Surgical results after primary decompressive craniectomy in poor-grade aneurysmal subarachnoid hemorrhage. Acta Neurochir Suppl. 2013; 118: 269–272. [https://doi.org/10.1007/978-3-7091-1434-6\\_51](https://doi.org/10.1007/978-3-7091-1434-6_51). PMID: 23564146
16. Güresir E., Lampmann T., Brandecker S., et al. Primary decompressive craniectomy in aneurysmal subarachnoid hemorrhage (PICASSO) trial: study protocol for a randomized controlled trial. Trials. 2022 Dec 20; 23(1): 1027. <https://doi.org/10.1186/s13063-022-06969-4>. PMID: 36539817.

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Першин Михаил Евгеньевич**, врач-нейрохирург нейрохирургического отделения № 2 ГБУЗ «НИИ – Краевая клиническая больница № 1 им. профессора С.В. Очаповского» Министерства здравоохранения Краснодарского края.  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2390-3483>

**Литвиненко Дмитрий Викторович** , канд. мед. наук, врач-нейрохирург нейрохирургического отделения № 2 ГБУЗ «НИИ – Краевая клиническая больница № 1 им. профессора С.В. Очаповского» Министерства здравоохранения Краснодарского края.  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4831-1874>

**Mikhail E. Pershin**, neurosurgeon, Department of Neurosurgery No. 2, Research Institute – Regional Clinical Hospital No. 1 named after prof. S.V. Ochapovsky.  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2390-3483>

**Dmitry V. Litvinenko** , Cand. of Sci. (Medicine), neurosurgeon, Department of Neurosurgery No. 2, Research Institute – Regional Clinical Hospital No. 1 named after prof. S.V. Ochapovsky.  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4831-1874>

**Конарева Татьяна Ивановна**, заведующая отделением анестезиологии и реанимации № 3 ГБУЗ «НИИ – Краевая клиническая больница № 1 им. профессора С.В. Очаповского» Министерства здравоохранения Краснодарского края.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4807-5629>

**Ткачев Вячеслав Валерьевич**, д-р мед. наук, заведующий нейрохирургическим отделением № 2 ГБУЗ «НИИ – Краевая клиническая больница № 1 им. профессора С.В. Очаповского» Министерства здравоохранения Краснодарского края.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5600-329X>

**Tatyana I. Konareva**, Head of the Department of Anesthesiology and Intensive Care No. 3, Research Institute – Regional Clinical Hospital No. 1 named after prof. S.V. Ochapovsky.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4807-5629>

**Vyacheslav V. Tkachev**, Dr. of Sci. (Medicine), Head of the Department of Neurosurgery No. 2, Research Institute – Regional Clinical Hospital No. 1 named after prof. S.V. Ochapovsky.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5600-329X>

✉ Автор, ответственный за переписку / Corresponding author



## Удаление гигантской аневризмы шейного отдела внутренней сонной артерии с использованием внутриротовой остеотомии нижней челюсти: клинический случай

В.А. Лукьянчиков<sup>1,2</sup>, А.Л. Карагозян<sup>3,4,✉</sup>, Ю.И. Шатохина<sup>5</sup>, Т.А. Шатохин<sup>1</sup>,  
Д.Н. Решетов<sup>1,5</sup>, З.А. Кулов<sup>1</sup>, В.В. Крылов<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФГБНУ «Научный центр неврологии»

Волоколамское шоссе, д. 80, г. Москва, 125367, Россия

<sup>2</sup> ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет

имени Н.И. Пирогова» Минздрава России

ул. Островитянова, д. 1, г. Москва, 117513, Россия

<sup>3</sup> Многопрофильный медицинский центр «UNIKлиник»

ул. Мурановская, д. 5, г. Москва, 127543, Россия

<sup>4</sup> ГБУЗ «Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗМ»

Б. Сухаревская пл., д. 3, г. Москва, 129090, Россия

<sup>5</sup> ФГБОУ ВО «Российский университет медицины» Минздрава России

ул. Долгоруковская, д. 4, г. Москва, 127006, Россия

### Аннотация

При высоком расположении больших аневризм внутренней сонной артерии (ВСА) угол нижней челюсти становится анатомическим препятствием для формирования адекватного доступа. Расширение доступа может быть обеспечено за счет остеотомии нижней челюсти.

**Описание случая.** Пациентка 70 лет госпитализирована с жалобами на осиплость голоса, затруднение дыхания, заложенность правого уха. При объективном исследовании выявлено затруднение носового дыхания за счет сдавления носоглотки объемным образованием, легкая дизартрия, дисфония, девиация языка вправо, парез мягкого неба справа и правой голосовой связки. По данным компьютерной и магнитно-резонансной томографии в сонном пространстве выявлена тромбированная аневризма ВСА 50×49×60 мм. Оперативное лечение осуществлено мультидисциплинарной командой с привлечением нейрохирургов, оториноларингологов и челюстно-лицевых хирургов. Расширенный доступ осуществлен путем остеотомии нижней челюсти внутриротовым способом с последующей мобилизацией. В раннем послеоперационном периоде наблюдался регресс неврологической симптоматики.

**Обсуждение.** Для получения доступа к гигантским аневризмам шейного отдела ВСА возможно использование методики внутриротовой остеотомии нижней челюсти, что позволяет при увеличении радикальности основного этапа уменьшить травму и снизить риски осложнений.

**Ключевые слова:** опухоли головы и шеи; псевдоаневризма шейного отдела; опухоли сонного пространства; лучевая диагностика; хирургическое лечение аневризм

### Рубрики MeSH:

АНЕВРИЗМА – ДИАГНОСТИКА

АНЕВРИЗМА – ДИАГНОСТИЧЕСКОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ

АНЕВРИЗМА – ХИРУРГИЯ

СОННАЯ АРТЕРИЯ ВНУТРЕННЯЯ – ДИАГНОСТИЧЕСКОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ

СОННАЯ АРТЕРИЯ ВНУТРЕННЯЯ – ХИРУРГИЯ

ЧЕЛЮСТЬ НИЖНЯЯ – ХИРУРГИЯ

ЧЕЛЮСТИ НИЖНЕЙ ОСТЕОТОМИЯ – МЕТОДЫ

СОСУДИСТЫЕ ХИРУРГИЧЕСКИЕ ОПЕРАЦИИ – МЕТОДЫ

**Для цитирования:** Лукьянчиков В.А., Карагозян А.Л., Шатохина Ю.И., Шатохин Т.А., Решетов Д.Н., Кулов З.А., Крылов В.В. Удаление гигантской аневризмы шейного отдела внутренней сонной артерии с использованием внутриротовой остеотомии нижней челюсти: клинический случай. Сеченовский вестник. 2024; 15(4): 43–50. <https://doi.org/10.47093/2218-7332.2024.15.4.43-50>

**КОНТАКТНАЯ ИНФОРМАЦИЯ:**

**Карагозян Арсен Леонович**, соискатель ученой степени кандидата медицинских наук, ГБУЗ «Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗМ»

**Адрес:** Б. Сухаревская пл., д. 3, г. Москва, 129090, Россия

**E-mail:** 8301410@mail.ru

**Соблюдение этических норм.** Заявление о согласии. Пациентка дала согласие на публикацию представленной статьи «Удаление гигантской аневризмы шейного отдела внутренней сонной артерии с использованием внутриротовой остеотомии нижней челюсти: клинический случай» в журнале «Сеченовский вестник».

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Финансирование:** Исследование не имело спонсорской поддержки (собственные ресурсы)

**Поступила:** 04.06.2024

**Принята:** 25.08.2024

**Дата печати:** 05.12.2024

## Removal of a giant aneurism of cervical internal carotid artery with intraoral osteotomy of the mandible: A clinical case

Viktor A. Lukyanchikov<sup>1,2</sup>, Arsen L. Karagozyan<sup>3,4,✉</sup>, Julia I. Shatokhina<sup>5</sup>, Taras A. Shatokhin<sup>1</sup>, Dmitry N. Reshetov<sup>1,5</sup>, Zaurbek A. Kulov<sup>1</sup>, Vladimir V. Krylov<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Research Center of Neurology

80, Volokolamskoe highway, Moscow, 125367, Russia

<sup>2</sup> Pirogov Russian National Research Medical University

1, Ostrovityanova str., 1, Moscow, 117513, Russia

<sup>3</sup> Multidisciplinary medical center "UNIClinic"

5, Muranovskaya str., Moscow, 127543, Russia

<sup>4</sup> Sklifosovsky Clinical and Research Institute for Emergency Medicine

3, Bolshaya Sukharevskaya Sq., Moscow, 129090, Russia

<sup>5</sup> University of Medicine (ROSUNIMED)

4, Dolgorukovskaya str., Moscow, 127006, Russia

### Abstract

In large internal carotid artery (ICA) aneurysms, the angle of the mandible becomes an anatomical obstacle to creating an adequate access. Widening the access can be achieved by performing a mandibular osteotomy.

**Case report.** A 70-year-old female patient was admitted to hospital with complaints of hoarseness of voice, dyspnoea and congestion of the right ear. Objective examination revealed nasal respiratory distress due to nasopharyngeal compression by a voluminous mass, mild dysarthria, dysphonia, tongue deviation to the right, paresis of the right soft palate and right vocal cord. Computed tomography and magnetic resonance imaging showed a 50×49×60 mm thrombosed ICA aneurysm in the carotid space. Surgical management was performed by a multidisciplinary team including neurosurgeons, otolaryngologists and maxillofacial surgeons. Extended access was achieved by intraoral mandibular osteotomy followed by mobilization. Early postoperative resolution of neurological symptoms was observed.

**Discussion.** To gain access to giant aneurysms of the cervical branch of the ICA, it is possible to use the technique of intraoral osteotomy of the mandible. This reduces trauma and the risk of complications, while increasing the radicality of the main stage.

**Keywords:** head and neck volume formations; neck pseudoaneurysm; carotid space cancer; radiodiagnostics; surgical treatment of aneurism

**MeSH terms:**

ANEURYSM – DIAGNOSIS  
 ANEURYSM – DIAGNOSTIC IMAGING  
 ANEURYSM – SURGERY  
 CAROTID ARTERY, INTERNAL – DIAGNOSTIC IMAGING  
 CAROTID ARTERY, INTERNAL – SURGERY  
 MANDIBLE – SURGERY  
 MANDIBULAR OSTEOTOMY – METHODS  
 VASCULAR SURGICAL PROCEDURES – METHODS

**For citation:** Lukyanchikov V.A., Karagozyan A.L., Shatokhina J.I., Shatokhin T.A., Reshetov D.N., Kulov Z.A., Krylov V.V. Removal of a giant aneurism of cervical internal carotid artery with intraoral osteotomy of the mandible: A clinical case. *Sechenov Medical Journal*. 2024; 15(4): 43–50. <https://doi.org/10.47093/2218-7332.2024.15.4.43-50>

**CONTACT INFORMATION:**

**Arsen L. Karagozyan**, Cand. of Sci. (Medicine) seeking applicant of Sklifosovsky Clinical and Research Institute for Emergency Medicine

**Address:** 3, Bolshaya Sukharevskaya Sq., Moscow, 129090, Russia

**E-mail:** 8301410@mail.ru

**Compliance with ethical standards.** Consent statement. The patient consented to the publication of the article “Removal of a giant aneurism of cervical internal carotid artery with intraoral osteotomy of the mandible: A clinical case” in the “Sechenov Medical Journal”.

