

ООО «Центральный научно-исследовательский  
институт лучевой диагностики»

# РАДИОЛОГИЯ – ПРАКТИКА

Научно-практический журнал для работников медицинской радиологической службы России

RADIOLOGY – PRACTICE

№ 2 2024



Научный рецензируемый журнал / Scientific Peer-reviewed Journal

**РАДИОЛОГИЯ – ПРАКТИКА / RADIOLOGY – PRACTICE****№ 2, 2024****История, периодичность, цели / History, Periodicity, Goals**

Журнал «Радиология — практика» издается с 2000 года с периодичностью 6 выпусков в год. Основной целью издания является освещение современных технологий и аппаратуры для получения и анализа медицинских радиологических изображений, способов клинического использования лучевой диагностики — рентгенографии, МРТ, КТ, УЗИ, радионуклидных исследований. Рассматриваются вопросы непрерывного образования и подготовки кадров лучевых специалистов, стандартизации всех видов современных лучевых исследований, объективной аккредитации отделений лучевой диагностики, сертификации, лицензирования и аттестации специалистов. Рассматриваются медико-технические проблемы — аппаратура, методика исследований, радиационная безопасность и охрана труда. Издание ориентировано на врачей-рентгенологов, инженеров, рентгенолаборантов, техников, дозиметристов, всех ведущих специалистов по лучевой диагностике, заведующих отделениями этого профиля, главных врачей, руководителей городского и республиканского масштаба, формирующих техническую политику в здравоохранении.

Журнал «Радиология — практика» входит в Перечень рецензируемых научных изданий ВАК (номер 1705).

The journal «Radiology — practice» is being published since 2000 with a frequency of 6 issues per year. The main goal of the issue is coverage of modern technologies and the equipment which aims radiologic images analyses, methods of clinical application: radiography, MRI, CT, ultrasound and radionuclide investigations. We make a scope of continuing education and preparation of x-ray specialists, standardization of all kinds modern x-ray examinations, objective accreditation of x-ray diagnostic departments, and certification, licensing and specialists attesting. We give medical-technical reviews, such as equipment, examinations methodology, radiation safety, and labour protection. The Journal is intended for x-ray doctors, engineers, medical assistants, technical personnel, dosimetrists, all the leading specialists in x-ray diagnosis, departments' chiefs in this sphere, chief doctors, and leaders of city/republic level who develop equipment policy in healthcare system.

**Свидетельство о регистрации средства массовой информации / Certificate of the Mass Media Registration**

Свидетельство о регистрации средства массовой информации ЭЛ № ФС77-80253 от 19 января 2021 г. выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор) Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций РФ.

Certificate of the Mass Media Registration ЭЛ № ФС77-80253 issued on the 19.01.2021, issued by Federal Service for Supervision of Communications, Information Technology and Mass Communications (Roskomnadzor), Ministry of Digital Development, Communications and Mass Media of the Russian Federation.

**Учредители журнала / Journal Founders**

© Общество с ограниченной ответственностью «Центральный научно-исследовательский институт лучевой диагностики» (Москва).

Limited Liability Company «Central Research Institute of Radiation Diagnostics» (Moscow).

109431, г. Москва, ул. Авиаконструктора Миля, д. 15/1, помещение XI, комн. 1–12.

15/1, compartment XI, room 1–12, Aviakonstruktor Mil' st., Moscow, 109431.

© Непубличное акционерное общество «АМИКО» (Москва).

Non-public joint-stock company «AMICO» (Moscow).

**Издательство / Publisher**

Общество с ограниченной ответственностью «Центральный научно-исследовательский институт лучевой диагностики» (Москва).

Limited Liability Company «Central Research Institute of Radiation Diagnostics» (Moscow).

109431, г. Москва, ул. Авиаконструктора Миля, д. 15/1, помещение XI, комн. 1–12.

15/1, compartment XI, room 1–12, Aviakonstruktor Mil' st., Moscow, 109431.

E-mail: [info@radp.ru](mailto:info@radp.ru)

+7 (495) 980-52-38

ББК 53.6

УДК 616.71

## Редакционная коллегия журнала / Editorial Board of the Journal

### Главный редактор / Chief Editor

**Васильев Александр Юрьевич**, доктор медицинских наук, профессор, член-корреспондент РАН, директор ООО «Центральный научно-исследовательский институт лучевой диагностики», профессор кафедры лучевой диагностики ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А. И. Евдокимова» Минздрава России.

**Vasil'ev Alexandr Yur'evich**, M. D. Med., Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Professor of Department of Radiology of Moscow State Medical University of Medicine and Dentistry named after A. I. Evdokimov, Ministry of Healthcare of Russia.

<https://orcid.org/0000-0002-0635-4438>

[Scopus](#)

### Ответственный секретарь / Executive secretary

**Петрова Екатерина Борисовна**, доктор медицинских наук, доцент, доцент кафедры лучевой диагностики ФДПО, доцент кафедры эндокринологии и внутренних болезней ФГБОУ ВО «ПИМУ» Минздрава России (г. Нижний Новгород), врач ультразвуковой диагностики поликлиники № 5 Приволжского окружного медицинского центра ФМБА России (г. Нижний Новгород), врач ультразвуковой диагностики Городского кардиологического диспансера и ревматологического центра ГБУЗ НО ГКБ № 5 Нижегородского района г. Нижнего Новгорода.

**Petrova Ekaterina Borisovna**, D. Med., Associate Professor. Associate Professor of the Department of Radiodiagnosis Faculty of Doctors Advanced Training, Associate Professor of the Department of Endocrinology and Internal Diseases of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Privolzhsky Research Medical University» Ministry of Healthcare of Russia. Nizhny Novgorod. Specialist in ultrasound diagnostics at FBUZ «Privolzhsky District Medical Center» FMBA of Russia and City Cardiology Dispensary and Rheumatology Center (Hospital No 5), Nizhny Novgorod, Russia.

<https://orcid.org/0009-0001-2849-1185>

[Scopus](#)

### Члены редколлегии / Editorial Board Members

**Блинов Николай Николаевич**, доктор технических наук, директор НПАО «АМИКО», профессор кафедры медицинской физики МИФИ, профессор кафедры лучевой диагностики ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А. И. Евдокимова» Минздрава России.

**Blinov Nikolay Nikolaevich**, M. D. Techn., Professor of Department of Medical Physics of the National Nuclear Research University of Moscow Engineering Physics Institute, Professor of Department of Radiology, Moscow State Medical University of Medicine and Dentistry named after A. I. Evdokoimov, Ministry of Healthcare of Russia.

**Дергилев Александр Петрович**, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой лучевой диагностики ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный медицинский университет» Минздрава России.

**Dergilev Aleksandr Petrovich**, M. D. Med., Professor, Head of Diagnostic Imaging Department, Novosibirsk State Medical University, Ministry of Healthcare of Russia.

<https://orcid.org/0000-0002-8637-4083>

**Захарова Наталья Евгеньевна**, доктор медицинских наук, профессор РАН, ведущий научный сотрудник отделения рентгеновских и радиоизотопных методов диагностики ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н. Н. Бурденко» Минздрава России.

**Zakharova Natal'ya Evgen'evna**, M. D. Med., Professor of the Russian Academy of Sciences, Leading Researcher, Department of X-ray and Radioisotope Diagnostic Methods, N. N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery, Ministry of Healthcare of Russia.

<https://orcid.org/0000-0002-0516-3613>

[Scopus](#)

**Капустин Владимир Викторович**, доктор медицинских наук, доцент, профессор кафедры лучевой диагностики ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А. И. Евдокимова» Минздрава России.

**Kapustin Vladimir Viktorovich**, M. D. Med., Docent, Professor of Department of Radiology, Moscow State University of Medicine and Dentistry named after A. I. Evdokimov, Department of Radiology, Ministry of Healthcare of Russia/Moscow Healthcare Department.  
<https://orcid.org/0000-0002-3771-1354>

**Климова Наталья Валерьевна**, доктор медицинских наук, профессор, заведующая кафедрой многопрофильной клинической подготовки Медицинского института, Сургутский государственный университет; заведующая рентгенологическим отделением, Сургутская окружная клиническая больница.

**Klimova Natal'ya Valer'evna**, M. D. Med, Professor, Head, Multiprofile Clinic Training Department, Medical Institute, Surgut State University; Head Radiology Department, Surgut Regional Clinical Hospital.  
<https://orcid.org/0000-0003-4589-6528>

**Кротенкова Марина Викторовна**, доктор медицинских наук, заведующая отделом лучевой диагностики института клинической и профилактической неврологии ФГБНУ «Научный центр неврологии».

**Krotenkova Marina Viktorovna**, M.D. Med., Head of the Department of Radiation Diagnostics of the Institute of Clinical and Preventive Neurology, Research Center of Neurology.  
<https://orcid.org/0000-0003-3820-4554>

**Левшакова Антонина Валерьевна**, доктор медицинских наук, заведующая отделением КТ и МРТ МНИОИ им. П. А. Герцена — филиала ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, доцент кафедры лучевой диагностики ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А. И. Евдокимова» Минздрава России.

**Levshakova Antonina Valer'evna**, M. D. Med., Head of the Department of computed tomography and magnetic resonance imaging of Moscow, Research Oncological Institute named after P. A. Herzen — branch of «National Medical Research Center of Radiology», Ministry of Healthcare of Russia, Associated Professor of Department of Radiology, Moscow State University of Medicine and Dentistry named after A. I. Evdokimov, Department of Radiology, Ministry of Healthcare of Russia.  
<https://orcid.org/0000-0002-2381-4213>

[Scopus](#)

**Лежнев Дмитрий Анатольевич**, доктор медицинских наук, заведующий кафедрой лучевой диагностики ФГБОУ ВП «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А. И. Евдокимова» Минздрава России.

**Lezhnev Dmitry Anatol'evich**, M. D. Med., Head of Department of Radiology, Moscow State Medical University of Medicine and Dentistry named after A. I. Evdokimov, Ministry of Healthcare of Russia.  
<https://orcid.org/0000-0002-7163-2553>

[Scopus](#)

**Морозова Татьяна Геннадьевна**, доктор медицинских наук, доцент, заведующая кафедрой лучевой диагностики и лучевой терапии с курсом ДПО ФГБОУ ВО «Смоленский государственный медицинский университет» Минздрава России.

**Morozova Tat'jana Gennad'evna**, M. D. Med., Docent, Head of the Department of Radiation Diagnostics and Radiation Therapy with a course of additional professional education of Smolensk State Medical University, Ministry of Healthcare of Russia.  
<https://orcid.org/0000-0003-4983-5300>

**Ольхова Елена Борисовна**, доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры лучевой диагностики ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А. И. Евдокимова» Минздрава России, заведующая отделением ультразвуковой диагностики ГБУЗ «ДГКБ святого Владимира Департамента здравоохранения г. Москвы».

**Oikhova Elena Borisovna**, M. D. Med., Professor, Professor of Department of Radiology, Moscow State University of Medicine and Dentistry named after A. I. Evdokimov, Department of Radiology, Ministry of Healthcare of Russia; the Head of Department of the Ultrasound Diagnostic Moscow Clinical Municipal Children Hospital St. Vladimir, Moscow of Healthcare Department.  
<https://orcid.org/0000-0003-3757-8001>

**Петровская Виктория Васильевна**, доктор медицинских наук, профессор кафедры лучевой диагностики ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А. И. Евдокимова» Минздрава России.

**Petrovskaya Victoriya Vasil'yevna**, M. D Med., Professor of Department of Radiology, Moscow State University of Medicine and Dentistry named after A. I. Evdokimov, Ministry of Healthcare of Russia.

<https://orcid.org/0000-0001-8298-9913>

[Scopus](#)

**Пронин Игорь Николаевич**, доктор медицинских наук, профессор, академик РАН, заведующий отделением рентгеновских и радиоизотопных методов диагностики ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н. Н. Бурденко» Минздрава России.

**Pronin Igor' Nikolaevich**, M. D. Med., Professor, Academician the Russian Academy of Sciences, Head of Department of X-ray and Radioisotope Diagnostic Methods, N. N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery, Ministry of Healthcare of Russia.

<https://orcid.org/0000-0002-4480-0275>

## СОДЕРЖАНИЕ / CONTENTS

Обращение главного редактора / Message from the Editor in Chief ..... 8

### ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ ORIGINAL RESEARCH

**Оптимизация лучевой нагрузки при обследовании пациентов  
с патологией краниовертебральной области**

А. Д. Гукова, В. В. Петровская, Я. А. Лубашев

**Optimization of Radiation Exposure when Examining Patients  
with Pathology of the Craniovertebral Region**

A. D. Gukova, V. V. Petrovskaya, Ya. A. Lubashev.....10

**Эхокардиографическая оценка кардиомиопатии в педиатрической  
онкологии, связанной с повышенным сердечным выбросом вследствие  
влияния опухолевого процесса: феохромоцитома/параганглиома,  
нейробластома (обзор литературы с клиническими наблюдениями)**

Е. А. Сажаев, В. Ю. Бугаева, Е. С. Щелканова, Г. В. Терещенко

**Echocardiographic Assessment of Cardiomyopathy in Pediatric  
Oncology Associated with Increased Cardiac Output Due to the  
Influence of the Tumor Process: Pheochromocytoma/Paraganglioma,  
Neuroblastoma (Literature Review with Clinical Observations)**

E. A. Sazhaev, V. Yu. Bugaeva, E. S. Shchelkanova, G. V. Tereshchenko.....27

**Стереотаксическое облучение в лечении гемангиобластом ЦНС  
при болезни Гиппеля – Линдау: описание семейного случая  
и обзор литературы**

А. И. Лестровая, И. Н. Пронин, А. В. Голанов,

А. И. Баталов, Н. А. Антипина, И. И. Данилина

**Stereotactic Radiotherapy of VHL-Associated hemangioblastomas:  
A Family Case Report and Literature Review**

A. I. Lestrovaya, I. N. Pronin, A. V. Golanov,

A. I. Batalov, N. A. Antipina, I. I. Danilina.....54

**Мультипараметрическая количественная МР-оценка  
изменения содержания миелина головного мозга после первого  
курса химиотерапии**

В. П. Бондаренко, Д. А. Куприянов, А. В. Артемов, Г. В. Терещенко

**Multiparametric Quantitative MRI Evaluation of Changes in Brain  
Myelin Content after the First Course of Chemotherapy**