**Conflict of interests.** The authors declare that there is no conflict of interests

**Financial support.** The study was not sponsored (own resources)

**Received:** 04.06.2024

**Accepted:** 25.08.2024

**Date of publication:** 05.12.2024

**Список сокращений:**

BCA – внутренняя сонная артерия

КТ – компьютерная томография

МРТ – магнитно-резонансная томография

Аневризма – локальное расширение просвета артерии – делится на истинную, которая характеризуется расширением всех слоев артерии, и псевдоаневризму, представляющую собой внепросветное скопление крови вследствие нарушения целостности сосудистой стенки, окруженное тонким слоем адвентиции и периваскулярной тканью [1]. Рост псевдоаневризмы происходит под давлением крови путем раздвигания наружных и внутренних слоев артерии. Псевдоаневризмы нестабильны и склонны к тромбозу и разрыву [2], а также тромбоэмболиям, инициирующим ишемический инсульт [3].

Основными причинами развития истинных аневризм и псевдоаневризм шейного отдела внутренней сонной артерии (BCA) являются наследственные нарушения развития соединительной ткани (синдром Марфана, синдром Элерса – Данлоса), атеросклероз, патологическая извитость сосуда на фоне артериальной гипертензии, травмы шеи (проникающие, ножевые ранения), каротидная эндартерэктомия или протезирование BCA. У пациентов с атеросклероти-

ческим поражением и артериальной гипертензией в первые 12 месяцев после операции, вне зависимости от способа пластики, возможно развитие дилатации зоны каротидной эндартерэктомии [4].

Клинические проявления неосложненных аневризм шейного отдела BCA скудные и включают в себя головную боль и ухудшение зрения. Осложнениями являются: транзиторная ишемическая атака, ишемический инсульт, сдавление органов шеи, разрыв аневризмы [3]. Методом выбора в диагностике аневризм служит компьютерная томографическая (КТ) ангиография, прямая ангиография, магнитно-резонансная томография (МРТ) мягких тканей шеи, позволяющие определить истинные размеры аневризмы, оценить ее характер, локализацию несущей артерии и наличие тромбов [3]. Также эти исследования дают возможность дифференцировать гигантские тромбированные аневризмы шейного отдела BCA от опухолевых образований, что позволяет при оперативном вмешательстве избежать высокого риска неконтролируемого кровотечения из аневризмы [5]. По этой

же причине при подозрении на аневризму запрещено проводить биопсию [6].

Хирургический доступ при аневризме шейного отдела ВСА осуществляется по внутреннему краю грудино-ключично-сосцевидной мышцы. В первую очередь выделяют магистральные артерии и черепно-мозговые нервы, отделяют их от аневризмы, насколько возможно, далее перевязывают артерии, вскрывают аневризму и удаляют тромботические массы [7]. По возможности проводят пластику либо протезирование артерии с целью восстановления кровотока, в случае гигантских тромбированных аневризм ушивают артериальную культю, проверяют герметичность, зашивают рану [7].

При высоком расположении аневризмы большого объема угол нижней челюсти становится анатомическим препятствием для формирования адекватного доступа [7]. В таком случае для создания достаточного доступа к аневризме применяют следующие методики: временную сублюксацию нижней челюсти, внутриротовую остеотомию нижней челюсти или остеотомию нижней челюсти открытым способом [8]. Все указанные методики не являются универсальными, каждая имеет достоинства и недостатки.

**Цель описания случая** – продемонстрировать опыт успешного хирургического лечения гигантской аневризмы шейного отдела ВСА с использованием методики внутриротовой остеотомии нижней челюсти.

## ОПИСАНИЕ СЛУЧАЯ

Женщина 40 лет впервые обнаружила отклонение языка вправо в 1993 году, выявлено объемное образование окологлоточной локализации справа и предпринята попытка его хирургического удаления. Однако выполненный доступ по переднему краю грудино-ключично-сосцевидной мышцы не позволил осуществить надлежащий подход к образованию, и оперативное вмешательство было завершено без результата. При дальнейшем наблюдении роста образования не зафиксировано, повторных попыток хирургического лечения не было. С 2010 года стала отмечать повышение артериального давления до 160/90 мм рт. ст. В 2015 г. развился парез мягкого неба справа, в течение следующего года присоединилась осиплость голоса, с 2021 г. появилась заложенность правого уха, затруднение дыхания, которые постепенно усиливались.

По поводу этих жалоб 01.04.2023 (возраст 70 лет) госпитализирована в Клинический центр челюстно-лицевой, реконструктивно-восстановительной и пластической хирургии Клиники МГМСУ им. А.И. Евдокимова.

При объективном исследовании: состояние удовлетворительное; носовое дыхание затруднено за счет сдавления носоглотки объемным образованием.

Артериальное давление 120/80 мм рт. ст. на фоне приема антигипертензивной терапии. Со стороны других органов и систем – без патологии. Неврологический статус: сознание ясное, по шкале комы Глазго 15 баллов. Точки выхода ветвей тройничного нерва безболезненны при пальпации. Лицо в покое симметрично, мимические пробы выполняет удовлетворительно; отмечается легкая дизартрия, дисфония, девиация языка вправо, парез мягкого неба справа и правой голосовой связки. Других изменений не выявлено.

Проведена КТ-ангиография шеи и МРТ, на которых выявлено образование сонного пространства – тромбированная аневризма ВСА размером 50×49×60 мм (рис. 1).

С учетом полученных данных принято решение о мультидисциплинарном подходе к лечению тромбированной аневризмы ВСА с привлечением нейрохирургов, оториноларингологов и челюстно-лицевых хирургов. Учитывая большие размеры и высокое расположение аневризмы, нижняя челюсть представляла собой анатомическое препятствие для формирования хирургического доступа к верхним отделам образования. Принято решение о проведении хирургического лечения с использованием внутриротовой остеотомии нижней челюсти.

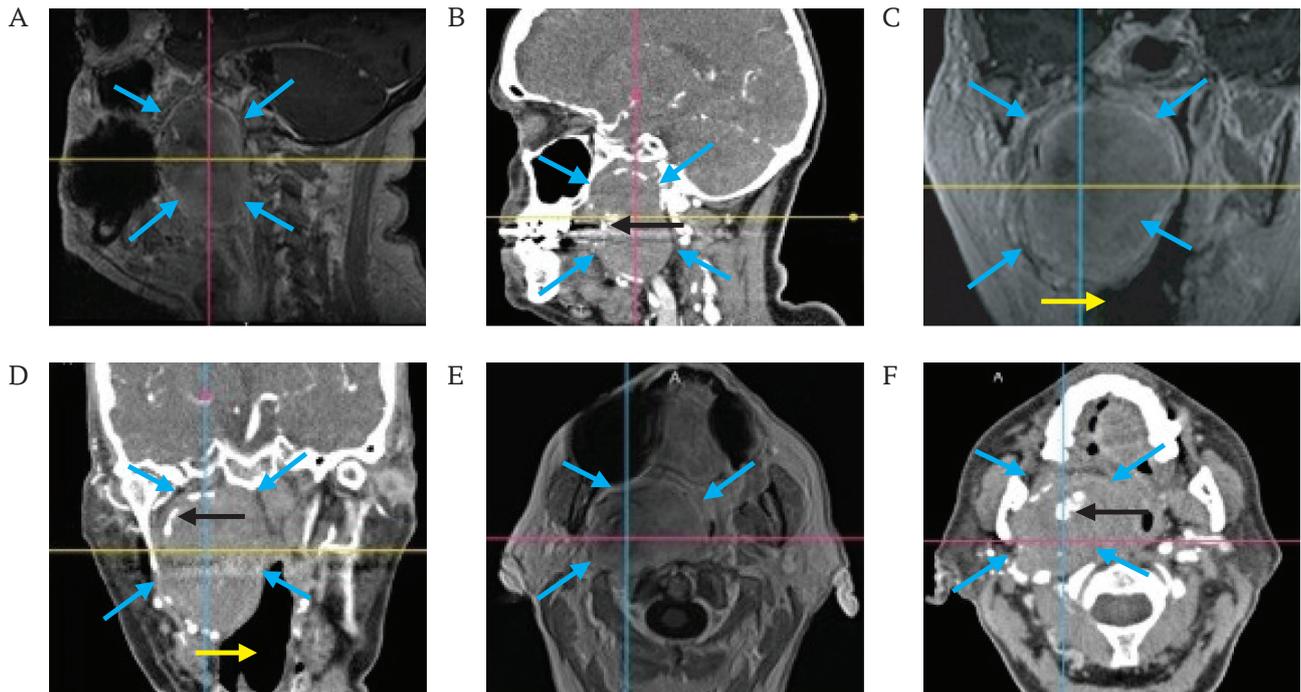
## Ход операции

Оперативное вмешательство выполнено 08.04.2023 в 5 этапов.

**Этап 1.** Трахеостомия.

**Этап 2.** Внутриротовая остеотомия нижней челюсти. Выполнен разрез в ретромоларной области справа, скелетированно тело нижней челюсти. Проведена межкортикальная остеотомия нижней челюсти, малый фрагмент поднят вверх. Данная манипуляция за счет смещения нижней челюсти позволила расширить хирургическое окно в верхне-шейном сегменте.

**Этап 3.** Произведен разрез кожи по старому рубцу – от козелка до нижней трети шеи справа по переднему краю грудино-ключично-сосцевидной мышцы (рис. 2А). Мышца мобилизована, отведена латерально. Проведена послойная диссекция мягких тканей, выделены правая яремная вена, общая сонная артерия, блуждающий нерв, лицевой нерв (краевая ветвь нижней челюсти). Визуализировано образование плотной консистенции 70×80 мм, макроскопически напоминающее тромбированную аневризму (рис. 2В). Выделена бифуркация ВСА, перевязана верхняя щитовидная артерия. Внутренняя и наружная сонные артерии, блуждающий нерв, внутренняя яремная вена взяты на держалки. Блуждающий нерв при его выделении в проксимальном направлении сохранить не удалось ввиду выраженной спаянности со стенкой аневризмы, по результатам нейромониторинга зафиксирован



**РИС. 1.** Магнитно-резонансная и компьютерная томография шеи у пациентки 70 лет с объемным образованием сонного пространства на момент поступления 03.04.2023.

Перекрестием обозначен центр образования – тромбированной аневризмы внутренней сонной артерии размером 50×49×60 мм (голубые стрелки), в образование затекает контраст (черные стрелки); глотка сужена (желтые стрелки).

A–C. Магнитно-резонансная томография, проекции: (A) сагиттальная; (B) фронтальная; (C) аксиальная.

D–E. Компьютерная томография: (D) сагиттальная; (E) фронтальная; (F) аксиальная.

**FIG. 1.** Imaging data of the neck in a 70-year-old female patient with a carotid space mass on admission 03 Apr 2023.

The crosshairs indicate the center of the mass: thrombosed aneurysm of the internal carotid artery measuring 50×49×60 mm (blue arrows), contrast is flowing into the mass (black arrows); the pharynx is narrowed (yellow arrows).

A–C. Magnetic resonance imaging projection: (A) sagittal; (B) frontal; (C) axial.

D–E. Computed tomography projections: (D) sagittal; (E) frontal; (F) axial.