V. P. Bondarenko, D. A. Kupriyanov, A. V. Artemov, G. V. Tereshchenko .....73

**Возможности мультиспиральной компьютерной томографии  
в предоперационной диагностике и планировании хирургического  
лечения ювенильной ангиофибромы носоглотки и основания черепа**

А. С. Краснов, П. А. Левин, И. Н. Ворожцов,  
Н. С. Грачев, Г. В. Терещенко

**Possibilities of Computer Tomography in Preoperative Diagnosis  
and Surgical Treatment Planning of Juvenile Angiofibroma  
of the Nasopharynx and Skull Base**

A. S. Krasnov, P. A. Levin, I. N. Vorozhtsov,  
N. S. Grachev, G. V. Tereshchenko .....90

**КЛИНИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ И КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ  
CLINICAL REVIEWS AND SHORT REPORTS**

**Доклиническая ультразвуковая диагностика гемолитико-  
уремического синдрома у ребенка. Клиническое наблюдение**

Е. Б. Ольхова, В. О. Соболева, М. М. Федосеева

**Preclinical Diagnostics Hemolytic-Uremic Syndrome in a Child.  
Clinical Observation**

E. B. Olkhova, V. O. Soboleva, M. M. Fedoseeva ..... 107

**НАУЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ, ХРОНИКА, ОБЪЯВЛЕНИЯ  
SCIENTIFIC INFORMATION, CHRONICLE, ADS**

**Отчет о проведении научно-практической конференции  
«Актуальные вопросы лучевой диагностики Русского Севера»**

**Report on the Scientific and Practical Conference «Topical  
Issues of Radiation Diagnostics of the Russian North» ..... 119**

**Отчет о проведении X Всероссийской научно-практической  
конференции молодых ученых и студентов с международным  
участием «ВолгаМед»**

**Report on the X All-Russian Scientific and Practical  
Conference of Young Scientists and Students  
with International Participation «VolgaMed» ..... 124**

**Поздравление Труфанова Геннадия Евгеньевича с присвоением  
почетного звания «Заслуженный деятель науки РФ»**

**Congratulations to Gennady E. Trufanov on his Award Honorary  
Title «Honored Scientist of the Russian Federation» ..... 126**

**Правила подачи и оформления статей  
в электронный журнал «Радиология — практика»**

**Rules for Submitting and Formatting Articles  
to an Electronic Journal «Radiology — practice» ..... 128**



### **Уважаемые коллеги!**

Мы продолжаем обсуждать насущные проблемы лучевой диагностики нашей страны и столицы. В этом предисловии не могу обойти приказ Департамента здравоохранения Москвы № 1241 от 20.12.2023, который обязывает с 28.12.2023 года внедрить аудиозапись приема во всех взрослых и детских поликлиниках столицы (кроме стоматологии). Цель приказа — повышение качества медицинского обслуживания. Аудиозапись будет храниться в ЕМИАС. Мне стало грустно после выхода приказа. До чего мы докатились, что в XXI веке должны подслушивать, а скоро и подглядывать за врачами. Степень недоверия медицинских чиновников к своим коллегами просто зашкаливает. Кто-то задумался о медицинской этике и врачебной тайне? Тот, кто готовил приказ, наверно, об этом не знает. Где гарантия и кто ее даст, что не будет утечки информации? Нет никакой гарантии! Вместо того чтобы издавать такие приказы, лучше бы озаботились проблемой о временном показателе по исследованию пациентов, а то приняли решение, что 12 минут на человека, и доложили, что проблему с очередностью решили. О том, что над пациентом нужно подумать, просто забыли. Так теперь часто бывает.

Мы продолжаем информировать о наших планах.

Хотим последний номер журнала этого года посвятить публикациям молодых исследователей (аспирантов, ординаторов и молодых ученых до 35 лет). Приглашаем руководителей к подготовке данного номера. Также виделось бы интересным максимально широкое представительство ученых от Москвы до самых до окраин. Может быть, удастся сделать срез научных исследований по нашей стране, все-таки за молодежью наше будущее.

На сайте журнала и в каждом последующем номере будут представлены новые требования к публикациям в соответствии с ГОСТ. Просим обратить внимание авторов на правильность оформления работы.

*Главный редактор, заслуженный деятель науки РФ,  
член-корреспондент РАН, доктор медицинских наук,  
профессор А. Ю. Васильев*

# Юбилей НПАО «АМИКО»

В апреле 1994 года было получено свидетельство о регистрации **ЗАО «АМИКО»**. Благодаря профессиональному руководству и талантам сотрудников компания выросла за три десятилетия из небольшого коллектива в крупную организацию, объединяющую выдающихся специалистов в области медицины, инженерии, управления и сервиса.

**30 лет** — это солидный возраст для любой организации в условиях современной экономики.

Сейчас **НПАО «АМИКО»** является одним из ведущих разработчиков и производителей медицинской рентгентехники на российском рынке. В арсенале фирмы — **6 производственных площадок**, штат сотрудников составляет **более 550 человек**. Оборудование группы компаний «АМИКО» работает **по всей России** и в **25 странах** мира.

**Редколлегия журнала «Радиология — практика»  
поздравляет компанию «АМИКО» с 30-летием!**

**Желаем дальнейших успехов, процветания  
и новых достижений на рынке!**





## ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

Оригинальная статья  
УДК 616.137, 616.135  
<https://doi.org/10.52560/2713-0118-2024-2-10-26>

# Оптимизация лучевой нагрузки при обследовании пациентов с патологией краниовертебральной области

Александра Дмитриевна Гукова<sup>1</sup>, Виктория Васильевна Петровская<sup>2</sup>,  
Яков Александрович Лубашев<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup> Медицинское частное учреждение «Отраслевой клинико-диагностический центр  
ПАО «Газпром»» (ОКДЦ ПАО «Газпром»), Москва, Россия

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Российский университет медицины» Министерства здравоохранения  
Российской Федерации НОИ стоматологии им. А. И. Евдокимова, Москва, Россия

<sup>1</sup> p-aleksa-93@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1768-5192>

<sup>2</sup> VVPetrovskay@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8298-9913>

<sup>3</sup> lubayaka@medgaz.gazprom.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4792-7529>

Автор, ответственный за переписку: Александра Дмитриевна Гукова,  
p-aleksa-93@yandex.ru

### Резюме

В основу диагностики заложен принцип получения информативных и качественных изображений при минимальной лучевой нагрузке методов лучевой диагностики: традиционной рентгенографии, мультиспиральной и конусно-лучевой компьютерной томографии. При проведении рентгенологических исследований основными факторами снижения риска облучения являются применение высокочувствительных цифровых приемников диагностического изображения, минимальное время экспозиции, минимальное количество снимков за исследование. Меньшее значение тока и высокие показатели анодного напряжения, минимальный размер фокусного пятна, расположение трубки как можно дальше от пациента, а приемника изображения как можно ближе к пациенту, коллимация пучка излучения, предпочтение режиму низкой мощности дозы излучения также являются факторами снижения риска облучения.

Визуализация краниовертебральной области с помощью конусно-лучевой компьютерной томографии предлагает возможность подробной оценки структуры костной ткани данной области с равной или меньшей эффективной дозой для пациента.

**Ключевые слова:** лучевая нагрузка, краниовертебральная область, конусно-лучевая компьютерная томография, мультиспиральная компьютерная томография, стандартная рентгенография

© Гукова А. Д., Петровская В. В., Лубашев Я. А., 2024

**Для цитирования:** Гукова А. Д., Петровская В. В., Лубашев Я. А. Оптимизация лучевой нагрузки при обследовании пациентов с патологией краниовертебральной области // Радиология — практика. 2024;2:10-26. <https://doi.org/10.52560/2713-0118-2024-2-10-26>

#### **Источники финансирования**

Исследование не финансировалось какими-либо источниками.

#### **Конфликт интересов**

Авторы заявляют, что данная работа, ее тема, предмет и содержание не затрагивают конкурирующих интересов. Мнения, изложенные в статье, принадлежат авторам рукописи. Авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

#### **Соответствие принципам этики**

Работа соответствует этическим нормам Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека» с поправками 2008 года и «Правилами клинической практики в Российской Федерации», утвержденными Приказом Минздрава РФ от 19.06.2003.

## **ORIGINAL RESEARCH**

Original research

# **Optimization of Radiation Exposure when Examining Patients with Pathology of the Craniovertebral Region**

**Aleksandra D. Gukova<sup>1</sup>, Victoriya V. Petrovskay<sup>2</sup>, Yakov A. Lubashev<sup>3</sup>**

<sup>1,3</sup> Department of ICDC of PAO «Gazprom», Moscow, Russia

<sup>2</sup> Federal State Budgetary Education Institution of Higher Education «Russian University of Medicine», Ministry of Healthcare of Russia, Moscow, Russia

<sup>1</sup> p-aleksa-93@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1768-5192>

<sup>2</sup> VVPetrovskay@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8298-9913>

<sup>3</sup> lubayaka@medgaz.gazprom.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4792-7529>

Corresponding author: Aleksandra D. Gukova, p-aleksa-93@yandex.ru

#### **Abstract**

The diagnostics are based on the principle of obtaining informative and high-quality images with minimal radiation exposure using radiation diagnostic methods: traditional radiography, multislice and cone-beam computed tomography.

When conducting X-ray examinations, the main factors in reducing the risk of radiation exposure are the use of highly sensitive digital diagnostic image receivers, minimal exposure time, and a minimum number of images per examination. A lower current value and high anode voltage values, a minimum focal spot size, the placement of the tube as far as possible from the patient

and the image receiver as close to the patient as possible, collimation of the radiation beam, and preference for a low radiation dose rate mode are also factors in reducing the risk of radiation exposure.

Imaging of the craniovertebral region using cone beam computed tomography offers the opportunity to evaluate the bone structure of the region in detail, with an equal or less effective dose to the patient.

**Keywords:** Radiation Exposure, Craniovertebral Region, Cone Beam Computed Tomography, Multislice Computed Tomography, Standard Radiography

**For citation:** Gukova A. D., Petrovskaya V. V., Lubashev Ya. A. Optimization of Radiation Exposure when Examining Patients with Pathology of the Craniovertebral Region. *Radiology – Practice*. 2024;2:10-26. (In Russ.). <https://doi.org/10.52560/2713-0118-2024-2-10-26>

### Funding

The study was not funded by any sources.

### Conflicts of Interest

The authors state that this work, its topic, subject and content do not affect competing interests. The opinions expressed in the article belong to the authors of the manuscript. The authors confirm the compliance of their authorship with the international ICMJE criteria (all authors have made a significant contribution to the development of the concept, the preparation of the article, read and approved the final version before publication).

### Compliance with Ethical Standards

The work complies with the ethical standards of the Helsinki Declaration of the World Medical Association «Ethical Principles of conducting scientific medical research with human participation» as amended in 2008 and the «Rules of Clinical Practice in the Russian Federation» approved by the Order of the Ministry of Health of the Russian Federation dated 06/19/2003.

---

## Актуальность

Вопрос состояния дозиметрии краниовертебральной области методом конусно-лучевой компьютерной томографии в отечественной литературе остается малоизученным в связи с тем, что большинство работ направлены на оценку данной области методами традиционной рентгенографии и мультиспиральной компьютерной томографии (МСКТ) [2, 3, 9–11].

При сравнении дозовой нагрузки при рентгенографии и конусно-лучевой компьютерной томографии (КЛКТ) предпочтительным методом диагностики является КЛКТ. Изображения, полученные при КЛКТ, отличаются высоким пространственным разрешением, возможностью построения мультипланар-

ных реконструкций в отличие от метода рентгенографии при относительно низкой дозе облучения [1, 12–15].

Необходимость оценки лучевой нагрузки краниовертебральной области (КВО) обусловлена отсутствием в отечественной и зарубежной литературе точных данных о достоверно зафиксированной дозе облучения при использовании различных рентгенологических методов. Так как метод рентгенологического исследования следует выбирать с учетом минимизации лучевой нагрузки на пациента и на основе принципа «максимально низкая доза для достижения результата», то сравнение дозовой нагрузки, полученной при проведении традиционной рентгенографии, МСКТ и КЛКТ, становится наиболее актуальным [6–8, 10, 11].

**Цель:** установить оптимальную методику при обследовании краниовертебральной области путем оценки индивидуальной и популяционной лучевой нагрузки на пациента.

## Материалы и методы

Обследование пациентов с патологическими изменениями КВО проводилось в амбулаторных условиях в подразделениях клинично-диагностического центра ведомственной принадлежности. Всего было диагностировано 170 пациентов в группах до и старше 18 лет.

Все пациенты или их законные представители подписывали информированное добровольное согласие на проведение лучевых исследований. Традиционную рентгенографию проводили на аппарате CLINODIGIT (Italray, Италия), МСКТ – на аппарате TOSHIBA «Aquilion One 640», КЛКТ – на аппарате «Gendex CB 500» (производство США). Для ретроспективного и проспективного анализа использовались медицинская информационная система (HIS) и система архивации медицинских изображений (PACS, Sidexis, Gendex) с пакетами прикладных программ для анализа медицинских изображений.

Эффективную эквивалентную дозу по традиционной рентгенографии использовали из таблиц, полученных расчетным методом. Среднюю эффективную эквивалентную дозу оценивали из всей выборки данных по возрастным группам.

Эффективную дозу облучения пациентов методом КЛКТ определяли на основании нормативных документов: МР от 12.12.2007 № 0100/12883-07-34 п. 5.3 и п. 5.7, а также МУ 2.6.1.2944-11 [4, 5]. В процессе дозиметрии использовался дозиметр универсальный «Piranha R F/M 657» с погрешностью измерения  $\pm 5\%$ .

Анализ эффективной дозы облучения МСКТ КВО, как индивидуальной, так и популяционной, проводился из данных

обследования МСКТ головного мозга и шейного отдела позвоночника, при котором в зону сканирования попадала интересующая нас область. Эффективную дозу облучения пациентов методом МСКТ определяли в соответствии с п. 4.3 Методических указаний (МУ) 2.6.1. 2944–11 «Контроль эффективных доз облучения пациентов при проведении медицинских рентгенологических исследований» [4]. В данной работе у всех пациентов, которым проводилось МСКТ-исследование КВО, оценивались CTDI (CT Dose Index), DLP (Dose Length Product) и протяженность сканирования (Scan Range). CTDI служит мерой поглощенной дозы облучения (единица измерения мГр) и является непосредственно измеряемым дозиметрическим параметром. DLP – поглощенная доза за все КТ-исследование с учетом протяженности области сканирования и количества повторных сканирований. Исходя из показателей DLP у обследуемого пациента рассчитывалась эффективная доза облучения (Е).

Рассчитывается Е с учетом взвешивающих коэффициентов для видов излучения, характеризующих их проникающую способность (для рентгеновских лучей этот коэффициент равен 1), и взвешивающих коэффициентов, характеризующих радиочувствительность конкретных тканей и органов.

В данной статье Е рассчитывалась из DLP с использованием коэффициента пересчета:

$$E = DLP \times Edlp$$

где Е (эффективная доза) – мЗв, DLP (Dose Length Product) – поглощенная доза излучения за все КТ-исследования с учетом длины сканируемой области и количества сканирований.

## Результаты

Обследовано 170 пациентов, с лучевой нагрузкой выполнено 472 исследования. Традиционная рентгенография шейного отдела позвоночника (ШОП) была выполнена 53 (31,1 %) пациентам,

рентгенография ШОП с функциональными пробами (ФП) использовалась у 78 (45,8 %) обследуемых, трансоральная рентгенография у 55 (32,3 %) пациентов, КЛКТ у 170 пациентов (100 %), дополнительно с ФП у 15 пациентов (8,8%), МСКТ выполнено в 48,2 % случаев только взрослым.

На рис. 1 представлено распределение лучевых исследований в группах пациентов до и старше 18 лет.

Расчетные значения эффективных доз при проведении рентгенодиагностических исследований у пациентов в возрасте до 9 лет, полученные нами в результате дозиметрического контроля, представлены в табл. 1.

Как видно из табл. 1, эффективная доза при стандартной цифровой рентгенографии в возрастной категории обследуемых пациентов до 9 лет колебалась в пределах 0,015–0,036 мЗв в зависи-

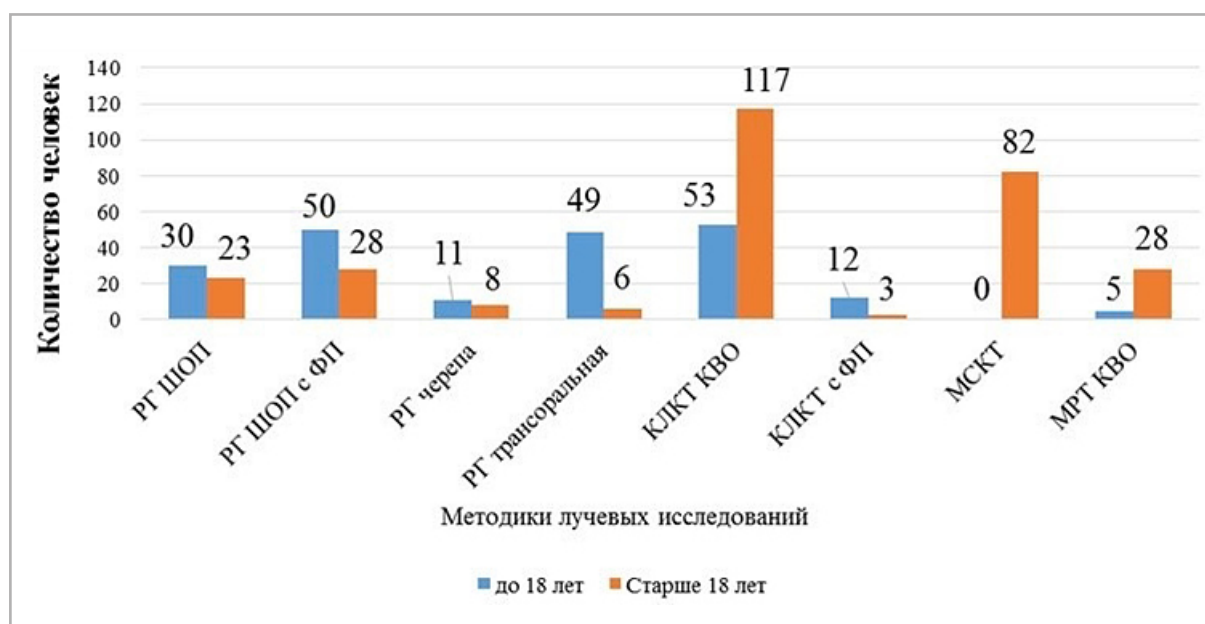


Рис. 1. Диаграмма распределения лучевых исследований в группах пациентов до и старше 18 лет

Таблица 1

**Расчетные значения эффективных доз при проведении традиционных рентгенологических исследований в возрасте до 9 лет**

| Область исследования и размер матрицы    | Проекция       | Параметры, кв/мАс | Эффективная доза, Е (мЗв) |
|------------------------------------------|----------------|-------------------|---------------------------|
| Череп, 24 × 30 см                        | Боковая        | 65/32             | 0,036                     |
| Рентгенография трансоральная, 18 × 24 см | Передне-задняя | 57/25             | 0,018                     |
| Шейный отдел позвоночника, 18 × 24 см    | Передне-задняя | 57/25             | 0,018                     |
|                                          | Боковая        | 57/25             | 0,015                     |
|                                          | Сгибание       | 57/25             | 0,015                     |
|                                          | Разгибание     | 57/25             | 0,015                     |

мости от исследуемой области. Максимальная доза отмечалась в наиболее информативной плоскости для расчета линейно-угловых показателей — в боковой проекции черепа. В исследованиях трансоральной рентгенографии и шейного отдела позвоночника эффективная доза чередовалась от 0,015 до 0,018 мЗв. Среднее значение эффективной дозы

при проведении традиционных рентгенологических исследований в возрасте до 9 лет составило 0,019 мЗв.

Расчетные значения эффективных доз при проведении рентгенодиагностических исследований у пациентов в возрасте от 9 до 18 лет, полученные нами в результате дозиметрического контроля в кабинете, представлены в табл. 2.

Таблица 2

**Расчетные значения эффективных доз при проведении традиционных рентгенологических исследований в возрасте от 9 до 18 лет**

| Область исследования и размер матрицы    | Проекция       | Параметры, кв/мАс | Эффективная доза, Е (мЗв) |
|------------------------------------------|----------------|-------------------|---------------------------|
| Череп, 24 × 30 см                        | Боковая        | 70/32             | 0,024                     |
| Рентгенография трансоральная, 18 × 24 см | Передне-задняя | 60/32             | 0,039                     |
| Шейный отдел позвоночника, 18 × 24 см    | Передне-задняя | 60/32             | 0,039                     |
|                                          | Боковая        | 60/32             | 0,024                     |
|                                          | Сгибание       | 60/32             | 0,024                     |
|                                          | Разгибание     | 60/32             | 0,024                     |

В представленной табл. 2 эффективная доза при стандартной цифровой рентгенографии в возрастной категории от 9 до 18 лет находилась в диапазоне 0,024–0,039 мЗв. Максимальные показатели эффективной эквивалентной дозы отмечались при выполнении рентгенографии через открытый рот, где оцениваются линейные изменения в фасеточных суставах и Крювелье. Значительный вклад в популяционную лучевую нагрузку в данной возрастной категории вносили рентгенография шейного отдела позвоночника в прямой проекции и рентгенография С1–С2 позвонков через открытый рот (0,039 мЗв). Среднее значение эффективной дозы при проведении традиционных рентгенологических исследований в возрасте от 9 до 18 лет составило 0,029 мЗв.

Расчетные значения эффективных доз при проведении рентгенодиагностических исследований у взрослых пациентов в возрастном диапазоне старше 18 лет, полученные нами в результате дозиметрического контроля в кабинете, представлены в табл. 3.

При анализе табл. 3 эффективная эквивалентная доза (Е, мЗв) при стандартной цифровой рентгенографии у взрослых пациентов находилась в диапазоне от 0,02 до 0,161 мЗв. Максимальный вклад в популяционную лучевую нагрузку внесла рентгенография шейного отдела позвоночника с функциональными пробами и составила 0,372 мЗв. Среднее значение эффективной дозы при проведении традиционных рентгенологических исследований в возрасте старше 18 лет составило 0,075 мЗв.

Таблица 3

**Расчетные значения эффективных доз при проведении рентгенологических исследований пациентов старше 18 лет**

| Область исследования и размер матрицы    | Проекция       | Параметры, кв/мАс | Эффективная доза, Е (мЗв) |
|------------------------------------------|----------------|-------------------|---------------------------|
| Череп, 24 × 30 см                        | Боковая        | 70/32             | 0,03                      |
| Рентгенография трансоральная, 18 × 24 см | Передне-задняя | 70/32             | 0,05                      |
| Шейный отдел позвоночника, 18 × 24 см    | Передне-задняя | 70/32             | 0,02                      |
|                                          | Боковая        | 75/40             | 0,03                      |
|                                          | Сгибание       | 75/40             | 0,161                     |
|                                          | Разгибание     | 75/40             | 0,161                     |

Среди 170 пациентов традиционная рентгенография черепа в возрасте до 9 лет выполнялась 3 пациентам, в группах 9–18 лет и старше 18 лет — 8 обследуемым. Рентгенография шейного отдела позвоночника в возрасте до 9 лет проводилась 8 пациентам, 9–18 лет — 22 обследуемым, старше 18 лет — 23 пациентам. Рентгенография шейного отдела позвоночника с функциональными пробами в возрастной группе до 9 лет проводилась 9 пациентам, 9–18 лет — 41 обследуемому, старше 18 лет — 28 пациентам. Трансоральная рентгенография в возрасте до 9 лет выполнялась 7 пациентам, 9–18 лет — 41 обследуемому, старше 18 лет — 28 пациентам.

Результаты популяционной лучевой нагрузки при традиционной рентгенографии представлены на рис. 2.

При анализе диаграммы установлено, что значительную популяционную нагрузку вносит рентгенография шейного отдела позвоночника с функциональными пробами в возрастной группе старше 18 лет (10,416 мЗв). Популяционная лучевая нагрузка методом рентгенографии в нашем исследовании составила 22,911 мЗв, что составило 5,5 % от общей популяционной нагрузки всех лучевых методов исследования.

Метод МСКТ до установки нозологической формы патологических изменений КВО был выполнен 82 пациентам

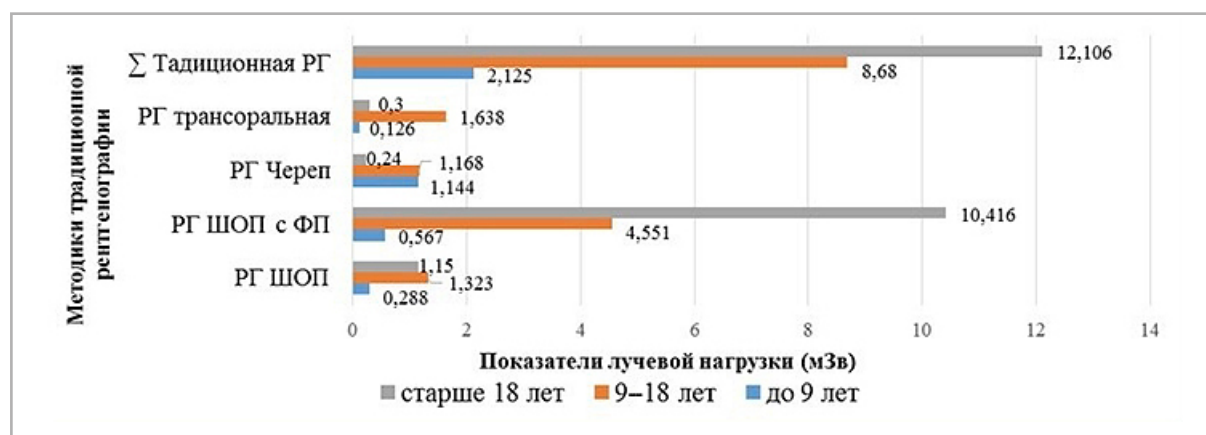


Рис. 2. Диаграмма распределения показателей популяционной лучевой нагрузки при обследовании методом традиционной рентгенографии (мЗв)

старше 18 лет, что составило 48,2 % от общего количества пациентов.

В табл. 4 приведены расчеты лучевой нагрузки при МСКТ, где основным критерием определения лучевой нагрузки является DLP, который получается из протокола сканирования МСКТ.

В табл. 4 максимальный дозовый коэффициент представлен при обследовании шейного отдела позвоночника. В диагностике изменений краниовертебральной зоны эффективная эквивалентная доза отличается при обследовании головы и шеи на 14,2 % соответственно. Эффективная доза при МСКТ у взрослых варьировала от  $4,144 \pm 0,239$  мЗв при обследовании головы, до  $4,832 \pm 0,279$  мЗв при обследовании шейного отдела позвоночника.

В табл. 5 продемонстрировано распределение популяционной лучевой нагрузки при обследовании пациентов методом МСКТ.

Как видно из табл. 5, МСКТ головного мозга в категории обследуемых

старше 18 лет было выполнено 14 пациентам, что составило 10,7 % от общего числа пациентов, среднее значение лучевой нагрузки — 4,14 мЗв, суммарная популяционная лучевая нагрузка составила 57,96 мЗв. МСКТ шейного отдела позвоночника была проведена 68 пациентам (52 %), среднее значение лучевой нагрузки — 4,83 мЗв. Итоговая популяционная лучевая нагрузка методом МСКТ в нашем исследовании составила 386,4 мЗв.

КЛКТ была выполнена 170 пациентам (100 %), в том числе с функциональными пробами 15 пациентам (3,0 %).

Расчетные значения эффективных доз при проведении КЛКТ краниовертебральной области у пациентов различных возрастных групп не отличались и представлены в табл. 6.