паттерн повреждения. Для доступа к верхним отделам аневризмы пересечена двубрюшная мышца (заднее брюшко). Визуализирован подъязычный нерв, распластаный на передней поверхности аневризмы, который удалось выделить и сохранить. Задние отделы аневризмы распространялись до поперечного отростка C1 позвонка, медиально занимали окологлоточное пространство справа. При выделении был визуализирован языкоглоточный нерв, далее наложен зажим на ВСА и вскрыта стенка аневризмы. Обнаружены плотные тромботические массы, которые были поэтапно извлечены (рис. 2С, D).

ВСА перевязана и пересечена в области устья. По результатам интраоперационной контактной доплерографии кровотока по ней не определялось, при этом падение моторных вызванных потенциалов с рук не отмечалось. Полностью мобилизован купол аневризмы, содержащий остаточные фрагменты кальцинированных тромботических масс, которые не удалены в связи с высоким риском повреждения стенки дистальной части ВСА. Свободная часть купола перевязана у основания и прошита (рис. 2Е). Нейрофизиологический мониторинг: моторные

вызванные потенциалы с конечностей и кортико-бульбарные сохранены в полном объеме. Гемостаз выполнен с помощью рассасывающихся гемостатических материалов. В ложе иссеченной аневризмы установлен дренаж на пассивный отток.

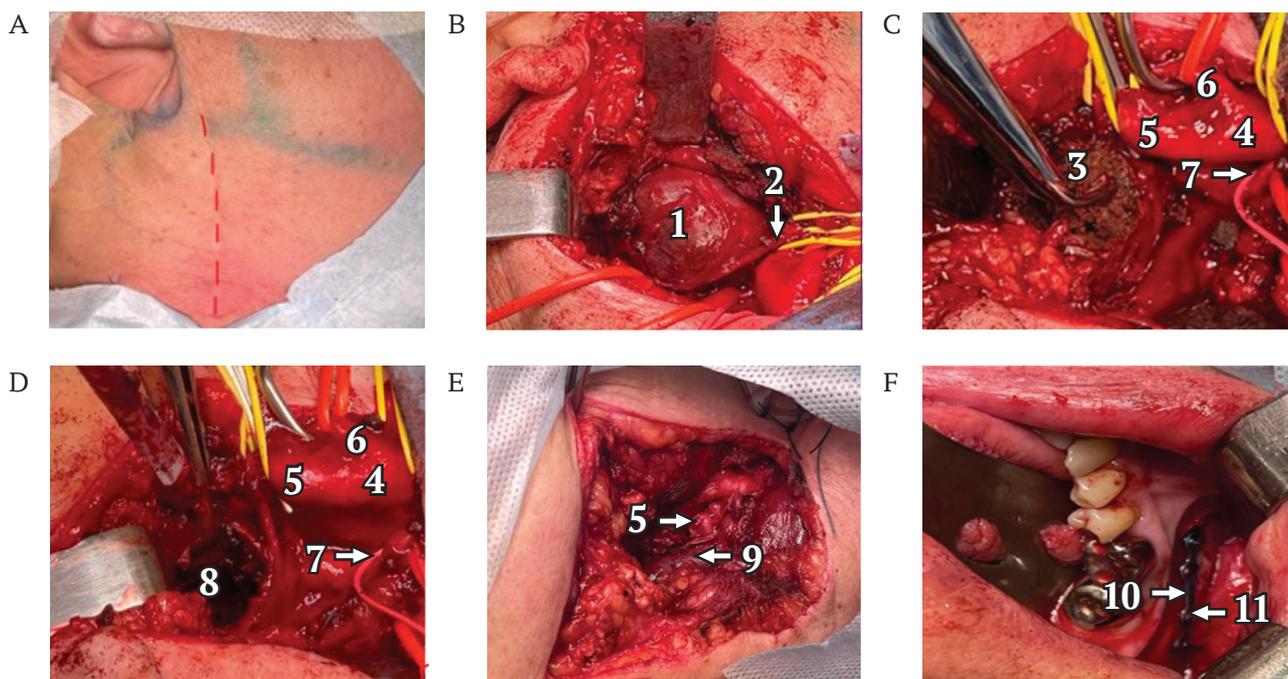
**Этап 4.** Послойное ушивание раны и удаление трахеостомы.

**Этап 5.** Фиксация нижней челюсти мини-пластинами и мини-винтами (рис. 2F).

Ранний послеоперационный период протекал без осложнений, наблюдался регресс неврологической симптоматики: язык располагался по средней линии, дыхание восстановлено, заложенность правого уха не беспокоила, сохранялась осиплость голоса. На контрольной КТ шеи, выполненной на следующие сутки после операции, – аневризма totally удалена (рис. 3). Пациентка выписана на 10-е сутки после операции, в дальнейшем не наблюдалась.

### ОБСУЖДЕНИЕ

Тактика лечения экстракраниальных аневризм ВСА зависит от этиологии, локализации и сопутствующих соматических заболеваний.



**РИС. 2.** Удаление гигантской аневризмы шейного отдела внутренней сонной артерии у пациентки 70 лет с использованием внутриротовой остеотомии нижней челюсти (08.04.2023).

A. Разметка хирургического доступа (красная пунктирная линия).

B. Выделение аневризмы: купол аневризмы (1), подъязычный нерв (2).

C. Вскрытие полости аневризмы: тромботические массы (3), общая сонная артерия (4), внутренняя сонная артерия (5) интимно спаяна с аневризмой, в дистальном отделе за куполом аневризмы истончается и не визуализируется), наружная сонная артерия (6), блуждающий нерв (7).

D. Полость аневризмы после удаления большей части тромботических масс: полость аневризмы (8), (3–7) как обозначено для части C.

E. Финальный вид послеоперационной раны: перевязанная культя внутренней сонной артерии (5), внутренняя яремная вена (9).

F. Фиксация нижней челюсти мини-пластиной (10) и мини-винтами (11).

**FIG. 2.** Removal of a giant aneurysm of the cervical internal carotid artery in a 70-year-old female patient using intraoral osteotomy of the mandible (08 Apr 2023).

A. Marking of surgical approach (red dotted line).

B. Isolation of the aneurysm: aneurysm dome (1), hypoglossal nerve (2).

C. Opening of the aneurysm cavity: Thrombotic masses (3), common carotid artery (4), internal carotid artery (5) intimately fused with the aneurysm, thins out in the distal part behind the aneurysm dome and is not visualized, external carotid artery (6), vagus nerve (7).

D. The aneurysm cavity after removal of most of the thrombotic masses: aneurysm cavity (8), (3–7) as labeled for part C.

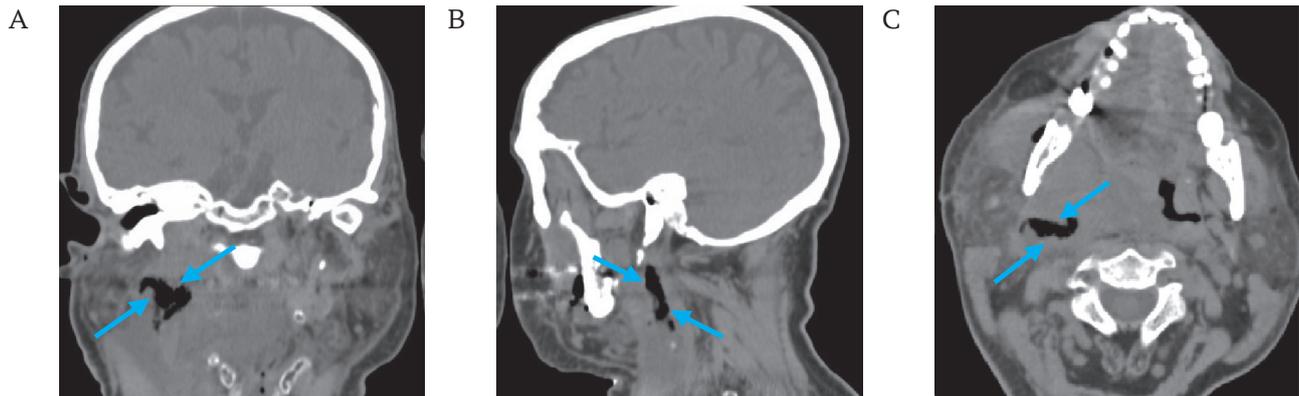
E. Final view of the postoperative wound: banded stump of internal carotid artery (5), internal jugular vein (9).

F. Fixation of the mandible with miniplate (10) and miniscrews (11).

Факторами, определяющими сроки необходимого оперативного вмешательства, являются нарастание неврологического дефицита и активный рост аневризмы [9]. Небольшие аневризмы могут протекать бессимптомно и представлять меньший риск острого нарушения мозгового кровообращения по сравнению с аневризмами большего размера. Все аневризмы, независимо от размера, должны быть прооперированы [9]. С увеличением размера аневризмы увеличивается сложность хирургического удаления и риск формирования неврологических осложнений. В качестве особенности представленного случая можно отметить стабильный характер

аневризмы на протяжении 22 лет и усиление неврологического дефицита на фоне развившейся артериальной гипертензии.

Формирование хирургического доступа к дистальным отделам ВСА является сложной задачей в связи с наличием анатомических преград. При формировании аневризм дистальнее бифуркации общей сонной артерии и выраженной извитости сонных артерий методом выбора является открытая хирургия [9]. Проведение хирургического лечения с вмешательством на нижней челюсти позволяет расширить хирургическое окно, облегчить доступ к дистальным отделам, что позволяет



**РИС. 3.** Данные компьютерной томографии шеи пациентки 70 лет на следующий день (09.04.2023) после удаления гигантской аневризмы шейного отдела внутренней сонной артерии с использованием внутриротовой остеотомии нижней челюсти.

Аневризма полностью удалена (стрелками обозначена полость аневризмы).

Проекции: (А) сагиттальная; (В) фронтальная; (С) аксиальная.

**FIG. 3.** Neck computed tomography data of a 70-year-old female patient the next day (09.04.2023) after removal of a giant aneurysm of the cervical internal carotid artery using intraoral mandibular osteotomy.

Aneurysm was completely removed (arrows indicate the aneurysm cavity).

Projections: (A) sagittal; (B) frontal; (C) axial.

снизить риск нарастания неврологического дефицита [10].

Остеотомия нижней челюсти является перспективной методикой, ее применение позволяет уменьшить риск травматизации ветвей лицевых нерва и артерии. При данной методике удается минимизировать контаминацию хирургической раны микробиотой полости рта. Визуальный контроль при внутриротовом доступе, а также большая поверхность соприкосновения костных фрагментов обеспечивают адекватное выполнение остеосинтеза с воссозданием физиологического прикуса [10].

В представленном клиническом случае проведено хирургическое вмешательство с использованием внутриротовой остеотомии нижней челюсти. Благодаря отведению угла нижней челюсти кпереди на 2 сантиметра удалось значительно расширить хирургический доступ, что позволило выделить гигантскую

аневризму на всем протяжении и удалить все тромботические массы.

Альтернативой проведению внутриротовой остеотомии нижней челюсти являются методики внеротовой остеотомии нижней челюсти, включающие в себя двойную остеотомию нижней челюсти и другие. Внеротовой способ увеличивает объем хирургической раны, повышает риск травматизации ветвей лицевых нерва, артерии и вены [10].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Гигантские тромбированные аневризмы шейного отдела ВСА могут проявлять себя как опухолевые образования за счет масс-эффекта. Использование методики внутриротовой остеотомии нижней челюсти позволяет увеличить радикальность основного этапа операции, уменьшить операционную травму, снизить риски послеоперационных осложнений.