По данным табл. 6, среднее значение эффективной дозы при КЛКТ КВО в стандартном исследовании, которое проводилось всем 170 пациентам, находилась в диапазоне от  $0,01 \pm 0,002$  до

Таблица 4

#### Значения эффективных доз при проведении МСКТ с учетом технических параметров

| Область исследования      | U, кВ | I, мА | T, мм | K, мм | t <sub>0</sub> , с | p    | S, см | CTDI <sub>vol/w</sub> , мГр | Кст, мЗв* мГр <sup>-1</sup> * см <sup>-1</sup> | E, мЗв        |
|---------------------------|-------|-------|-------|-------|--------------------|------|-------|-----------------------------|------------------------------------------------|---------------|
| Голова                    | 120   | 340   | 0,5   | 16    | 0,75               | 0,66 | 20    | 90,1 ± 4,5                  | 0,0023                                         | 4,144 ± 0,239 |
| Шейный отдел позвоночника | 120   | 220   | 0,5   | 32    | 0,5                | 0,64 | 15    | 59,7 ± 3,0                  | 0,0054                                         | 4,832 ± 0,279 |

Таблица 5

#### Распределение популяционной лучевой дозовой нагрузки при проведении МСКТ

| Область исследования | Количество человек | E, мЗв | Σ, мЗв |
|----------------------|--------------------|--------|--------|
| ГМ                   | 14                 | 4,14   | 57,96  |
| ШОП                  | 68                 | 4,83   | 328,44 |
| Итого:               | 82                 | 4,71   | 386,4  |

Таблица 6

## Расчетные значения эффективных доз при проведении КЛКТ КВО

| Вид и область исследования, размер матрицы                                     | Параметры |       | Эффективная доза, Е (мЗв) |
|--------------------------------------------------------------------------------|-----------|-------|---------------------------|
|                                                                                | U, кВ     | I, мА |                           |
| КЛКТ КВО (стандартное исследование), 14 × 8,5 см (высокое разрешение)          | 120       | 30,89 | 0,041 ± 0,003             |
| КЛКТ КВО (стандартное исследование), 14 × 8,5 см (низкодозное исследование)    | 120       | 16,89 | 0,023 ± 0,002             |
| КЛКТ КВО (с ФП), 14 × 8,5 см (низкодозное исследование)                        | 120       | 16,89 | 0,069 ± 0,002             |
| КЛКТ КВО (стандартное исследование), 8,5 × 8,5 см (исследование с малым полем) | 120       | 8,92  | 0,01 ± 0,002              |
| КЛКТ КВО (с ФП), 8,5 × 8,5 см (исследование с малым полем)                     | 120       | 8,92  | 0,03 ± 0,002              |

0,023 ± 0,002 мЗв, что связано с размером поля сканирования. Эффективная эквивалентная доза при КЛКТ краниовертебральной зоны с высоким разрешением (ВР) составляла 0,041 ± 0,003 мЗв.

Исследование КВО с ФП дополнительно проводилось 15 пациентам с техническими параметрами низкодозового исследования или исследования с малым полем сканирования. Среднее значение эффективной дозы при КЛКТ КВО в режиме низкодозного исследования с ФП (которое включало в себя проведение стандартного исследования, а также дополнительно в положении максимального сгибания и разгибания) варьировалась в диапазоне 0,069 ± 0,002 мЗв, при сканировании исследования с малым полем находилась в пределах 0,03 ± 0,002 мЗв.

Показатели эффективной эквивалентной дозы в популяции напрямую связаны с конституциональными особенностями пациента, вне зависимости от возраста, и опытом рентгенолаборанта, выполняющего исследование. В оптимальных условиях, когда анализ КЛКТ-томограмм краниовертебральной области проводится во время обследования совместно с врачом клиницистом, назначившим исследование, проведение функциональных проб для

подтверждения выявленной патологии необходимо выполнить сразу, что снизит индивидуальную лучевую нагрузку.

На рис. 3 представлены КЛКТ-изображения КВО в сагиттальной (а, б) и коронарной (в, г) реконструкции, выполненные с различными режимами сканирования.

На рис. 3 представлены результаты MPR-реконструкций КЛКТ с различными режимами сканирования, позволяющие выполнить линейно-угловые расчеты показателей, необходимых для постановки и уточнения состояния краниовертебральной области вне зависимости от параметров сканирования (оценку которых произвели в 1-й части статьи). Применение данного приема позволяет снизить индивидуальную лучевую нагрузку по расчетным показателям на 56 %.

Результаты популяционной лучевой нагрузки при выполнении КЛКТ представлены в табл. 7.

КЛКТ краниовертебральной области в стандартной укладке в возрасте до 9 лет было выполнено 69 пациентам (40 %) со средним значением лучевой нагрузки в 0,01 мЗв, также 6 пациентам (3,5 %) этого возрастного диапазона было дополнительно проведено КЛКТ-исследование КВО с функцио-



Рис. 3. Конусно-лучевые компьютерные томограммы, MPR-реконструкция в сагиттальной (а, б) и корональной плоскостях (в, г), область сканирования  $14 \times 8,5$  см; а, в — режимы сканирования 120 кV, 30,89 mAc; б, г — режимы сканирования 120 кV, 16,89 mAc

Таблица 7

**Результаты итоговой популяционной лучевой нагрузки  
краниовертебральной области при выполнении КЛКТ**

| Область исследования                             | Возрастной диапазон | Количество человек | Е, мЗв | $\Sigma$ , мЗв |
|--------------------------------------------------|---------------------|--------------------|--------|----------------|
| КЛКТ КВО<br>(стандартное<br>исследование)        | до 9 лет            | 69                 | 0,01   | 0,69           |
|                                                  | от 9 до 18 лет      | 56                 | 0,02   | 1,28           |
|                                                  | старше 18 лет       | 45                 | 0,04   | 1,84           |
| Итого:                                           |                     | 170                | 0,02   | 3,40           |
| КЛКТ КВО с ФП                                    | до 9 лет            | 6                  | 0,03   | 0,18           |
|                                                  | от 9 до 18 лет      | 6                  | 0,06   | 0,41           |
|                                                  | старше 18 лет       | 3                  | 0,12   | 0,36           |
| Итого:                                           |                     | 15                 | 0,07   | 1,05           |
| Итого (КЛКТ КВО стандартное исследование + с ФП) |                     |                    |        | 4,45           |

нальными пробами для уточнения характера выявленных изменений во время стандартной КЛКТ. Стандартное КЛКТ-исследование КВО в возрасте 9–18 лет отсканировано 56 пациентам (32,9 %), а также 6 пациентам (3,5 %) КЛКТ с функциональными пробами. Пациентам в возрастном диапазоне старше 18 лет стандартную КЛКТ КВО выполняли 45 пациентам (26,4 %), дообследование в виде проведения функциональных проб — 3 пациентам (1,7 %). Итоговая популяционная лучевая нагрузка при КЛКТ-исследовании, как при стандартном исследовании, так и при проведении функциональных проб, составила 4,45 мЗв, что составило 1,1 % от общей популяционной нагрузки.

Нами проанализировано распределение индивидуальной лучевой нагрузки в сравнении с методиками традиционной рентгенографии и КЛКТ, которое представлено на рис. 4.

На рис. 4 представлены средние значения лучевой нагрузки, полученные пациентами всех возрастных групп методами традиционной рентгенографии и КЛКТ. На представленной диаграмме наибольшее среднее значение лучевой нагрузки приходилось на пол-

ное обследование пациентов методом стандартной рентгенографии от 0,15 мЗв в возрастной категории до 9 лет и до 0,502 мЗв в популяционной группе старше 18 лет.

Наименьшее среднее значение лучевой нагрузки при традиционной рентгенографии С1–С2 (0,018 мЗв) в возрасте до 9 лет увеличивалось до 0,039 мЗв в популяции от 9 до 18 лет и более 0,05 мЗв в возрастной категории старше 18 лет при сравнении с низкодозовой КЛКТ (0,01 мЗв), где только в данном примере лучевая нагрузка отличается от стандартной КЛКТ на 55,6 % и выше.

На рис. 5 и 6 представлено математическое распределение средней ошибки дозы, достоверности разности дозы и доверительные границы при традиционной рентгенографии и КЛКТ у пациентов детского возраста и взрослых.

Установлено с вероятностью безошибочного прогноза 95 %, что средний уровень полученной дозы при рентгенографии у детей находится в пределах от 0,050 до 0,061 мЗв, у взрослых — от 0,093 до 0,206 мЗв, МСКТ КВО — у взрослых 2,0 мЗв без доверительных границ, КЛКТ КВО — у детей в пределах от 0,018 до 0,034 мЗв, у взрослых — 0,04 мЗв без доверительных границ.

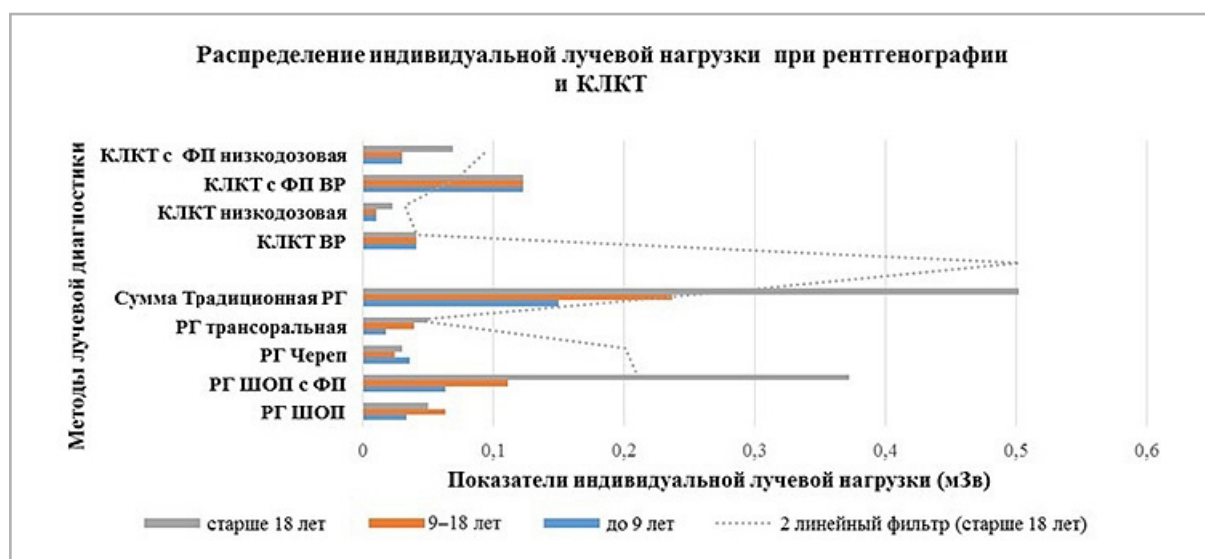


Рис. 4. Диаграмма распределения показателей индивидуальной лучевой нагрузки при рентгенографии и КЛКТ

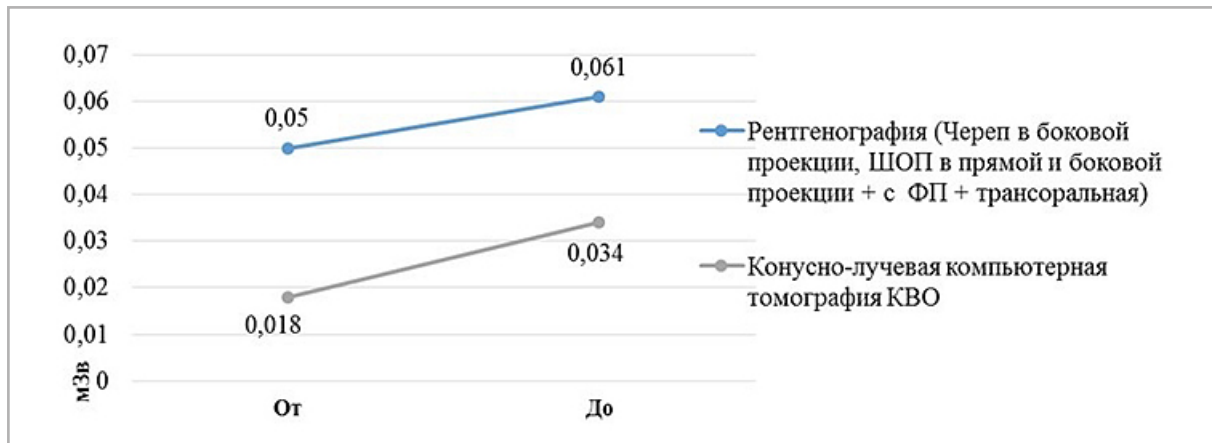


Рис. 5. Диаграмма математического распределения средней ошибки дозы, достоверности разности дозы и доверительные границы (Е, мЗв) при традиционной рентгенографии и КЛКТ у пациентов детского возраста

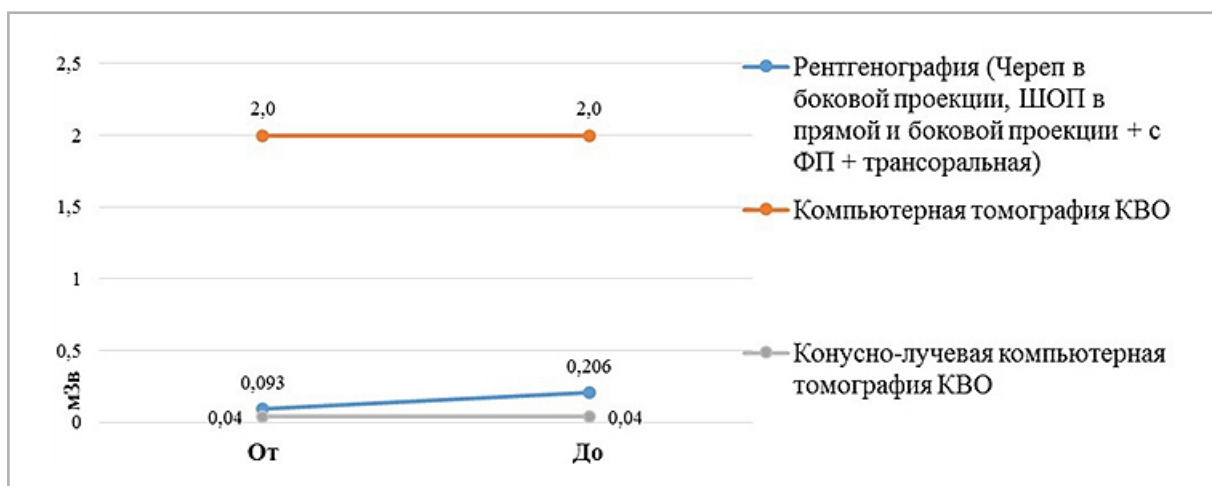


Рис. 6. Диаграмма математического распределения средней ошибки дозы, достоверности разности дозы и доверительные границы (Е, мЗв) при традиционной рентгенографии КЛКТ и МСКТ у пациентов старше 18 лет

При определении средней ошибки средних показателей полученной дозы при различных видах исследований выявлено, что средние показатели более чем в 2 раза превышают свои средние ошибки, что говорит о достоверности полученных средних величин.