## AUTHOR CONTRIBUTIONS

Viktor A. Lukyanchikov and Vladimir V. Krylov developed the conclusions of the scientific work. Viktor A. Lukyanchikov, Taras A. Shatokhin, Dmitry N. Reshetov performed surgical treatment. Julia I. Shatokhina developed the methodology for selecting and describing CT and MRI kits. Arsen L. Karagozyan, Zaurbek A. Kulov collected the material and analyzed the literature data. All authors approved the final version of the publication.

## ВКЛАД АВТОРОВ

В.А. Лукьянчиков и В.В. Крылов разработали концепцию научной работы. В.А. Лукьянчиков, Т.А. Шатохин, Д.Н. Решетов провели хирургическое лечение. Ю.И. Шатохина отвечала за подбор и описание снимков КТ и МРТ. А.Л. Карагозян, З.А. Кулов осуществили сбор материала и анализ литературных данных. Все авторы одобрили окончательную версию публикации.

## ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Tandan N., Bashir I., Bhalla A.S., et al. Neck lump evaluation and pseudoaneurysm. *BMJ Case Rep.* 2024 Jul 4; 17(7): e258299. <https://doi.org/10.1136/bcr-2023-258299>. PMID: 38964874
2. Peters S., Braun-Dullaes R., Herold J. Pseudoaneurysm. *Namostaseologie.* 2018 Aug; 38(3): 166–172. <https://doi.org/10.5482/NAHO-17-01-0006>. Epub 2018 Sep 27. PMID: 30261523
3. Kejrival S., Bulosan H., Nelken N.A., et al. Multidisciplinary Management of an Internal Carotid Artery Aneurysm Near the Skull Base. *Cureus.* 2024 Jun 10; 16(6): e62086. <https://doi.org/10.7759/cureus.62086>. PMID: 38989364
4. Вахитов К.М. Псевдоаневризмы сонных артерий после каротидной эндартерэктомии у больных с атеросклерозом. *Вестник хирургии имени И.И. Грекова.* 2015; 174(3): 81–84.

- <https://doi.org/10.24884/0042-4625-2015-174-3-81-84>. EDN: TTVQPJ / *Vakhitov K.M.* Pseudoaneurism of carotid arteries after carotid endarterectomy in patients with atherosclerosis. *Grekov's Bulletin of Surgery*. 2015; 174(3): 81–84 (In Russian). <https://doi.org/10.24884/0042-4625-2015-174-3-81-84>. PMID: 26390596
5. *Pena-Burgos E.M., D'Angelo C., Díez-Corral M.C., et al.* Giant thigh hemosiderotic/aneurysmal dermatofibroma: Case report with radiologic-pathologic correlation. *Rev Esp Patol*. 2024 Jul-Sep; 57(3): 217–224. <https://doi.org/10.1016/j.patol.2024.04.001>. Epub 2024 May 20. PMID: 38971622
  6. *Степанов И.В., Ольшанский М.С., Харитонов Д.Ю. и др.* Мультидисциплинарные аспекты диагностики каротидной параганглиомы. *Вестник рентгенологии и радиологии*. 2018 Jul 27; 99(3): 125–131. <https://doi.org/10.20862/0042-4676-2018-99-3-125-131>. EDN: XWOSYH / *Stepanov I.V., Ol'shanskiy M.S., Kharitonov D.Yu., et al.* Diagnosis of carotid paraganglioma: multidisciplinary aspects. *Journal of Radiology and Nuclear Medicine*. 2018 Jul 27; 99(3): 125–131 (In Russian). <https://doi.org/10.20862/0042-4676-2018-99-3-125-131>
  7. *Усачев Д.Ю., Лукин В.А., Ахмедов А.Д. и др.* Хирургическое лечение больных с опухолями сосудисто-нервного пучка шеи. *Журнал «Вопросы нейрохирургии» имени Н.Н. Бурденко*. 2023; 87(5): 8–20. <https://doi.org/10.17116/neiro2023870518>. EDN: OGVJHG / *Usachev D.Yu., Lukshin V.A., Akhmedov A.D., et al.* Surgical treatment of cervical neurovascular bundle tumors. *Burdenko's Journal of Neurosurgery*. 2023; 87(5): 8–20 (In Russian). <https://doi.org/10.17116/neiro2023870518>. PMID: 37830464
  8. *Tilaveridis I., Tatsis D., Venetis G., et al.* The significance of double mandibular osteotomy for surgical treatment of large aneurysm of internal carotid artery above mandibular angle. A case report and literature review. *J Surg Case Rep*. 2022 Nov 23; 2022(11): rjac534. <https://doi.org/10.1093/jscr/rjac534>. PMID: 36425588
  9. *Jaha L., Ademi B., Rudari H., et al.* Surgical management of extracranial internal carotid artery aneurysm—Case report and literature review. *Clin Case Rep*. 2023; 11: e8015. <https://doi.org/10.1002/ccr3.8015>. PMID: 37799567
  10. *Лукьянчиков В.А., Шатохин Т.А., Горожанин В.А. и др.* Удаление опухолей верхней трети шеи и основания черепа с использованием внутриротовой межкортикальной остеотомии нижней челюсти. *Голова и шея*. 2023; 11(3): 33–41. <https://doi.org/10.25792/HN.2023.11.3.33-41>. EDN: VTFCND / *Lukyanchikov V.A., Shatokhin T.A., Gorozhanin V.A., et al.* Mandibular bilateral sagittal split osteotomy as a treatment approach for upper neck and skull base tumors. *Head and neck*. 2023; 11(3): 33–41 (In Russian). <https://doi.org/10.25792/HN.2023.11.3.33-41>

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Лукьянчиков Виктор Александрович**, д-р мед. наук, профессор кафедры фундаментальной нейрохирургии ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4518-9874>

**Карагозян Арсен Леонович**✉, соискатель ученой степени кандидата медицинских наук ГБУЗ «Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗМ». ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-9294-174X>

**Шатохина Юлия Ивановна**, врач-рентгенолог многопрофильного медицинского центра «UNIClinic». ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3456-1653>

**Шатохин Тарас Андреевич**, канд. мед. наук, заведующий нейрохирургическим отделением ФГБНУ «Научный центр неврологии». ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2864-9675>

**Решетов Дмитрий Николаевич**, канд. мед. наук, доцент кафедры онкологии и лучевой терапии ФГБОУ ВО «Российский университет медицины» Минздрава России. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9072-0655>

**Кулов Заурбек Аланович**, врач-нейрохирург нейрохирургического отделения ФГБНУ «Научный центр неврологии». ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-4955-0234>

**Крылов Владимир Викторович**, академик РАН, профессор, д-р мед. наук, заведующий кафедрой фундаментальной нейрохирургии ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5256-0905>

**Viktor A. Lukyanchikov**, Dr. of Sci. (Medicine), Professor of the Department of Fundamental Neurosurgery, Pirogov Russian National Research Medical University. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4518-9874>

**Arsen L. Karagozyan**✉, Cand. of Sci. (Medicine) degree seeking applicant, Sklifosovsky Clinical and Research Institute for Emergency Medicine. ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-9294-174X>

**Julia I. Shatokhina**, Radiologist, Multidisciplinary medical center «UNIClinic». ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3456-1653>

**Taras A. Shatokhin**, Cand. of Sci. (Medicine), Head of department neurosurgery, Research Center of Neurology. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2864-9675>

**Dmitry N. Reshetov**, Cand. of Sci. (Medicine), Associate Professor of the Department of Oncology and Radiation Therapy, University of Medicine (ROSUNIMED) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9072-0655>

**Zaurbek A. Kulov**, Neurosurgeon of the Neurosurgical Department, Research Center of Neurology ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-4955-0234>

**Vladimir V. Krylov**, Academician of the Russian Academy of Sciences. Professor, Dr. of Sci. (Medicine), Head of department Fundamental Neurosurgery, Pirogov Russian National Research Medical University. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5256-0905>

✉ Автор, ответственный за переписку / Corresponding author



## Инtradуральный секвестр межпозвонковой грыжи поясничного отдела позвоночника с краниальной миграцией: клиническое наблюдение

Г.Ю. Евзиков, М.Г. Башлачев, М.И. Гайдаш✉

ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова»  
Минздрава России (Сеченовский Университет)  
ул. Трубецкая, д. 8, стр. 2, г. Москва, 119048, Россия

### Аннотация

Инtradуральная грыжа межпозвонкового диска (ИГМД) встречается крайне редко. Сообщения о краниальной миграции инtradурального фрагмента секвестрированной грыжи диска единичны.

**Описание случая.** Пациент 51 года, перенесший ранее две операции на уровнях L5–S1 и L4–L5, госпитализирован с жалобами на боль в нижней части спины с иррадиацией в обе ноги, чувство онемения в промежности и по внутренней поверхности бедер, нарушение мочеиспускания по типу задержки, запор. По данным магнитно-резонансной томографии обнаружено объемное образование на уровне тела позвонка L3 протяженностью 30 мм, расположенное в полости дурального мешка и заполняющее весь его поперечник, корешки конского хвоста компримированы. Произведена операция: грыжевой секвестр (30×10×10 мм) отделен от фиксированных к нему корешков и удален. После операции восстановилась чувствительность в области ягодиц и внутренней поверхности бедер, появились позывы на мочеиспускание; проводится реабилитация.

**Обсуждение.** В большинстве случаев ИГМД диагностируется интраоперационно. В представленном случае генез образования до операции оставался неясен, поэтому в качестве доступа выбрана ламинэктомия, которая позволила провести широкую ревизию инtradурального пространства, тщательный радикулолиз и выявить краниальную миграцию секвестрированной грыжи диска. Единственным эффективным методом лечения ИГМД является хирургическое вмешательство.

**Ключевые слова:** инtradуральная грыжа межпозвонкового диска; краниальная миграция грыжи диска; интраоперационное УЗ-сканирование; синдром конского хвоста; хирургическое лечение

### Рубрики MeSH:

МЕЖПОЗВОНКОВОГО ДИСКА СМЕЩЕНИЕ – ДИАГНОСТИКА

МЕЖПОЗВОНКОВОГО ДИСКА СМЕЩЕНИЕ – ДИАГНОСТИЧЕСКОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ

МЕЖПОЗВОНКОВОГО ДИСКА СМЕЩЕНИЕ – ХИРУРГИЯ

МЕЖПОЗВОНКОВОГО ДИСКА СМЕЩЕНИЕ – ОСЛОЖНЕНИЯ

КОНСКОГО ХВОСТА СИНДРОМ – ДИАГНОСТИКА

КОНСКОГО ХВОСТА СИНДРОМ – ЭТИОЛОГИЯ

ПОЯСНИЧНЫЕ ПОЗВОНКИ – ДИАГНОСТИЧЕСКОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ

ПОЯСНИЧНЫЕ ПОЗВОНКИ – ПАТОЛОГИЯ

ПОЯСНИЧНЫЕ ПОЗВОНКИ – ХИРУРГИЯ

ОПИСАНИЕ СЛУЧАЕВ

**Для цитирования:** Евзиков Г.Ю., Башлачев М.Г., Гайдаш М.И. Инtradуральный секвестр межпозвонковой грыжи поясничного отдела позвоночника с краниальной миграцией: клиническое наблюдение. Сеченовский вестник. 2024; 15(4): 51–58. Публикация онлайн 11.10.2024. <https://doi.org/10.47093/2218-7332.2024.1094.17>

### КОНТАКТНАЯ ИНФОРМАЦИЯ:

Гайдаш Максим Игоревич, невролог, аспирант кафедры нервных болезней и нейрохирургии ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет).