## Обсуждение

На основе проведенного анализа установлено, что значительная разница эффективных доз облучения при исследовании краниовертебральной области была связана с использованием традиционного рентгенологического протоко-

ла диагностики КВО. Замена протокола традиционного рентгенографического обследования КВО на КЛКТ снижает индивидуальную лучевую нагрузку на пациента от 55,6 % и выше. Нами доказано, что лучевая нагрузка при КЛКТ ниже, чем при полном обследовании КВО методиками традиционной рентгенографии и МСКТ.

Дозовые лучевые нагрузки при рентгенографии и КЛКТ были ниже от 9,7 до 21 раза, чем при исследовании КВО методом МСКТ, что делает эти методики исследования более предпочтительными при диагностике патологиче-

ских состояний КВО, в том числе и для исследования детей.

Американские ученые в своих работах [14–16] сообщают о выборке факторов дозы пациента, которые подчеркивают общее снижение риска для пациента, когда КЛКТ используется для визуализации КВО как приоритетный метод диагностики, что является сопоставимым предположением с нашими данными, описанными в данной статье.

При сравнении дозовой нагрузки при рентгенографии и КЛКТ предпочтительным методом диагностики является КЛКТ. Изображения, полученные при КЛКТ, обладают высоким пространственным разрешением, возможностью построения мультипланарных реконструкций, в отличие от метода полипозиционной рентгенографии при относительно низкой дозе облучения.

Помимо избирательного, взвешенного подхода к назначению исследований существует целый ряд других методологических подходов к снижению нагрузки. Один из них — оптимизация протокола исследования. Для каждого конкретного протокола в условиях конкретного учреждения необходимо разработать низкодозовые протоколы с учетом возможностей имеющегося оборудования, специфики контингента, возможности архивации медицинских изображений и их последующий проспективный и ретроспективный анализ.

Выбор оптимальных параметров сканирования — важный этап снижения лучевой нагрузки при выполнении исследований, так как количество цифрового шума на изображении, которое зависит от этих параметров, во многом определяет качество исследования.

## Выводы

Проведенный в данной статье анализ эффективных доз лучевой нагрузки краниовертебральной зоны с помощью методов традиционной рентгенографии, МСКТ и КЛКТ с учетом информатив-

ности методов позволит оптимизировать алгоритм лучевого обследования пациентов с подозрением на патологические изменения краниовертебральной области в условиях ведомственного учреждения, снизить лучевую нагрузку без потери качества получаемых изображений, ускорить процесс постановки диагноза и назначения лечения а также проведения динамического наблюдения.

## Список источников

1. Гузино П. В., Пестюк Е. Л. О проблеме снижения лучевых нагрузок на пациентов при медицинском облучении и путях ее решения // Актуальные вопросы радиационной и экологической медицины, лучевой диагностики и лучевой терапии. Гродно. 2022. С. 101–104. URL: [http://www.grsmu.by/files/file/science/konferencija/sbornik/sbornik\\_rad\\_med\\_2022.pdf#page=101](http://www.grsmu.by/files/file/science/konferencija/sbornik/sbornik_rad_med_2022.pdf#page=101)
2. Калинина М. В., Жукова Ж. В. Методические аспекты обоснования контрольных диагностических уровней облучения пациентов при медицинских рентгенодиагностических исследованиях // Радиационная гигиена. 2020. Т. 13, № 3. С. 123–130. <https://doi.org/10.21514/1998-426X-2020-13-3-123-130>
3. Краснов А. С., Кабанов Д. О., Терещенко Г. В. Основы дозиметрии и оптимизации дозовой нагрузки при проведении мультиспиральной компьютерной томографии // Вопросы гематологии, онкологии и иммунопатологии в педиатрии. 2018. Т. 17, № 3. С. 127–132. <https://doi.org/10.24287/1726-1708-2018-17-3-127-132>
4. Контроль эффективных доз облучения пациентов при проведении медицинских рентгенологических исследований: Методические указания 2.6.1.2 944-11. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2011. 38 с.
5. Определение радиационного выхода рентгеновских излучателей медицинских рентгенодиагностических аппара-

- ратов: Методические рекомендации 0100/12883-07:34. М.: Минздрав России, 2007.
6. Ненахова Е. В., Ивайловская Ю. И. Вклад ионизирующего излучения рентгенорадиологических диагностических процедур в общую лучевую нагрузку населения Иркутской области // *Окружающая среда и здоровье*. Иркутск, 2020. С. 97–103. URL: [https://disk.yandex.ru/i/AVMeF6CF\\_a2g-Q](https://disk.yandex.ru/i/AVMeF6CF_a2g-Q)
  7. Осипов М. В., Сокольников М. Э., Фомин Е. П. Перспективы использования медико-дозиметрического регистра компьютерной томографии для оценки вклада медицинского диагностического облучения в радиогенный риск // *Вопросы радиационной безопасности*. 2018. № 1. С. 67–73. URL: [https://disk.yandex.ru/i/88VTkf\\_-flaeVQ](https://disk.yandex.ru/i/88VTkf_-flaeVQ)
  8. Охрименко С. Е., Ильин Л. А., Коренков И. П., Морозов С. П., Бирюков А. П., Гомболевский В. А., Прохоров Н. И., Лантух З. А., Рыжов С. А., Солдатов И. В., Фомин А. А. Оптимизация доз облучения пациентов в лучевой диагностике // *Гигиена и санитария*. 2019; 98 (12): 1331–1337. <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-12-1331-1337>
  9. Петрова А. Д., Лубашева О. Я., Лубашев Я. А. Сравнительный анализ дозовых лучевых нагрузок при рентгенологических исследованиях краниовертебральной зоны // *Научное издание «104 конгресс Российского общества рентгенологов и радиологов»*. Сб. тезисов. 9–11.11.2020. СПб., 2020. С. 151–152.
  10. Петрова А. Д., Лубашева О. Я., Лубашев Я. А., Севрюкова Е. В., Васильев А. Ю. Свидетельство о регистрации электронного ресурса «База данных традиционной рентгенографии, мультиспиральной, конусно-лучевой и магнитно-резонансной компьютерной томографии пациентов, обследованных по поводу патологических изменений краниовертебральной области» № 24461 от 06 февраля 2020 г., Общедоступный фонд электронных ресурсов «Наука и образование», ФГБУН «Институт программных систем им. А. К. Айламазяна» РАН.
  11. Петрова А. Д., Лубашева О. Я., Севрюкова Е. В. Сравнительный анализ методов традиционной рентгенографии и конусно-лучевой компьютерной томографии в диагностике аномалии Киммерле // *Лучевая диагностика и терапия*. 2020. № 1 (S). С. 145.
  12. Янова Э. У., Юлдашев Р. А., Мардиева Г. М. Лучевая диагностика краниовертебрального кровообращения при аномалии Киммерле // *Вопросы науки и образования*. 2019. № 27 (76). С. 94–99. URL: <https://cajmns.centralasianstudies.org/index.php/CAJMNS/article/view/1117/1032>
  13. Brower C., Rehani M. M. Radiation Risk Issues in Recurrent Imaging. *The Brit. J. of Radiol.* 2021. Vol. 94. No. P.1126. <https://doi.org/doi:10.1259/bjr.20210389>.
  14. DeNunzio G., Evans T., Beebe M. E. Cranio-cervical Junction Visualization and Radiation Dose Consideration Utilizing Cone Beam Computed Tomography for Upper Cervical Chiropractic Clinical Application a Literature Review. 2023. No. 2. P. 1–8. <https://doi.org/doi:10.1177/15593258221107515>
  15. Vano E., Frija G., Loose R. et al. Dosimetric Quantities and Effective Dose in Medical Imaging: a Summary for Medical Doctors. *Insights into Imaging*. 2021. No. 12. P. 1–9. <https://doi.org/10.1186/s13244-021-01041-2>
  16. Metaxas V. I., Messaris G. A., Lekatou A. N. et al. Patient Doses in Common Diagnostic X-ray Examinations // *Radiation Protection Dosimetry*. 2019. Vol. 184. No. 1. P. 12–27. <https://doi.org/10.1093/rpd/ncy169>

## References

1. Guzino P. V., Pesty'uk E. L. On the Problem of Reducing Radiation Exposure to Patients with Medical Exposure and

- Ways to Solve it. Aktual'nyye voprosy radiatsionnoy i ekologicheskoy meditsiny, luchevoy diagnostiki i luchevoy terapii. Grodno, 2022. P. 101–104. (In Russ.). [http://www.grsmu.by/files/file/science/konferenciya/sbornik/sbornik\\_rad\\_med\\_2022.pdf#page=101](http://www.grsmu.by/files/file/science/konferenciya/sbornik/sbornik_rad_med_2022.pdf#page=101)
2. Kalinina M. V., Zhukova Zh. V. Methodological Aspects of Substantiation of Control Diagnostic Levels of Patient Exposure During Medical X-ray Diagnostic Studies. *Radiatsionnaya gigiyena*. 2020. 13(3):123-130. (In Russ.). <https://doi.org/10.21514/1998-426X-2020-13-3-123-130>
  3. Krasnov A. S., Kabanov D. O., Tereschenko G. V. Dosimetry Basics and Dose Optimization Strategies for CT Examinations. *Pediatric Hematol., Oncol. and Immunopathol.* 2018;17(3):127-132. (In Russ.). <https://doi.org/10.24287/1726-1708-2018-17-3-127-132>
  4. Control of Effective Radiation Doses to Patients During Medical X-ray Examinations: Guidelines 2.6.1.2944-11. Federal'nyy tsentr gigiyeny i epidemiologii Rospotrebnadzora, 2011. 38 p. (In Russ.).
  5. Determination of the Radiation Output of X-ray Emitters of Medical X-ray Diagnostic Devices. Metodicheskiye rekomendatsii 0100/12883-07:34. M.: Minzdrav Rossii, 2007. (In Russ.).
  6. Nenakhova E. V., Ivailovskaya Yu. I. The Contribution of Ionizing Radiation from X-ray Diagnostic Procedures to the Total Radiation Exposure of the Population of the Irkutsk region. Okruzhayushchaya sreda i zdorov'ye. Irkutsk, 2020. P. 97–103. (In Russ.). URL: [https://disk.yandex.ru/i/AVMeF6CF\\_a2g-Q](https://disk.yandex.ru/i/AVMeF6CF_a2g-Q).
  7. Osipov M. V., Sokol'nikov M. E., Fomin E. P. Prospects for Using the Medical Dosimetric Register of Computed Tomography to Assess the Contribution of Medical Diagnostic Exposure to Radiogenic Risk. *Voprosy radiatsionnoy bezopasnosti*. 2018. No. 1. 67–73. (In Russ.). URL: [https://disk.yandex.ru/i/88VTkf\\_-flaeVQ](https://disk.yandex.ru/i/88VTkf_-flaeVQ)
  8. Okhrimenko S. E., Korenkov I. P., Morozov S. P., Biryukov A. P., Gombolevskiy V. A., Prokhorov N. I., Lantukh Z. A., Ridzhov S. A., Soldatov I. V. Optimization of Radiation Doses to Patients in X-ray Diagnostics. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian J.)* 2019; 98(12):1331-1337. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-12-1331-1337>
  9. Petrova A. D., Lubasheva O. Ya., Lubashev Ya. A. Comparative Analysis of Radiation Exposure During Radiographic Studies of the Craniovertebral Zone. Nauchnoye izdaniye «104 kongress rossiyskogo obshchestva rentgenologov i radiologov» Sbornik tezisov 9–11.11.2020. SPb., 2020. P. 151–152. (In Russ.).
  10. Petrova A. D., Lubasheva O. Ya., Lubashev Ya. A., Sevryukova E. V., Vasiliev A. Yu. Certificate of Registration of the Electronic Resource «Database of Traditional Radiography, Multislice, Cone-beam and Magnetic Resonance Computed Tomography of Patients Examined for Pathological Changes in the Craniovertebral Region. Ob»yedinennyy fond elektronnykh resursov «Nauka i obrazovaniye», FGBUN «Institut programmykh sistem im. A. K. Aylamazyan» RAN. (In Russ.).
  11. Petrova A. D., Lubasheva O. Ya., Sevryukova E. V. Comparative Analysis of Traditional Radiography and Cone-beam Computed Tomography in the Diagnosis of Kimmerle Anomaly. *Luchevaya diagnostika i terapiya*. 2020;1:145. (In Russ.).
  12. Yanova E. U., Yuldashev R. A., Mardieva G. M. Radiation Diagnostics of Craniovertebral Circulation in Kimmerle Anomaly. *Voprosy nauki i obrazovaniya*. 2019; 27(76):94–99. (In Russ.). URL: <https://cajmns.centralasianstudies.org/index.php/CAJMNS/article/view/1117/1032>
  13. Brower C., Rehani M. M. Radiation Risk Issues in Recurrent Imaging. *The Brit. J. of Radiol.* 2021. Vol. 94 (1). P. 1126. <https://doi.org/doi:10.1259/bjr.20210389>.
  14. DeNunzio G., Evans T., Beebe M. E. Craniovertebral Junction Visualization and Radiation Dose Consideration Utilizing

- Cone Beam Computed Tomography for Upper Cervical Chiropractic. *Clinical Application a Literature Review*. 2023. No. 2. P. 1–8. <https://doi.org/doi:10.1177/15593258221107515>
15. Vano E., Frija G., Loose R. et al. Dosimetric Quantities and Effective Dose in Medical Imaging: a Summary for Medical Doctors. *Insights into imaging*. 2021; 12:1-9. <https://doi.org/10.1186/s13244-021-01041-2>
16. Metaxas V. I., Messaris G. A., Lekatou A. N. et al. Patient Doses in Common Diagnostic X-ray Examinations. *Radiation protection dosimetry*. 2019;184(1): 12-27. <https://doi.org/10.1093/rpd/ncy169>

---

## Сведения об авторах / Information about the authors

**Гукова Александра Дмитриевна**, врач-рентгенолог кабинета магнитно-резонансной томографии поликлиники № 3 ОКДЦ ПАО «Газпром», Санкт-Петербург, Россия.

195271, г. Санкт-Петербург, Калининский р-н, ул. Брюсовская, д. 6-52.

+7 (953) 163-57-21

Вклад автора: разработка дизайна исследования, получение данных для анализа, интерпретация результатов, написание текста рукописи.

**Gukova Aleksandra Dmitrievna**, Radiologist in the Office of Magnetic Resonance Imaging clinic No. 3 ICDC of PАО «Gazprom», Saint Petersburg, Russia.

6-52, Bryusovskaya st., Kalininsky district, Saint Petersburg, 195271, Russia.

+7 (953) 163-57-21

Author's contribution: study design development, data acquisition for analysis, results interpretation, manuscript writing.

**Петровская Виктория Васильевна**, доктор медицинских наук, профессор кафедры лучевой диагностики ФГБОУ ВО «Российский университет медицины» Министерства здравоохранения Российской Федерации НОИ стоматологии им. А. И. Евдокимова, Москва, Россия.

127206, г. Москва, ул. Вучетича, д. 9а.

+7 (495) 611-01-77

Вклад автора: обобщение и интерпретация результатов исследования.

**Petrovskaya Victoriya Vasilyevna**, M. D. Med., Associate Professor, Department of Radiology, «Russian University of Medicine», Ministry of Healthcare of Russia, Moscow, Russia.

9a, st. Vucheticha, Moscow, 127206, Russia.

+7 (495) 611-01-77

Author's contribution: generalization and interpretation of research results.

**Лубашев Яков Александрович**, доктор медицинских наук, заслуженный врач РФ, начальник отдела лучевой диагностики МЧУ ОКДЦ ПАО «Газпром», профессор кафедры «Клиническая медицина» частного учреждения образовательной организации высшего образования медицинского университета «Реавиз», профессор кафедры «Рентгенология и УЗИ» Федерального научно-клинического центра специализированных видов медицинской помощи и медицинских технологий Федерального медико-биологического агентства, Москва, Россия.

117420, г. Москва, ул. Наметкина, д. 16, к. 4.

+7 (919) 970-45-05

Вклад автора: обобщение, интерпретация результатов и формулировка выводов исследований.

**Lubashev Yakov Aleksandrovich**, M. D. Med, Honored Doctor of the Russian Federation, Head of the Department of Radiation Diagnostics of Medical Private Institution Clinical Diagnostic Center of PJSC Gazprom, Professor of the Department of Clinical Medicine of the private institution of the education organization of the Medical University «Reaviz», Professor of the Department of Radiology and Ultrasound, Federal Scientific and Clinical Center for Specialized Types of Medical Care and Medical Technologies of the Federal Medicalbiological agency, Moscow, Russia.

16/4, st. Nametkina, Moscow, 117420, Russia.

+7 (903) 502-90-27

Author's contribution: generalization and interpretation of research results and formulation of research conclusions.

Статья поступила в редакцию 02.09.2023;  
одобрена после рецензирования 09.12.2023;  
принята к публикации 10.12.2023.

The article was submitted 02.09.2023;  
approved after reviewing 09.12.2023;  
accepted for publication 10.12.2023.



## ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

Оригинальная статья

УДК 616.12-008

<https://doi.org/10.52560/2713-0118-2024-2-27-53>

# Эхокардиографическая оценка кардиомиопатии в педиатрической онкологии, связанной с повышенным сердечным выбросом вследствие влияния опухолевого процесса: феохромоцитома/параганглиома, нейробластома (обзор литературы с клиническими наблюдениями)

Егор Александрович Сажаев<sup>1</sup>, Вероника Юрьевна Бугаева<sup>2</sup>,  
Екатерина Сергеевна Щелканова<sup>3</sup>, Галина Викторовна Терещенко<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр детской гематологии, онкологии и иммунологии им. Дмитрия Рогачева» Минздрава России, Москва, Россия

<sup>1</sup> [egor.sazhaev@fccho-moscow.ru](mailto:egor.sazhaev@fccho-moscow.ru), <https://orcid.org/0009-0004-4931-8842>

<sup>2</sup> [veronika.bugaeva@fccho-moscow.ru](mailto:veronika.bugaeva@fccho-moscow.ru), <https://orcid.org/0009-0000-7075-3698>

<sup>3</sup> [ekaterina.shelkanova@fccho-moscow.ru](mailto:ekaterina.shelkanova@fccho-moscow.ru), <https://orcid.org/0009-0002-3582-8783>

<sup>4</sup> [galina.tereshenko@fccho-moscow.ru](mailto:galina.tereshenko@fccho-moscow.ru), <https://orcid.org/0000-0001-7317-7104>

Автор, ответственный за переписку: Егор Александрович Сажаев, [egor.sazhaev@fccho-moscow.ru](mailto:egor.sazhaev@fccho-moscow.ru)

### Резюме

Состояние повышенного сердечного выброса — это состояние, при котором в ответ на разные патологические причины происходит патологическая активация ренин-ангиотензин-альдостероновой и симпатoadреналовой систем, что в целом создает разностороннюю повышенную нагрузку на сердце, приводя в итоге к сердечной недостаточности. Причиной данного состояния могут быть артериовенозные патологические шунты, среди которых отдельное место занимают артериовенозные дуральные фистулы при гломусных опухолях (внутричерепные параганглиомы). Артериовенозная фистула — прямое соединение между артерией и веной в обход капиллярного русла, создающее массивный сброс из системы высокого давления в систему низкого давления, что запускает патофизиологическую цепь. Кроме этого, активация ренин-ангиотензин-альдостероновой и симпатoadреналовой систем и прямое повреждение миокарда может быть вызвано повышенным уровнем катехоламинов в крови при надпочечниковой параганглиоме (феохромоцитома) и нейробластоме. Состояние повышенного сердечного выброса в литературе чаще освещается на примерах

© Сажаев Е. А., Бугаева В. Ю., Щелканова Е. С., Терещенко Г. В., 2024

клинических случаев у взрослых, при этом в педиатрической практике литературных данных значительно меньше.

**Ключевые слова:** трансторакальная эхокардиография, повышенный сердечный выброс, сердечный индекс, артериовенозная фистула, катехоламины, параганглиома, феохромоцитома, нейробластома

**Для цитирования:** Сажаев Е. А., Бугаева В. Ю., Щелканова Е. С., Терещенко Г. В. Эхокардиографическая оценка кардиомиопатии в педиатрической онкологии, связанной с повышенным сердечным выбросом вследствие влияния опухолевого процесса: феохромоцитома/параганглиома, нейробластома // Радиология — практика. 2024;2:27-53. <https://doi.org/10.52560/2713-0118-2024-2-27-53>

#### Источники финансирования

Исследование не финансировалось какими-либо источниками.

#### Конфликт интересов

Авторы заявляют, что данная работа, ее тема, предмет и содержание не затрагивают конкурирующих интересов. Мнения, изложенные в статье, принадлежат авторам рукописи. Авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

#### Соответствие принципам этики

Работа соответствует этическим нормам Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека» с поправками 2008 года и «Правилами клинической практики в Российской Федерации», утвержденными Приказом Минздрава РФ от 19.06.2003.

## ORIGINAL RESEARCH

Original research

# Echocardiographic Assessment of Cardiomyopathy in Pediatric Oncology Associated with Increased Cardiac Output Due to the Influence of the Tumor Process: Pheochromocytoma/Paraganglioma, Neuroblastoma (Literature Review with Clinical Observations)

Egor A. Sazhaev<sup>1</sup>, Veronika Yu. Bugaeva<sup>2</sup>, Ekaterina S. Shchelkanova<sup>3</sup>, Galina V. Tereshchenko<sup>4</sup>

<sup>1, 2, 3, 4</sup> The Dmitry Rogachev National Medical Research Center of Pediatric Hematology, Oncology and Immunology, Ministry of Healthcare of Russia, Moscow, Russia

<sup>1</sup> [egor.sazhaev@fccho-moscow.ru](mailto:egor.sazhaev@fccho-moscow.ru), <https://orcid.org/0009-0004-4931-8842>

<sup>2</sup> [veronika.bugaeva@fccho-moscow.ru](mailto:veronika.bugaeva@fccho-moscow.ru), <https://orcid.org/0009-0000-7075-3698>

<sup>3</sup>ekaterina.shelkanova@fccho-moscow.ru, <https://orcid.org/0009-0002-3582-8783>

<sup>4</sup>galina.tereshenko@fccho-moscow.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7317-7104>

Corresponding author: Egor A. Sazhaev, [egor.sazhaev@fccho-moscow.ru](mailto:egor.sazhaev@fccho-moscow.ru)

## Abstract

The condition of increased cardiac output is a state in which, in response to various pathological causes, there is a pathological activation of the renin-angiotensin-aldosterone and sympathetic-adrenal systems, which overall creates a multifaceted, increased load on the heart, ultimately leading to heart failure. The cause of this condition may be arteriovenous pathological shunts, among which arteriovenous dural fistulas in glomus tumors (intracranial paragangliomas) occupy a special place. An arteriovenous fistula is a direct connection between an artery and a vein bypassing the capillary bed, creating a massive shunt from the high-pressure system to the low-pressure system, triggering a pathophysiological chain. In addition, activation of the renin-angiotensin-aldosterone and sympathetic-adrenal systems and direct myocardial damage can be caused by elevated levels of catecholamines in the blood in cases of adrenal paraganglioma (pheochromocytoma) and neuroblastoma. The condition of increased cardiac output is more often described in the literature using examples of clinical cases in adults, with significantly less literature data available in pediatric practice.

**Keywords:** Transthoracic Echocardiography, High Cardiac Output, Cardiac Index, Arteriovenous Fistula, Catecholamins, Paraganglioma, Pheochromocytoma, Neuroblastoma

**For citation:** Sazhaev E. A., Bugaeva V. Yu., Shchelkanova E. S., Tereshchenko G. V. Echocardiographic assessment of cardiomyopathy in pediatric oncology associated with increased cardiac output due to the influence of the tumor process: pheochromocytoma/paraganglioma, neuroblastoma. *Radiology – Practice*. 2024;2:27-53. (In Russ.). <https://doi.org/10.52560/2713-0118-2024-2-27-53>

## Funding

The study was not funded by any sources.

## Conflicts of Interest

The authors state that this work, its topic, subject and content do not affect competing interests. The opinions expressed in the article belong to the authors of the manuscript. The authors confirm the compliance of their authorship with the international ICMJE criteria (all authors have made a significant contribution to the development of the concept, the preparation of the article, read and approved the final version before publication).

## Compliance with Ethical Standards

The work complies with the ethical standards of the Helsinki Declaration of the World Medical Association «Ethical Principles of conducting scientific medical research with human participation» as amended in 2008 and the «Rules of Clinical Practice in the Russian Federation» approved by the Order of the Ministry of Health of the Russian Federation dated 06/19/2003.

## Введение

В Международной классификации онкологических заболеваний ВОЗ, известной как проект «Синяя книга», 5-е издание, феохромоцитомы и пара-

ганглиомы объединены в группу паранганглиом. Нейробластома занимает отдельное положение, являясь первично злокачественным образованием с несколько иным механизмом развития.

Обе группы имеют происхождение из предшественников хромоаффинных клеток и клеток симпатической нервной системы, но изначально общим для всех источником являются клетки нервного гребня в периоде эмбриогенеза [16, 17]. Параганглиомы относятся к редким видам новообразований и встречаются с частотой 1 на 300 000 и в 20 % у детей. Из всех диагностированных в педиатрической онкологии параганглиом на долю надпочечниковой локализации (феохромоцитомы) приходится 80–85 %, вненадпочечниковая локализация у детей отмечалась в 15 % случаев [15]. Нейробластома относится к эмбриональным злокачественным опухолям, и большинство случаев заболевания приходится на период раннего возраста. Чаще всего она встречается у мальчиков [35]. Наследственные виды вненадпочечниковых форм параганглиом, продуцирующих норадреналин, с более высокой частотой метастазирования чаще отмечаются у детей, чем у взрослых [26]. Клинически значимая секреция катехоламинов в основном проявляется при надпочечниковой форме параганглиом (феохромоцитомы) и скорее у детей, чем у взрослых [15]. Нельзя исключать такой вариант гормональной активности и в случае нейробластом. Дифференциальный диагноз между этими группами опухолей сложен и строится на мультидисциплинарном подходе [19].

Параганглиомы являются нейроэндокринными новообразованиями с повышенной васкуляризацией. Было выявлено, что патогенез параганглиом включает в себя нарушение дыхательной цепи в митохондриях в параганглионарных тканях, что приводит к активации факторов ангиогенеза, в частности эндотелиального фактора роста, которые являются одним из факторов прогрессии опухоли [11]. Эндоглин является мембранным белком клеток сосудистого эндотелия, который также экспрессируется на мембранах

мезенхимальных стволовых клеток, миофибробластов, синцитиотрофобластов, макрофагов. Может являться одним из важных факторов неоангиогенеза в неопластических процессах. Измененная активность эндоглина отмечалась в ткани параганглиом [32]. В других исследованиях отмечалась связь эндоглина с формированием артериовенозных мальформаций. Таким образом, патологические артериовенозные анастомозы являются результатом прямого влияния факторов опухолевого ангиогенеза, с одной стороны, с другой стороны — местное воздействие на окружающие ткани и сосудистые структуры может вызвать их сдавление, нарушение венозного оттока, тромбоз, гипоксию и также привести к формированию артериовенозных фистул [1].