Адрес: ул. Трубецкая, д. 8, стр. 2, г. Москва, 119048, Россия

E-mail: [gaydash\\_maksim@mail.ru](mailto:gaydash_maksim@mail.ru)

**Соответствие принципам этики.** Заявление о согласии. Пациент дал согласие на публикацию представленной статьи «Инtradуральный секвестр межпозвонковой грыжи поясничного отдела позвоночника с краниальной миграцией: клиническое наблюдение» в журнале «Сеченовский вестник».

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Финансирование.** Исследование не имело спонсорской поддержки (собственные ресурсы).

**Поступила:** 22.07.2024

**Принята:** 21.08.2024

**Дата публикации онлайн:** 11.10.2024

**Дата печати:** 05.12.2024

## Intradural sequestration of lumbar disc herniation with cranial migration: a case report

Grigoriy Yu. Evzikov, Mikhail G. Bashlachev, Maksim I. Gaydash✉

*Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University)*

*8/2, Trubetskaya str., Moscow, 119048, Russia*

### Abstract

Intradural herniation of the intervertebral disc (IHID) is extremely rare. There are only a few reports of cranial migration of an intradural fragment of a sequestered disc herniation.

**Clinical case.** A 51-year-old patient who had previously undergone two operations at L5–S1 and L4–L5 levels was admitted to the hospital with complaints of low back pain with radiation to both legs, numbness in the perineum and inner surface of the thighs, urinary retention, constipation. Magnetic resonance imaging revealed a 30 mm mass located at the level of the L3 vertebral body, within the dural sac and filling its entire transverse diameter. The cauda equina nerve roots were compressed. Surgery was performed: the herniated sequestrum (30×10×10 mm) was separated from the nerve roots fixed to it and removed. After surgery, sensation in the buttocks and inner thighs returned, and urinary urge appeared. Rehabilitation is ongoing.

**Discussion.** In most cases, IHID is diagnosed intraoperatively. In the presented case, the genesis of the formation remained unclear before surgery, so a laminectomy approach was chosen, which allowed for extensive revision of the intradural space, thorough radiculolysis, and identification of the cranial migration of the sequestered disc herniation. The only effective treatment for IHID is surgery.

**Keywords:** intradural disc herniation; cranial migration of a disc herniation; intraoperative ultrasound; cauda equina syndrome; surgery

### MeSH terms:

INTERVERTEBRAL DISC DISPLACEMENT – DIAGNOSIS  
INTERVERTEBRAL DISC DISPLACEMENT – DIAGNOSTIC IMAGING  
INTERVERTEBRAL DISC DISPLACEMENT – SURGERY  
INTERVERTEBRAL DISC DISPLACEMENT – COMPLICATIONS  
CAUDA EQUINA SYNDROME – DIAGNOSIS  
CAUDA EQUINA SYNDROME – ETIOLOGY  
LUMBAR VERTEBRAE – DIAGNOSTIC IMAGING  
LUMBAR VERTEBRAE – PATHOLOGY  
LUMBAR VERTEBRAE – SURGERY  
CASE REPORTS

**For citation:** Evzikov G.Yu., Bashlachev M.G., Gaydash M.I. Intradural sequestration of lumbar disc herniation with cranial migration: a case report. *Sechenov Medical Journal*. 2024; 15(4): 51–58. Epub ahead of print 11.10.2024. <https://doi.org/10.47093/2218-7332.2024.1094.17>

### CONTACT INFORMATION:

**Maksim I. Gaydash**, neurologist, postgraduate student, Department of Nervous Diseases and Neurosurgery, Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University).

**Address:** 8/2, Trubetskaya str., Moscow, 119048, Russia

**E-mail:** gaydash\_maksim@mail.ru

**Ethics statements.** Consent statement. The patient consented to the publication of the article “Intradural sequestration of lumbar disc herniation with cranial migration: a case report” in the “Sechenov Medical Journal”.

**Conflict of interests.** The authors declare that there is no conflict of interests.

**Financial support.** The study was not sponsored (own resources).

**Received:** 22.07.2024

**Accepted:** 21.08.2024

**Date of publication online:** 11.10.2024

**Date of publication:** 05.12.2024

### Список сокращений

ИГМД – интрадуральная грыжа межпозвоночного диска

МРТ – магнитно-резонансная томография

ТМО – твердая мозговая оболочка

Интрадуральная грыжа межпозвоночного диска (ИГМД) – редкая патология: на сегодняшний день имеются данные о нескольких сотнях случаев [1], большинство из них представлено отдельными клиническими наблюдениями. По данным отечественных авторов при анализе группы из 5435 пациентов с грыжей межпозвоночного диска, интрадуральная миграция грыжевого фрагмента на уровне L3–L4 сегмента составила 0,02% [2].

У мужчин патология встречается чаще, чем у женщин, средний возраст пациентов составляет от 50 до 60 лет [1]. При интрадуральном расположении грыж на поясничные сегменты приходится 92% случаев, на грудные – 5% и на шейные – 3% [3]. Интрадуральное распространение в 55% наблюдений обнаруживается на уровне L4–L5, в 16% – L3–L4,

в 10% – L5–S1, верхние поясничные сегменты поражаются редко [4].

В представленном случае мы описываем очень редкую клиническую ситуацию: краниальную миграцию интрадурального секвестра межпозвоноковой грыжи поясничного отдела позвоночника.

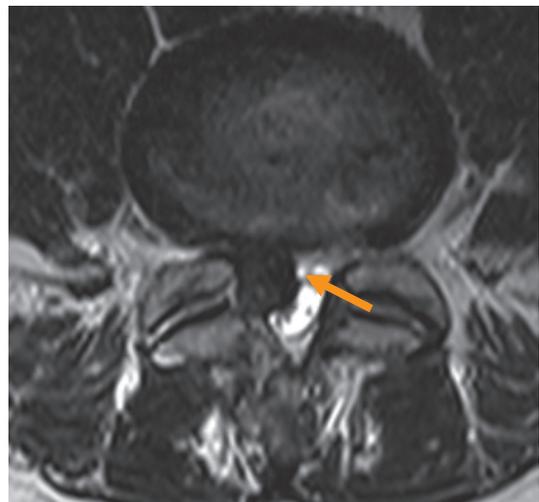
### ОПИСАНИЕ СЛУЧАЯ

Пациенту 35 лет по поводу грыжи поясничного диска на уровне L5–S1 с радикулопатией S1 справа в 2008 г. проведена микродискэктомия. После операции при физических нагрузках отмечал кратковременную боль в поясничном отделе позвоночника с распространением по наружной поверхности правого бедра и голени. С 2023 г. интенсивность и частота боли увеличились.

А



В



**РИС. 1.** Магнитно-резонансная томография пояснично-крестцового отдела позвоночника от 13.02.2024 пациента 51 года с правосторонней дорзо-латеральной грыжей диска L4–L5.

А. T2 сагиттальный срез.

В. T2 аксиальный срез, проходящий через грыжу.

Правосторонняя дорзо-латеральная грыжа диска L4–L5 (оранжевая стрелка).

**FIG. 1.** Magnetic resonance imaging of the lumbar spine dated February 13, 2024, of a 51-year-old patient with a right-sided dorsolateral L4–L5 disc herniation.

А. Sagittal T2-weighted image.

В. Axial T2-weighted image through the disc herniation.

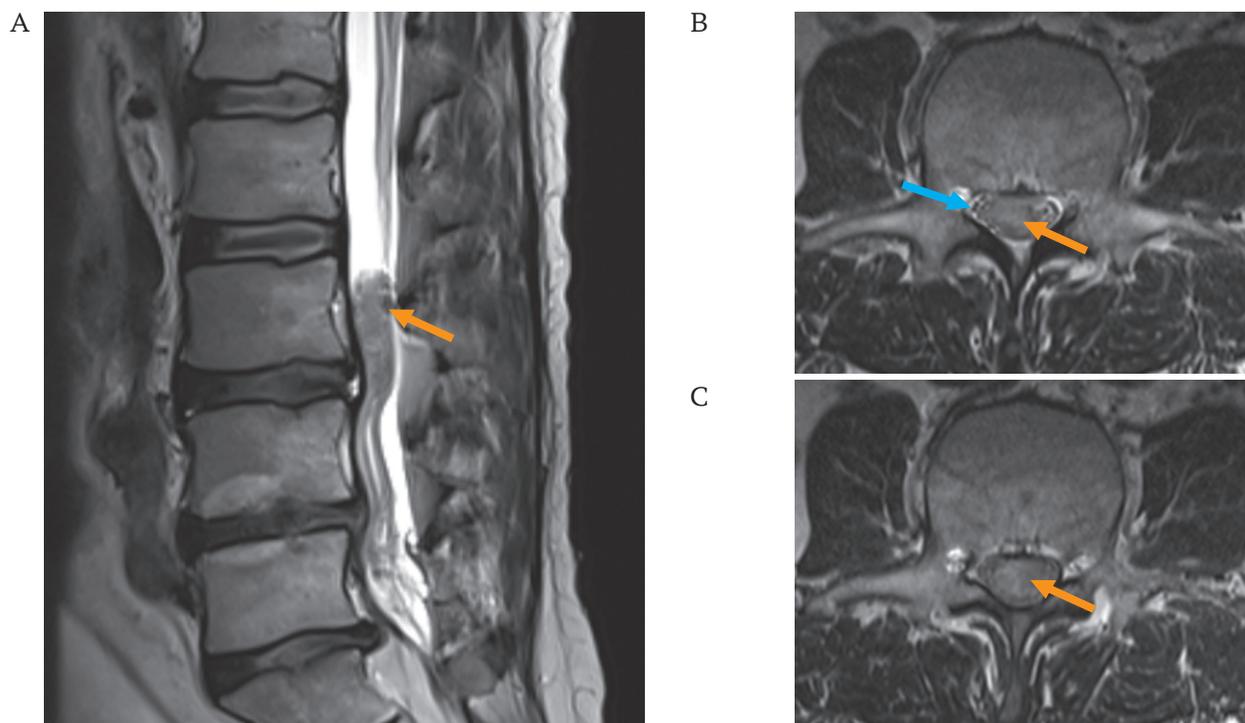
Right-sided dorsolateral L4–L5 disc herniation (orange arrow).

В феврале 2024 г. выполнена магнитно-резонансная томография (МРТ) пояснично-крестцового отделов позвоночника. Выявлена правосторонняя дорзо-латеральная грыжа диска L4–L5 с признаками секвестрации, экструзия диска L5–S1 (рис. 1), запланировано оперативное лечение.

В феврале 2024 г. при неловком движении почувствовал пронзительную боль в нижней части спины с иррадиацией по задней поверхности обеих ног. В дальнейшем появились чувство онемения в промежности, на ягодицах и по внутренней поверхности бедер, нарушение мочеиспускания по типу задержки, запор. По поводу этих симптомов обратился за консультацией в один из медицинских центров. На основании данных МРТ от 13.02.2024 проведено чрескожное эндоскопическое трансфораминальное удаление грыжи диска на уровне L4–L5 справа. После вмешательства отметил исчезновение боли по наружной

поверхности правого бедра и голени; боль по задней поверхности обоих бедер и голени, онемение в промежности и затруднение мочеиспускания сохранились. По поводу этих жалоб в апреле 2024 г. госпитализирован в отделение нейрохирургии клиники нервных болезней им. А.Я. Кожевникова Университетской клинической больницы № 3 Сеченовского Университета.