Артериовенозная фистула — это аномальное соединение артерии и вены в обход капиллярной сети. Локализация может быть различной в зависимости от характера патологического процесса, послужившего причиной данной аномалии. При достаточно большом диаметре фистулы (эффективной площади поперечного сечения шунтирующего сосуда) или значительной совокупной площади всех артериовенозных шунтов создается гемодинамически значимый, неконтролируемый сброс из системы высокого давления (артерия) в систему низкого давления (вена), что приводит к обкрадыванию артериального русла, падению системного артериального давления, переполнению венозного русла и, как следствие, увеличению венозного возврата к сердцу. Данные гемодинамические нарушения приводят к усиленной компенсаторной реакции системы гомеостаза организма. Снижение системного артериального давления регистрируется барорецепторами, приводит к уменьшению перфузии почек и, как следствие, к активации ренин-ангиотензин-альдостероновой системы (РААС), увели-

чению объема циркулирующей крови (ОЦК), усилению активности симпатoadреналовой системы. Повышенный венозный возврат к сердцу приводит к дилатации камер (ремоделирование). Симпатoadреналовое воздействие ведет к усилению хронотропной функции, повышению ЧСС, усилению сократимости. Усиление сократимости миокарда является результатом как повышения растяжимости кардиомиоцитов за счет дилатации камер (по закону Франка — Старлинга), так и усиленного симпатического влияния на инотропную функцию сердца. Следствием этих эффектов являются: увеличение сердечного выброса (в пределах компенсаторного резерва), повышение давления в камерах (от незначительного до выраженного), значительное повышение потребности миокарда в кислороде, компенсаторная гипертрофия стенок желудочков для уменьшения стрессорного воздействия на миокард (в соответствии с законом Лапласа), прямое негативное воздействие катехоламинов на кардиомиоциты. Прямое воздействие избыточного уровня катехоламинов, как в крови, так и на уровне нервных окончаний непосредственно в миокарде, вызывает патофизиологический комплекс взаимосвязанных нарушений в кардиомиоцитах: избыточный уровень  $\text{Ca}^{2+}$  в цитоплазме, увеличение количества пероксидных радикалов, митохондриальная дисфункция, апоптоз, интерстициальный фиброз, гипертрофия и воспалительная реакция [9]. Учитывая тот факт, что обсуждаемая тема гемодинамических нарушений находится в контексте неопластических образований, продуцирующих катехоламины, стоит подчеркнуть, что влияние повышенного уровня их секреции может являться первичным фактором запуска механизма повышенного сердечного выброса, усугубляя прямой токсический эффект.

Состояние стрессорного влияния на миокард комплекса выше перечислен-

ных факторов принято называть состоянием повышенного сердечного выброса (СПСВ), которое со временем приводит к декомпенсации функционального резерва сердца и соответствует определению «сердечная недостаточность вследствие повышенного сердечного выброса» (СНПСВ) [2, 27]. Значительная часть исследований, посвященных СПСВ, касается изучения гемодинамики у пациентов нефрологического профиля, у которых артериовенозная фистула создается с целью проведения гемодиализа. У данной категории отмечались все выше перечисленные негативные гемодинамические и кардиальные эффекты, если терапевтическая артериовенозная фистула имела высокие объемные характеристики шунта, что также подтверждает патофизиологический механизм значительного артериовенозного сброса [30].

В 1961 году был опубликован, возможно, первый клинический случай врожденной дуральной артериовенозной фистулы у ребенка грудного возраста, выявленной методом ангиографии post mortem, которая сопровождалась сердечной недостаточностью вследствие повышенного сердечного выброса из-за массивного сброса из артериального русла в систему внутрочерепных венозных коллекторов. Методы визуализации были ограничены, поэтому кардиомегалия была установлена на основе единственного метода — рентгенографии, на фоне клинических признаков сердечной недостаточности. В тот период развития медицины было накоплено мало данных о сердечной недостаточности, которая являлась следствием гемодинамически значимых внутрочерепных артериовенозных фистул. Примечательно, что в описании клинических проявлений был описан аускультативно выявленный шум значительной интенсивности вблизи от головы пациента, что также позволяет делать выводы о массивности сброса [10].

В настоящее время существует большой объем литературных данных, связанных с патогенезом шунтов различного генеза, которые создают условия для повышенного сердечного выброса. Значимые портокавальные (портосистемные) шунты могут также приводить к аналогичному повышению сердечного выброса, но по иному патофизиологическому механизму, чем при наличии прямого артериовенозного сброса. При портокавальных анастомозах происходит снижение общего системного периферического сопротивления за счет биологически активных соединений, поступающих из портальной системы прямо в систему нижней полой вены в обход пути дезактивации в печени, что также запускает цепь компенсаторных реакций, приводя к СПСВ, и может быть причиной развития сердечной недостаточности [12, 31]. Патогенез данного вида нарушений приводится для иллюстрации разнообразия факторов, влияющих на сердечный выброс, но оставляется за рамками обсуждаемой темы гемодинамических нарушений при параганглиомах и нейробластомах.

Оценка системного сердечного выброса по данным эхокардиографии в основном строится на основе расчетного показателя ударного объема по выходному тракту левого желудочка. При этом, что он практичен и информативен, для его использования в практической деятельности требуется диапазон нормальных значений. При выполнении поиска и анализа литературы был выявлен дефицит исследовательской базы для определения нормативных границ. В публикациях на тему СНПСВ нормальные значения параметра чаще отмечаются для взрослых, но методологические основы получения референсных значений отмечены нечетко [2, 27]. В отношении нормы системного сердечного выброса, рассчитанного по выходному тракту левого желудочка, в педиатрии данных меньше, чем у взрос-

лых. В руководстве Американского общества эхокардиографии (ASE) 2011 года по проведению эхокардиографии у детей в неонатальном периоде отмечен нормальный диапазон значений 1,7–3,5 л/мин/м<sup>2</sup>, при этом сведения об источнике данных не указаны [22]. Наиболее крупное исследование, которое нам встретилось, было проведено в группе из 385 человек, где возрастной диапазон участников был 5–24 года с минимальной площадью поверхности тела 0,8 м<sup>2</sup> [8]. Эти данные представляют значительный интерес для практической работы, поскольку впервые появляются показатели, определяющие референсный диапазон данного параметра гемодинамики на основе опубликованного популяционного исследования. Если 97,5 перцентиль принять за верхнюю границу нормы, то верхнее нормальное значение сердечного индекса будет примерно колебаться в диапазоне к 4-5 л/мин/м<sup>2</sup>, но для более точной оценки лучше использовать значение сердечного индекса, соответствующее определенному значению площади поверхности тела.

Эхокардиография является исследованием выбора для первичного выяснения структурных изменений сердца и нарушения гемодинамики. Показатель системного сердечного выброса, рассчитанный по выходному тракту левого желудочка, является одним из основных параметров гемодинамики и частично отражает результат насосной функции сердца — тот системный объем крови, который поступает в артериальное русло для кровоснабжения всех органов и тканей. Вполне очевидно, что часто интересует его снижение, но и его повышение также немаловажно. Регистрация состояния повышенного сердечного выброса не только дает понимание о возросшей нагрузке на сердце, но также может задать правильный диагностический вопрос о причинах, которые могли к этому привести, если они не являются очевидными.

**Цель:** демонстрация преимуществ трансторакальной эхокардиографии в оценке системного сердечного выброса у педиатрических пациентов с параганглиомами или нефробластомами.

## Материалы и методы

Были использованы данные пациентов с опухолевыми процессами из предшественников хромаффинных клеток (параганглиомы, нейробластома), которые проходили обследование и лечение в период с августа 2022 по март 2023 года. Каждому пациенту были проведены трансторакальные эхокардиографические исследования при поступлении и в динамике. Исследования проводились врачами ультразвуковой диагностики с использованием ультразвуковой системы для исследования сердца Philips Epiq CVxi, матричных, монокристалльных датчиков x5-1(3D), s9-2. Для оценки объема левого желудочка использовался двухплоскостной метод Simpson, в трехмерном режиме применялась функция Dynamic Heart Model<sup>AI</sup>, для оценки продольной деформации миокарда применялась функция AutoStrain компании TOMTEC с операторской коррекцией. Для правого желудочка и предсердий был выбран метод оценки площадей в апикальном доступе в плоскости четырех камер. Остальные структуры также оценивались в стандартных доступах и плоскостях.

Для оценки значимости изменений морфометрических показателей сердца применялся метод регрессионного анализа с использованием шкалы z-показателя (z-score), который отражает количество стандартных отклонений между полученным измерением и средним в структуре распределения изучаемого признака в популяционной группе. В статье использованы опубликованные данные популяционных исследований в педиатрической эхокардиографии [3–7, 21]. Этот подход в количественной оценке параметров широко используется в

педиатрической практике и более предпочтителен, чем упрощенный метод индексирования по площади поверхности тела [33]. Для интерпретации изменений в сторону увеличения использовалась следующая устоявшаяся градация: z-score от +2 до +3 — легкая (незначительная) степень, z-score от +3 до +4 — средняя (умеренная) степень, z-score +4 и более — тяжелая (резкая) степень. Патологическое уменьшение параметра соответствует z-score  $\leq -2$ . В оценке измерений левого желудочка учитывался опыт авторов, проводивших сопоставление нормальных границ и степени его увеличения у детей и взрослых. Между педиатрическими рекомендациями и руководствами для взрослых имеются расхождения в сравнении значимости изменений морфометрических показателей сердца, тем не менее в интерпретации педиатрических эхокардиограмм общепринятым принципом является использование показателя z-score. [14]. Современные популяционные исследования среди взрослых отражают тенденцию к пересмотру референсных значений в сторону увеличения верхней границы [13].

Морфометрические параметры оценивались в стандартных диагностических доступах и плоскостях [20, 23]. В оценке диастолической функции использовалась логика диагностического алгоритма для взрослых (учитывая отсутствие данных для детей) с учетом педиатрических популяционных данных. Диагностически значимой границей повышенного давления наполнения левого желудочка был показатель  $E/e' = 14$  [24].

## Клинические наблюдения

### Пациент 1

Девочка, 17 лет, больна с января 2022 г., когда появилась периодическая боль в правом ухе, гнойное отделяемое

из правого слухового прохода. За медицинской помощью не обращалась, симптомы самостоятельно купировались в течение двух дней. В апреле 2022 г. отмечалось кровотечение из правого слухового прохода. Подросток был экстренно госпитализирован в отоларингологическое отделение региональной центральной медицинской клиники. По данным магнитно-резонансной томографии (МРТ) от 20.04.2022 в проекции пирамиды правой височной кости определялось объемное образование неправильной формы размерами до  $17 \times 19 \times 41$  мм неоднородной структуры. В проекции ветви и тела нижней челюсти справа визуализировалось также объемное образование. Была выполнена биопсия новообразования и ревизия мастоидальной полости справа. По данным гистологического заключения верифицирована параганглиома. При поступлении в нашу клинику во время осмотра отмечался парез лицевого нерва справа, при пальпации головы в области височных костей ощущалась

легкая вибрация, что сочеталось с грубым систолодиастолическим шумом в той же локализации. Шум выслушивался с помощью стетоскопа и соответствовал 4/6 по шкале градации аускультативных шумов по Левину. По данным мультиспиральной компьютерной томографии (МСКТ) выявлена обширная деструкция пирамиды правой височной кости с наличием гиперваскулярного образования в проекции пирамиды, барабанной полости яремного отверстия, с распространением в просвет правой яремной вены (опухолевый тромб) до верхней полой вены. На уровне основания черепа, в задней черепной ямке и правом полушарии мозжечка, в проекции мостомозжечковой цистерны справа и внутреннего слухового прохода отмечалась патологическая сосудистая сеть, были также расширены вены задней поверхности шеи. Слева в проекции каротидного гломуса определялось объемное гиперваскулярное образование, вероятно, параганглиома (рис. 1).

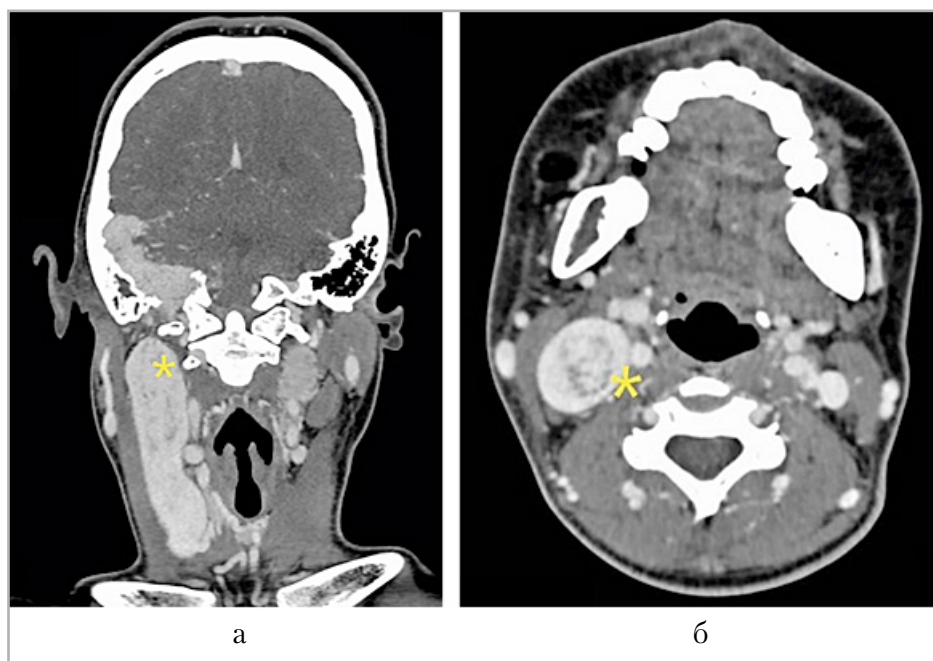


Рис. 1. Мультиспиральные компьютерные томограммы с внутривенным болюсным контрастированием: *а* — коронарная проекция; *б* — аксиальная проекция: в проекции пирамиды правой височной кости с распространением в правую внутреннюю яремную вену определяется объемное образование неоднородной структуры с признаками неравномерного накопления контрастного препарата (*желтые звездочки*)

По данным МРТ с контрастированием были отмечены те же находки с подтверждением, что кровоснабжение аномальной интракраниальной сосудистой сети справа осуществлялось из ветвей наружной сонной, внутренней сонной и позвоночной артерий, а дренирование происходило в поперечный и кавернозный синусы справа (рис. 2).

Диагностическая каротидная ангиография выявила артериовенозный сброс из внутренней сонной артерии в кавернозный и поперечный синусы со значительным рефлюксом в кортикальные вены, что свидетельствовало о массивном объеме шунтирования (рис. 3).