При объективном исследовании: двигательных расстройств не выявлено, коленные рефлексы D>S, ахилловы резко снижены; отмечена гипестезия промежности, внутренней поверхности бедер и ягодиц и зоны иннервации корешка L5 справа, симптомы натяжения отрицательные. Выявлено нарушение тазовых функций: позывы на мочеиспускание чувствует плохо, самостоятельное мочеиспускание возможно только при напряжении мышц передней брюшной стенки, с помощью которых «выдавливает мочу». При этом удается добиться достаточно полного



**РИС. 2.** Магнитно-резонансная томография от 24.04.2024 пациента 51 года с интрадуральным объемным образованием в позвоночном канале.

A. T2 сагиттальный срез.

B. T2 аксиальный срез на уровне средней трети тела L3.

C. T2 аксиальный срез на уровне нижней трети тела L3.

Интрадуральное объемное образование в позвоночном канале протяженностью 30 мм на уровне L3 заполняет весь позвоночный канал (оранжевые стрелки). Корешки конского хвоста грубо компримированы, распределяются по периферии образования (голубая стрелка).

**FIG. 2.** Magnetic resonance imaging dated April 24, 2024, of a 51-year-old patient with an intradural space-occupying lesion in the spinal canal.

A. Sagittal T2-weighted image.

B. Axial T2-weighted image at the level of the middle thirds of the L3 vertebral body.

C. Axial T2-weighted images at the level of the lower thirds of the L3 vertebral body.

A 30 mm long intradural mass in the spinal canal at the level of L3 fills the entire cross-section of the dural sac (orange arrows). The cauda equina nerve roots are severely compressed and displaced to the periphery of the mass (blue arrow).

опорожнения мочевого пузыря. Объем остаточной мочи не превышает 50 мл. Самостоятельный стул отсутствует, опорожнение кишечника достигается только с помощью клизм.

Проведено повторное МРТ-исследование: на уровне L3 в позвоночном канале интрадурально выявлено объемное образование протяженностью 30 мм, заполняющее весь поперечник дурального мешка; корешки конского хвоста компримированы (рис. 2). Образование не накапливало контраст (снимки не представлены).

Проведен консилиум в составе невролога, нейрохирурга и нейрорадиолога, установлен диагноз: объемное образование позвоночного канала, предположительно организовавшаяся гематома (шифр по МКБ 10 – I60.9), что послужило показанием к операции – ревизии позвоночного канала на уровне L3 позвонка.

### Ход операции

07.05.2024 выполнена ламинэктомия L3, нижняя аркотомия L2 позвонков. Твердая мозговая оболочка (ТМО) была напряжена, не пульсировала. Произведено интраоперационное ультразвуковое сканирование подлежащего участка конского хвоста через ТМО (рис 3А). Выявлено объемное образование, расположенное интрадурально вентрально, не выходящее за пределы ламинэктомического окна. ТМО вскрыта линейным срединным разрезом: арахноидальная оболочка выглядела утолщенной, замутненной, корешки спаяны между собой (арахнопатия). Произведен радикулолиз, после чего грыжевой секвестр отделен от фиксированных к нему корешков и удален (рис. 3В, 3С). Размер секвестра составил 30×10×10 мм. Дефектов ТМО по передней поверхности дурального мешка в зоне операции не выявлено. Произведено послойное ушивание операционной раны.

После операции отмечен регресс болевого синдрома в области поясницы и в ногах, уменьшение выраженности гипестезии. При контрольном МРТ-исследовании от 08.05.2024 удаление секвестра полное (рис. 3D). Пациент выписан на амбулаторное лечение через 5 суток после операции.

На момент написания работы (1,5 мес. с момента операции) отмечает восстановление чувствительности в области ягодиц и внутренней поверхности бедер, появление позывов на мочеиспускание. Самостоятельное мочеиспускание по-прежнему возможно только с помощью напряжения мышц передней брюшной стенки, дефекация только после клизм, проводится реабилитация.

### ОБСУЖДЕНИЕ

Большинство авторов сходятся во мнении, что спайки между вентральной частью дурального мешка и задней продольной связкой являются

основным фактором, способствующим появлению интрадуральной грыжи [5]. Спаечный процесс может возникать в результате дегенеративного поражения дисков, травмы, предшествующей операции или воспаления [6–8]. На фоне спаечного процесса происходит фиксация дурального мешка к задней продольной связке и наружным отделам фиброзного кольца. Движения в поясничном отделе позвоночника приводят к эрозивному процессу с истончением фиксированного участка ТМО [4, 5].

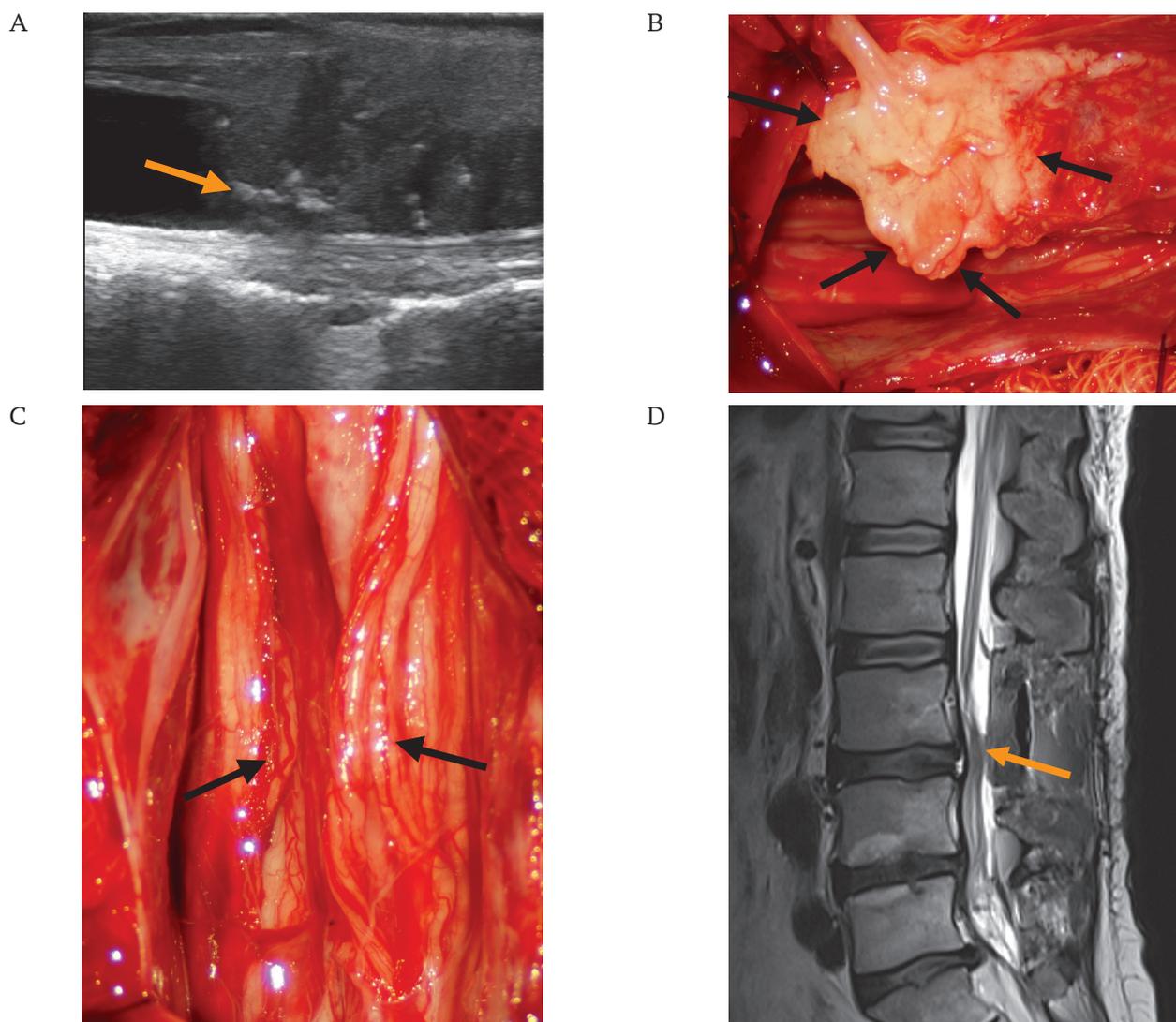
Внезапная чрезмерная нагрузка способствуют перфорации ТМО и проникновению грыжи диска в интрадуральное пространство [8]. При этом спайки предотвращают латеральную миграцию фрагментов диска в случае его секвестрации [9].

Z. Tempel и соавт. описали пациента с интрадуральной грыжей диска на уровне L2–L3 и отсутствием эпидуральных спаек. Они предположили, что острые краевые остеофиты задней поверхности тел позвонков привели к истончению и надрыву ТМО в момент секвестрации диска [10]. D. Luo и соавт. во время операции обнаружили экстраинтрадуральное расположение грыжи. Значительная часть секвестрированной ткани диска располагалась в дуральном мешке, а остальная часть – в эпидуральном пространстве [8]. Сообщается также о трансдуральном проникновении грыжевых фрагментов [7, 11, 12]. Возможным механизмом трансдурального прорыва является наличие хронически текущей обширной интрадуральной грыжи, которая приводит к истончению дорсальной ТМО и ее разрыву [7, 11]. Таким образом, можно проследить поэтапное перемещение грыжи из вентрального эпидурального пространства в интрадуральное, а затем дорсально [8, 13].

Миграции грыжевых фрагментов в полости дурального мешка на уровень других сегментов описывают крайне редко [10, 14–18]. S.D. Daffner и соавт. впервые описали интраоперационную миграцию подобной грыжи, предположив, что она могла быть вызвана положением пациента на раме Вильсона [17]. Описания краниальной миграции секвестра в отечественной литературе нам не удалось найти. В представленном нами случае, к сожалению, невозможно установить точную причину краниальной миграции секвестра. Вероятно, это произошло при неловком движении, после которого появились признаки компрессии корешков конского хвоста.

Отмечено, что у 30–60% пациентов с ИГМД наблюдается синдром конского хвоста, что в несколько раз выше аналогичного показателя для грыж, располагающихся эпидурально [2], в остальном симптомы неспецифичны [10].

В большинстве случаев ИГМД диагностируется интраоперационно [19], до операции диагноз устанавливается лишь в 7% случаев [20]. Специфических признаков интрадурального проникновения секвестра по данным МРТ-исследования до настоящего



**РИС. 3.** Операция удаления интрадурального грыжевого секвестра у пациента 51 года 07.05.2024.

A. Интраоперационное УЗ-сканирование корешков конского хвоста в сагиттальной плоскости через твердую мозговую оболочку дурального мешка после ламинэктомии L3 позвонка. Гиперэхогенная зона, обозначенная оранжевой стрелкой – грыжевой секвестр.

B. Интраоперационная микрофотография. Секвестр выделен из спаек и отделен от корешков спинного мозга (черные стрелки).

C. Интраоперационная микрофотография. Вид корешков спинного мозга после удаления секвестра (черные стрелки).

D. Магнитно-резонансная томография поясничного отдела позвоночника, выполненная на следующий день после операции: T2 сагиттальный срез. Секвестр полностью удален (оранжевая стрелка).

**FIG. 3.** Surgery to remove the intradural disc sequester in a 51-year-old patient, May 7, 2024.

A. Intraoperative ultrasound of the cauda equina nerve roots. Ultrasound was performed in the sagittal plane through the durotomy of the dural sac after L3 laminectomy. The hyperechoic area, marked by the orange arrow – represents the disc sequester.

B. Intraoperative micrograph. The sequester is dissected from adhesions and separated from the spinal nerve roots (black arrows).

C. Intraoperative micrograph. View of the spinal nerve roots after sequester removal (black arrows).

D. Postoperative lumbar spine magnetic resonance imaging performed the day after surgery: sagittal T2-weighted image. The sequester is completely removed (orange arrow).

времени не описано. При длительном течении ИГМД на МРТ с внутривенным контрастированием определяется гиперинтенсивный ободок грануляционной ткани. Сам секвестр контраст не накапливает [21, 22], что отмечалось у нашего пациента.

Хирургическое вмешательство является единственным эффективным методом лечения ИГМД [8].

При развитии синдрома конского хвоста в срочном порядке выполняется хирургическая декомпрессия [10, 23].

Стандартизировать объем доступа, оптимального для удаления ИГМД, невозможно в связи с тем, что в большинстве описанных случаев интрадуральное проникновение дискового материала выявляется

только в ходе вмешательства. К. Kobayashi и соавт. считают, что этом случае нужно расширять операционный доступ для обеспечения надежной герметизации ТМО [24].

В приведенном нами клиническом примере генез образования непосредственно до проведения операции оставался неясен, поэтому в качестве доступа была выбрана ламинэктомия, которая позволила провести широкую ревизию интрадурального пространства, тщательный радикулолиз и выявить краниальную миграцию секвестрированной грыжи диска. Операция была выполнена через 9 недель с момента вероятного проникновения дискового материала в интрадуральное пространство. Длительное нахождение секвестра в конечной цистерне повлекло за собой грубую арахнопатию, затруднившую удаление грыжи и достижение частичного клинического улучшения после операции.

Дефекты ТМО, возникающие при интрадуральном проникновении секвестра, в зависимости от размера и расположения могут быть ушиты

## ВКЛАД АВТОРОВ

Г.Ю. Евзиков внес основной вклад в разработку концепции статьи, подготовил текст и согласен принять на себя ответственность за все аспекты клинического наблюдения. М.Г. Башлачев и М.И. Гайдаш участвовали в разработке концепции статьи и подготовке текста. Г.Ю. Евзиков, М.Г. Башлачев принимали активное участие в лечении пациента. Все авторы одобрили окончательную версию статьи.

## ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Loya V.K., Krishna Narayan T.V., Singh Dhillon C., Shashikant Pophale C. Intradural lumbar disc herniation with cauda equina syndrome: Case report and recent advances. *Brain Spine*. 2023 Dec 14; 4: 102724. <https://doi.org/10.1016/j.bas.2023.102724>. PMID: 38510606
- Байков Е.С., Крутько А.В. Грыжи межпозвонковых дисков с интрадуральной миграцией их фрагментов. *Хирургия позвоночника*. 2016; 13(4): 73–77. <https://doi.org/10.14531/ss2016.4.73-77>. EDN: XBKHFH / Baikov E.S., Krutko A.V. Intervertebral disc herniation with intradural migration of fragments. *Russian Journal of Spine Surgery (Khirurgiya Pozvonochnika)*. 2016; 13(4): 73–77 (In Russian). <https://doi.org/10.14531/ss2016.4.73-77>. EDN: XBKHFH
- Jin Y.Z., Zhao B., Zhao X.F., et al. Lumbar intradural disc herniation caused by injury: a case report and literature review. *Orthop Surg*. 2023 Jun; 15(6): 1694–1701. <https://doi.org/10.1111/os.13723>. PMID: 37073103
- Wen H., Xiao L., Chen Y., et al. Intradural disc herniation at the L2/3 level: a case report and literature review. *Annals of palliative medicine*. 2022 Sep; 11(9): 3005–3013. <https://doi.org/10.21037/apm-22-1017>. PMID: 36217628
- Floeth F., Herdmann J. Chronic dura erosion and intradural lumbar disc herniation: CT and MR imaging and intraoperative photographs of a transdural sequestrectomy. *European spine J*. 2012 Jun; 21 Suppl 4(Suppl 4): S453–457. <https://doi.org/10.1007/s00586-011-2073-2>. PMID: 22109565
- Rathod T., Panchal S., Marathe N., et al. Intradural disc herniation in the lumbar spine: a case report. *JNMA J. Nepal Med Assoc*. 2020 May 30; 58(225): 345–348. <https://doi.org/10.31729/jnma.4798>. PMID: 32538932
- Pedaballe A.R., Mallepally A.R., Tandon V., et al. An unusual case of transdural herniation of a lumbar intervertebral disc: diagnostic and surgical challenges. *World Neurosurg*. 2019 Aug; 128: 385–389. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2019.05.103>. PMID: 31121367
- Luo D., Ji C., Xu H., et al. Intradural disc herniation at L4/5 level causing Cauda equina syndrome: A case report. *Medicine (Baltimore)*. 2020 Feb; 99(7): e19025. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000019025>. PMID: 32049799
- Theodorou D.J., Theodorou S.J., Kakitsubata Y., et al. Posterior and anterior epidural and intradural migration of the sequestered intervertebral disc: Three cases and review of the literature. *J. Spinal Cord Med*. 2022 Mar; 45(2): 305–310. <https://doi.org/10.1080/10790268.2020.1730110>. PMID: 32130089
- Tempel Z., Zhu X., McDowell M.M., et al. Severe intradural lumbar disc herniation with cranially oriented free fragment migration. *World Neurosurg*. 2016 Aug; 92: 582.e1–582.e4. Epub 2016 Jun 16. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2016.06.024>. PMID: 27318310
- Singh P.K., Shrivastava S., Dulani R., et al. Dorsal herniation of cauda equina due to sequestered intradural disc. *Asian Spine J*. 2012 Jun; 6(2): 145–147. <https://doi.org/10.4184/asj.2012.6.2.145>. PMID: 22708020
- Reina E.G., Calonge E.R., Heriot R.P. Transdural lumbar disc herniation. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1994 Mar 1; 19(5): 617–619. <https://doi.org/10.1097/00007632-199403000-00020>. PMID: 8184359

без дополнительной пластики или пластически закрыты с помощью аутооткани или аллотрансплантатов с дополнительной герметизацией биологическим клеем [8, 25]. В представленном случае прорыв секвестра в интрадуральное пространство произошел на уровне L4–L5, секвестр мигрировал из зоны прорыва в полость дурального мешка на уровень тела L3, где не обнаружено дефекта ТМО.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Краниальная миграция интрадуральной секвестрированной грыжи диска – очень редкая патология, не имеющая специфических клинических признаков. При МРТ-исследовании мигрировавший в дуральном мешке секвестр представляет собой объемное образование, генез которого определить крайне трудно. Диагноз в большинстве случаев устанавливается в ходе хирургического вмешательства. Длительное нахождение секвестра в конечной цистерне влечет за собой грубую арахнопатию, затрудняющую удаление грыжи.

## AUTHORS CONTRIBUTIONS

Grigoriy Yu. Evzikov developed the main concept of the article, wrote the text, approved the final version, and agreed to take responsibility for all aspects of the case report. Mikhail G. Bashlachev and Maksim I. Gaydash participated in developing the concept of the article and drafting the text. Grigoriy Yu. Evzikov, Mikhail G. Bashlachev took an active part in the treatment of the patient. All authors approved the final version of the article.

13. *Oztürk A., Avci E., Yazgan P., et al.* Intradural herniation of intervertebral disc at the level of Lumbar 1-Lumbar 2. *Turk Neurosurg.* 2007 Apr; 17(2): 134–137. PMID: 17935031
14. *Sarliève P., Delabrousse E., Clair C., et al.* Intradural disc herniation with cranial migration of an excluded fragment. *Clin Imaging.* 2004 May-Jun; 28(3): 170–172. [https://doi.org/10.1016/S0899-7071\(03\)00147-5](https://doi.org/10.1016/S0899-7071(03)00147-5). PMID: 15158220
15. *Choi J.Y., Lee W.S., Sung K.H.* Intradural lumbar disc herniation – is it predictable preoperatively? A report of two cases. *Spine J.* 2007 Jan-Feb; 7(1): 111–117. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2006.02.025>. PMID: 17197344
16. *Kim H.S., Eun J.P., Park J.S.* Intradural migration of a sequestered lumbar disc fragment masquerading as a spinal intradural tumor. *J. Korean Neurosurg Soc.* 2012 Aug; 52(2): 156–158. <https://doi.org/10.3340/jkns.2012.52.2.156>. PMID: 23091677
17. *Daffner S.D., Sedney C.L., Rosen C.L.* Migratory intradural disc herniation and a strategy for intraoperative localization. *Global Spine J.* 2015 Feb; 5(1): 55–58. <https://doi.org/10.1055/s-0034-1381728>. PMID: 25648315
18. *Park Y.S., Hyun S.J., Kim K.J., Jahng T.A.* Multiple intradural disc herniations masquerading as intradural extramedullary tumors: a case report and review of the literature. *Korean J. Spine.* 2016 Mar; 13(1): 30–32. <https://doi.org/10.14245/kjs.2016.13.1.30>. PMID: 27123028
19. *Cheng C.H., Che-Chao Chang M.P., Lin H.L., et al.* Intradural lumbar disc herniation: A case report and literature review. *Heliyon.* 2022 Dec 14; 8(12): e12257. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e12257>. PMID: 36578377
20. *Matsumoto T., Toyoda H., Terai H., et al.* Utility of discography as a preoperative diagnostic tool for intradural lumbar disc herniation. *Asian Spine J.* 2016 Aug; 10(4): 771–775. <https://doi.org/10.4184/asj.2016.10.4.771>. PMID: 27559461
21. *Wasserstrom R., Mamourian A.C., Black J.F., Lehman R.A.* Intradural lumbar disk fragment with ring enhancement on MR. *AJNR Am J. Neuroradiol.* 1993 Mar-Apr; 14(2): 401–404. PMID: 8456719
22. *Ihejirika R.C., Tong Y., Patel K., Protopsaltis T.* Intradural lumbar disc herniation: illustrative case. *J. Neurosurg Case Lessons.* 2021 Nov 1; 2(18): CASE21336. <https://doi.org/10.3171/CASE21336>. PMID: 36061623
23. *Arrigo R.T., Kalanithi P., Boakye M.* Is cauda equina syndrome being treated within the recommended time frame? *Neurosurgery.* 2011 Jun; 68(6): 1520–1526; discussion 1526. <https://doi.org/10.1227/NEU.0b013e31820cd426>. Erratum in: *Neurosurgery.* 2012 May; 70(5): 1324–1325. PMID: 21311382
24. *Kobayashi K., Imagama S., Matsubara Y., et al.* Intradural disc herniation: radiographic findings and surgical results with a literature review. *Clin Neurol Neurosurg.* 2014 Oct; 125: 47–51. <https://doi.org/10.1016/j.clineuro.2014.06.033>. PMID: 25086430
25. *Huliyappa H.A., Singh R.K., Singh S.K., et al.* Transdural herniated lumbar disc disease with muscle patch for closure of durotomy – A Brief review of literature. *Neurol Neurochir Pol.* 2017 Mar-Apr; 51(2): 149–155. <https://doi.org/10.1016/j.pjnms.2016.12.002>. PMID: 28024891

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Евзиков Григорий Юльевич** – д-р мед. наук, профессор кафедры нервных болезней и нейрохирургии ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет).  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6715-6021>

**Башлачев Михаил Григорьевич** – канд. мед. наук, нейрохирург нейрохирургического отделения с операционным блоком Клиники нервных болезней им. А.Я. Кожевникова Университетской клинической больницы № 3 ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет).  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0442-4770>

**Гайдаш Максим Игоревич** <sup>✉</sup> – невролог, аспирант кафедры нервных болезней и нейрохирургии ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет).  
ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-7400-2570>

**Grigoriy Yu. Evzikov** – Doctor of Sci. (Medicine), Professor, Department of Nervous Diseases and Neurosurgery, Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University).  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6715-6021>

**Mikhail G. Bashlachev** – Cand. of Sci. (Medicine), neurosurgeon, Neurosurgical Department with an Operating Unit, Kozhevnikov Clinic of Nervous Diseases, University Clinical Hospital No. 3, Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University).  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0442-4770>

**Maksim I. Gaydash** <sup>✉</sup> – neurologist, postgraduate student, Department of Nervous Diseases and Neurosurgery, Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University).  
ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-7400-2570>

✉ Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

## Благодарность за рецензирование и помощь в подготовке рукописей к публикации

Редакция журнала «Сеченовский вестник» благодарит наших уважаемых рецензентов за помощь в отборе рукописей для публикации в 2024 году:

- Благонравов Михаил Львович (Москва, Россия)
- Буеверов Алексей Олегович (Москва, Россия)
- Валиуллин Виктор Владимирович (Казань, Россия)
- Вечерский Юрий Юрьевич (Томск, Россия)
- Виллерт Алиса Борисовна (Томск, Россия)
- Волгарева Галина Михайловна (Москва, Россия)
- Воробьева Ольга Владимировна (Москва, Россия)
- Гаврюшин Андрей Владимирович (Москва, Россия)
- Гейвандова Наталья Иогановна (Ставрополь, Россия)
- Гусев Александр Владимирович (Москва, Россия)
- Гуляева Наталья Валерьевна (Москва, Россия)
- Диомидова Валентина Николаевна (Чебоксары, Москва)
- Джинджихадзе Реваз Семенович (Москва, Россия)
- Дубровина Светлана Олеговна (Ростов, Россия)
- Еремеев Артем Валерьевич (Москва, Россия)
- Ершов Артем Владимирович (Красноярск, Россия)
- Захарова Наталья Борисовна (Саратов, Россия)
- Зиматкин Сергей Михайлович (Гродно, Беларусь)
- Зорькина Ангелина Владимировна (Саранск, Россия)
- Ибрагимова Марина Константиновна (Томск, Россия)
- Иванова Наталья Александровна (Петрозаводск, Россия)
- Измайлов Андрей Александрович (Казань, Россия)
- Канев Антон Игоревич (Москва, Россия)
- Кивелев Юрий Владимирович (Москва, Россия)
- Костюшев Дмитрий Сергеевич (Москва, Россия)
- Куликов Александр Анатольевич (Москва, Россия)
- Кустов Владимир Валерьевич (Тюмень, Россия)
- Литвиненко Дмитрий Викторович (Краснодар, Россия)
- Малоголовкин Александр Сергеевич (Москва, Россия)
- Маматханов Магомед Рамазанович (Санкт-Петербург, Россия)
- Мартьянов Сергей Владиславович (Москва, Россия)
- Мензоров Алексей Гаврилович (Новосибирск, Россия)
- Морозова Ольга Леонидовна (Москва, Россия)
- Напалков Дмитрий Александрович (Москва, Россия)
- Никитин Андрей Викторович (Минск, Беларусь)
- Николаев Николай Станиславович (Чебоксары, Россия)
- Осипенко Марина Федоровна (Новосибирск, Россия)
- Павлов Алексей Владимирович (Ярославль, Россия)
- Павлов Чавдар Савов (Москва, Россия)
- Пирожков Сергей Викторович (Москва, Россия)
- Писарев Владимир Митрофанович (Москва, Россия)
- Пономарев Родион Викторович (Москва, Россия)
- Пьявченко Геннадий Александрович (Москва, Россия)
- Редина Ольга Евгеньевна (Новосибирск, Россия)
- Ризванов Альберт Анатольевич (Казань, Россия)
- Рустамов Рахмонжон Равшанович (Тюмень, Россия)
- Русяева Надежда Владимировна (Москва, Россия)
- Симфукве Кейт (Лусака, Замбия)
- Столбов Андрей Павлович (Москва, Россия)
- Суборцева Ирина Николаевна (Москва, Россия)
- Суворова Галина Николаевна (Самара, Россия)
- Суфианов Ринат Альбертович (Тюмень, Россия)
- Тимошкина Екатерина Валерьевна (Москва, Россия)
- Чабан Артем Сергеевич (Мюнхен, Германия)
- Челышев Юрий Александрович (Казань, Россия)
- Шапкин Андрей Григорьевич (Тюмень, Россия)
- Шевченко Юлия Александровна (Новосибирск, Россия)
- Шендер Виктория Олеговна (Москва, Россия)
- Широких Ирина Михайловна (Москва, Россия)
- Шишкина Галина Трифоновна (Новосибирск, Россия)
- Шульпекова Юлия Олеговна (Москва, Россия)
- Федоров Игорь Владимирович (Москва, Россия)
- Якимов Юрий Алексеевич (Тюмень, Россия)

Редакция выражает благодарность студентам Сеченовского Университета Волкову Денису Павловичу, Дадунц Диане Армановне, Трашкун Эвелине Максимовне за помощь в техническом редактировании текстов, проверке списков литературы; Кузьмину Егору Александровичу, Привалову Максиму Александровичу – за создание иллюстраций.

За постпубликационное продвижение статей в социальных сетях журнала (<https://t.me/sechmedj>, <https://vk.com/sechmedj>) редакция благодарит аспиранта Сеченовского Университета Гуляеву Ксению Александровну (SMM менеджер), студентов Сеченовского Университета: Середнякову Диану Владиславовну (разработка дизайна); Безусенко Наталью Геннадьевну, Кравченко Оксану Владимировну, Мышкову Анастасию Павловну – за создание постов.

## Acknowledgements for peer review and assistance in preparing manuscripts for publication

Editors of the Sechenov Medical Journal would like to thank our esteemed reviewers for their help in selecting manuscripts for publication in 2024:

- Mikhail L. Blagonravov (Moscow, Russia)
- Alexey A. Bueverov (Moscow, Russia)
- Viktor V. Valiullin (Kazan, Russia)
- Yury Yu. Vechersky (Tomsk, Russia)
- Alisa B. Villert (Tomsk, Russia)
- Galina M. Volgareva (Moscow, Russia)
- Olga V. Vorobyeva (Moscow, Russia)
- Andrey V. Gavryushin (Moscow, Russia)
- Natalia I. Geivandova (Stavropol, Russia)
- Alexander V. Gusev (Moscow, Russia)
- Natalia V. Gulyaeva (Moscow, Russia)
- Valentina N. Diomidova (Cheboksary, Russia)
- Revaz S. Dzhindzhikhadze (Moscow, Russia)
- Svetlana O. Dubrovina (Rostov, Russia)
- Artem V. Ereemeev (Moscow, Russia)
- Artem V. Ershov (Krasnoyarsk, Russia)
- Natalia B. Zakharova (Saratov, Moscow)
- Sergey M. Zimatkin (Grodno, Belarus)
- Angelina V. Zorkina (Saransk, Russia)
- Marina K. Ibragimova (Tomsk, Russia)
- Natalia A. Ivanova (Petrozavodsk, Russia)
- Andrey A. Izmailov (Kazan, Russia)
- Anton I. Kanev (Moscow, Russia)
- Yuri V. Kivelev (Moscow, Russia)
- Dmitry S. Kostyushev (Moscow, Russia)
- Alexander A. Kulikov (Moscow, Russia)
- Vladimir V. Kustov (Tyumen, Russia)
- Dmitry V. Litvinenko (Krasnodar, Russia)
- Alexander S. Malogolovkin (Moscow, Russia)
- Magomed R. Mamatkhanov (St. Petersburg, Russia)
- Sergey V. Martyanov (Moscow, Russia)
- Alexey G. Menzorov (Novosibirsk, Russia)
- Olga L. Morozova (Moscow, Russia)
- Dmitry A. Napalkov (Moscow, Russia)
- Andrey V. Nikitin (Minsk, Belarus)
- Nikolay S. Nikolaev (Cheboksary, Russia)
- Marina F. Osipenko (Novosibirsk, Russia)
- Alexey V. Pavlov (Yaroslavl, Russia)
- Chavdar S. Pavlov (Moscow, Russia)
- Sergey V. Pirozhkov (Moscow, Russia)
- Vladimir M. Pisarev (Moscow, Russia)
- Rodion V. Ponomarev (Moscow, Russia)
- Gennady A. Piavchenko (Moscow, Russia)
- Olga E. Redina (Novosibirsk, Russia)
- Albert A. Rizvanov (Kazan, Russia)
- Rakhmonjon R. Rustamov (Tyumen, Russia)
- Nadezhda V. Rusaeva (Moscow, Russia)
- Keith Simfukwe (Lusaka, Zambia)
- Andrey P. Stolbov (Moscow, Russia)
- Irina N. Subortseva (Moscow, Russia)
- Galina N. Suvorova (Samara, Russia)
- Rinat A. Sufianov (Tyumen, Russia)
- Ekaterina V. Timoshkina (Moscow, Russia)
- Artem S. Chaban (Munich, Germany)
- Yuri A. Chelyshev (Kazan, Russia)
- Andrey G. Shapkin (Tyumen, Russia)
- Yulia A. Shevchenko (Novosibirsk, Russia)
- Victoria O. Shender (Moscow, Russia)
- Irina M. Shirokikh (Moscow, Russia)
- Galina T. Shishkina (Novosibirsk, Russia)
- Yulia O. Shulpekova (Moscow, Russia)
- Igor V. Fedorov (Moscow, Russia)
- Yuri A. Yakimov (Tyumen, Russia)

Editors of the Sechenov Medical Journal are grateful to the students of Sechenov University Denis P. Volkov, Diana A. Daduns, and Evelina M. Trashkun for their help in technical editing of texts and checking reference lists; Egor A. Kuzmin and Maxim A. Privalov for creating illustrations.

For the post-publication promotion of the articles in the social networks of the journal (<https://t.me/sechmedj>, <https://vk.com/sechmedj>) the Editors thanks the post-graduate student of Sechenov University Ksenia A. Gulyaeva (SMM Manager), students of Sechenov University: Diana V. Serednyakova (design development); Natalia G. Bezusenko, Oksana V. Kravchenko, Anastasia P. Myshkova – for creating posts.



ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова» Минздрава России  
(Сеченовский Университет)