Во время проведения ультразвукового исследования (УЗИ) вен шеи опре-

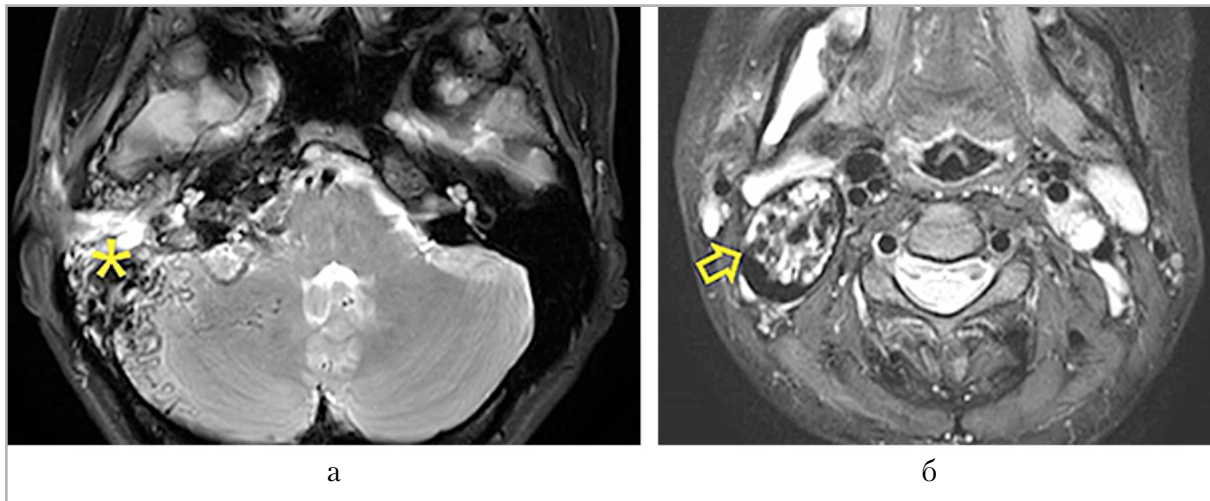


Рис. 2. Магнитно-резонансные томограммы в режиме T2-взвешенное изображение: *а* — множественные сосудистые коллатерали (желтая звездочка) прослеживаются в задней черепной ямке на уровне правого полушария мозжечка и ствола мозга; *б* — в просвете правой внутренней яремной вены (желтая стрелка) образование с неоднородной структурой (опухолевый тромб)

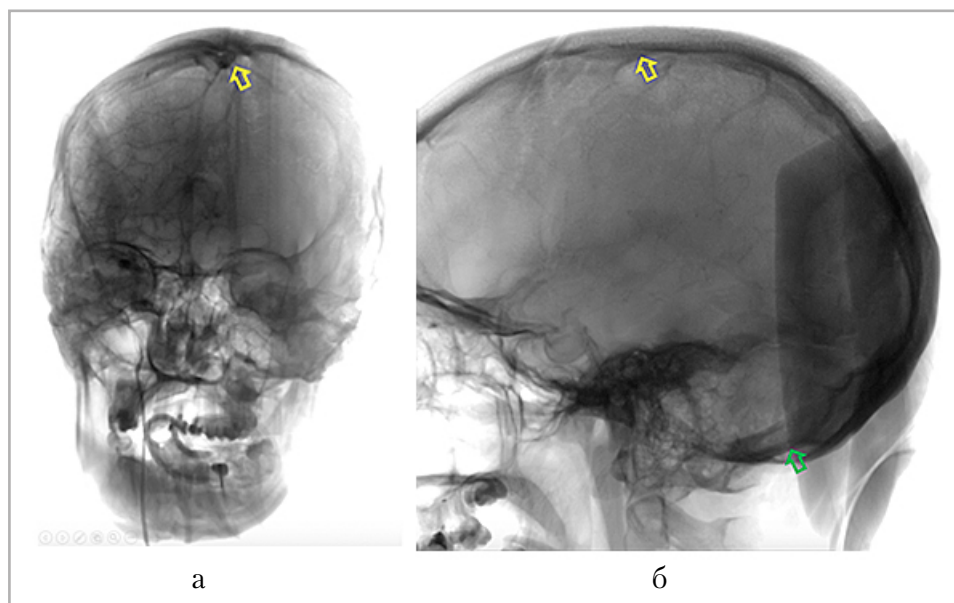


Рис. 3. Каротидные ангиограммы общей сонной, наружной и внутренней каротидных артерий справа: *а* — прямая проекция; *б* — сагиттальная проекция: значительный рефлюкс в кортикальные вены за счет массивного артериовенозного сброса из внутренней сонной артерии в поперечный (зеленая стрелка) и сагиттальный синусы (желтая стрелка)

делялся массивный опухолевый тромб во внутренней яремной вене справа, который почти полностью перекрывал просвет вены (рис. 4), а также отмечалась выраженная васкуляризация этого тромба (сочетание артериальных и венозных сосудов, артериовенозных фистул) (рис. 5).

При ультратразвуковом транскраниальном исследовании в проекциях височных и затылочной областей регистрировалась густая сеть аномально измененных сосудов с признаками артериовенозного шунтирования: тур-

булентные, высокоскоростные потоки (максимальная скорость около 2,3 м/с) с низким индексом резистентности ( $RI = 0,36$ ) (рис. 6, 7).

На полученных сцинтиграммах всего тела очагов патологического накопления метайодбензилгуанидина (МЙБГ) достоверно выявлено не было. Из особенностей электрокардиографии отмечались: резкая синусовая тахикардия, умеренная аритмия с ЧСС 103–118 уд/мин, увеличение продолжительности зубца Р до 0,11 с, пограничное увеличение продолжительности интервала

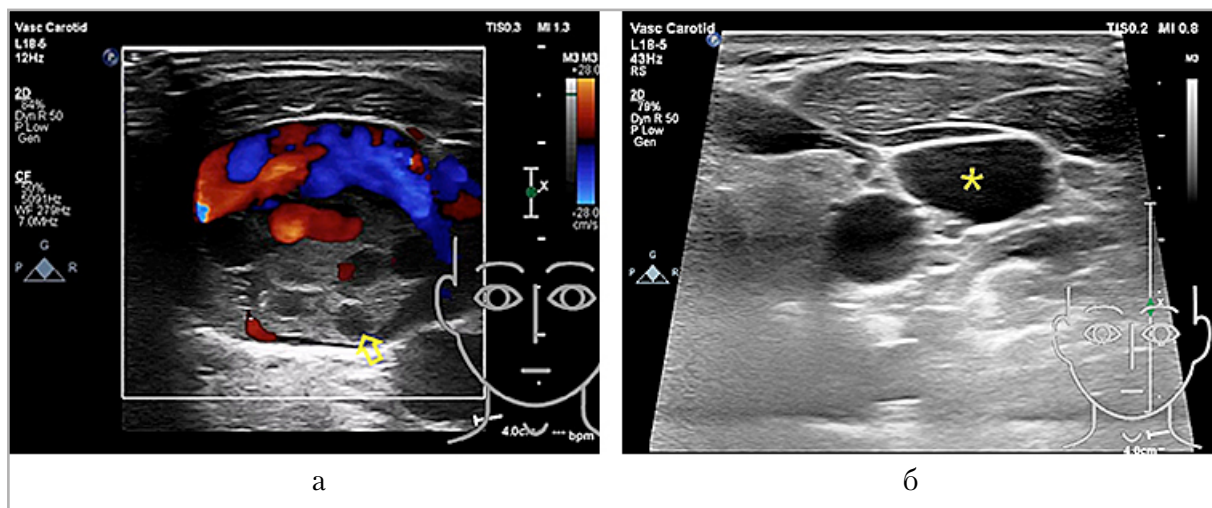


Рис. 4. Эхограммы в режиме дуплексного сканирования внутренних яремных вен: *а* — опухолевый тромб почти полностью перекрывает просвет расширенной внутренней яремной вены справа (желтая стрелка); *б* — интактная внутренняя яремная вена слева (желтая звездочка)

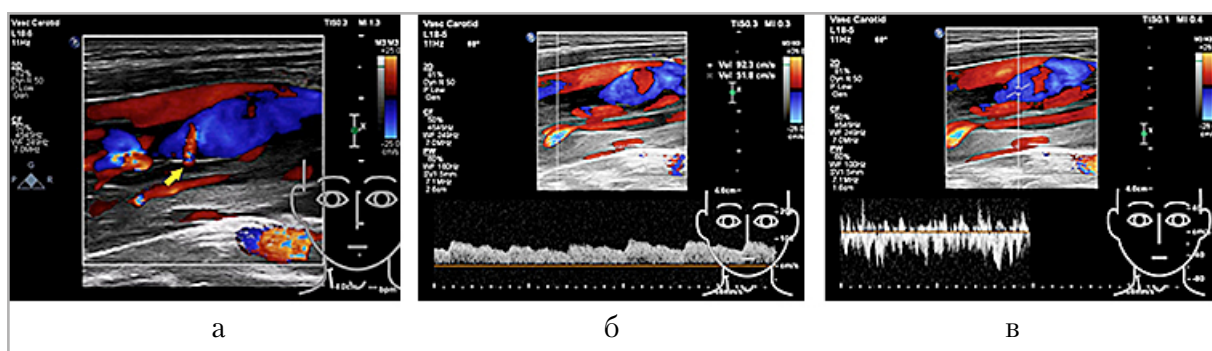


Рис. 5. Эхограммы опухолевого тромба в правой внутренней яремной вене в режимах цветового картирования и спектрального доплера: *а* — в продольном срезе отмечаются обильная васкуляризация и наличие артериовенозной фистулы внутри тромба (желтая стрелка); *б* — в режиме спектрального доплера регистрируется артериальный низкорезистентный тип спектра, что свидетельствует об артериальном компоненте; *в* — регистрация мультифазного типа кровотока свидетельствует о венозном компоненте

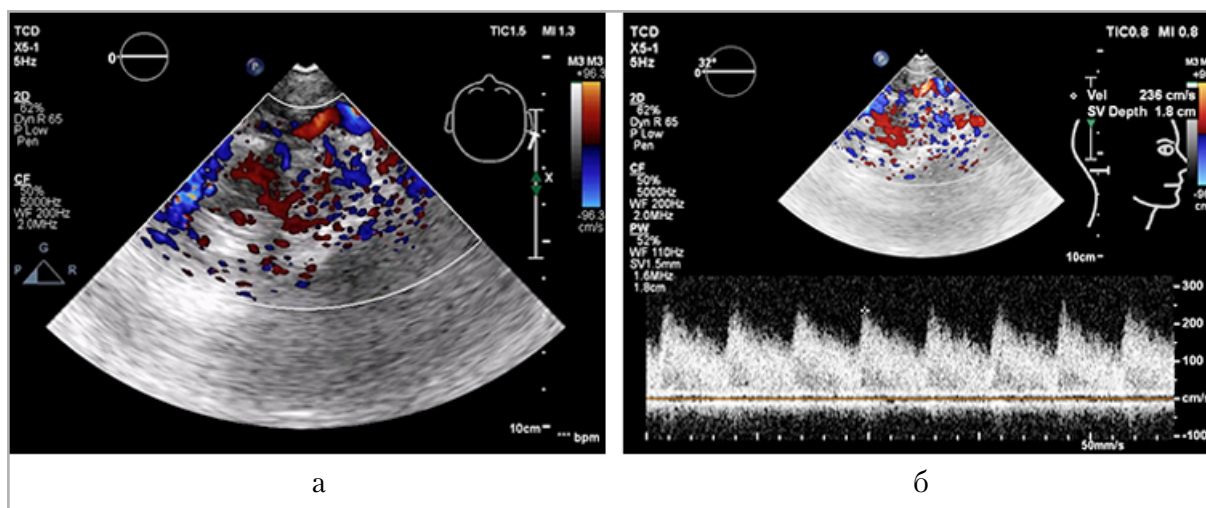


Рис. 6. Транскраниальные эхограммы внутричерепных сосудов. Транстемпоральный доступ справа: *а* — густая сеть измененных внутричерепных сосудов с признаками высокой скорости кровотока в режиме цветового картирования; *б* — выраженные признаки артериовенозного шунтирования. Высокоскоростной ( $V_{\max}$  236 см/с) низкорезистентный тип артериального спектра с признаками турбулентности (отсутствие «спектрального окна»)

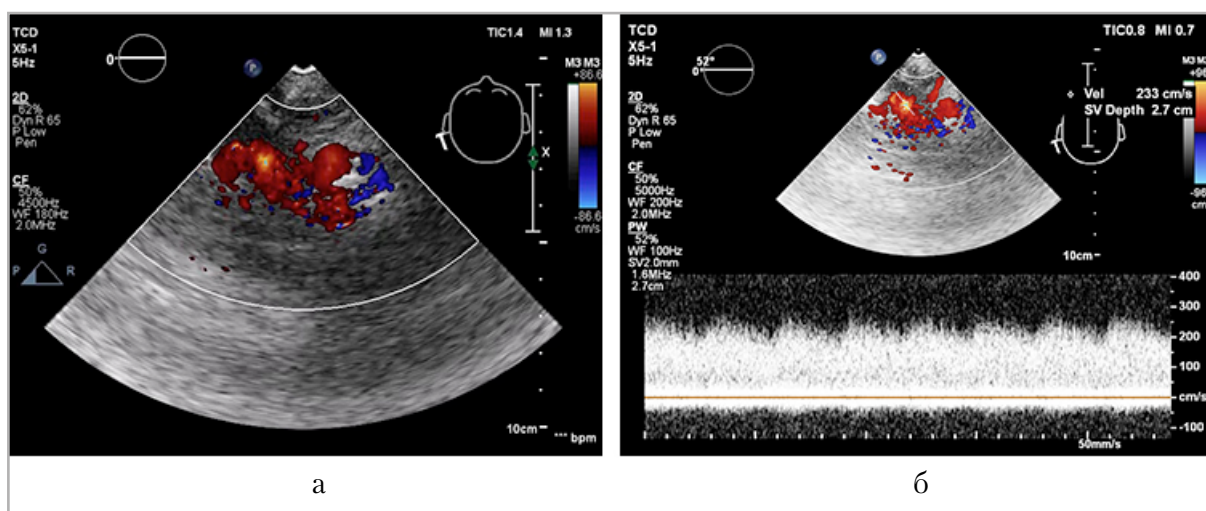


Рис. 7. Транскраниальные эхограммы внутричерепных сосудов. Транстемпоральный доступ слева: *а* — густая сеть измененных внутричерепных сосудов с признаками высокой скорости кровотока в режиме цветового картирования; *б* — выраженные признаки артериовенозного шунтирования. Высокоскоростной ( $V_{\max}$  236 см/с) низкорезистентный тип артериального спектра с признаками турбулентности (отсутствие «спектрального окна»)

QTc до 0,46 с. По данным суточного мониторинга артериального давления (СМАД) артериальная гипертензия не зарегистрирована. Суточный ритм АД правильный (dippers). Отмечается склонность к тахикардии. Уровень высокочувствительного тропонина I 0,6 нг/мл (норма до 13). Н-концевой натрийуретический пептид В-типа (NT-

proBNP) был на уровне 247,5 пг/мл (норма до 89 пг/мл).

Данные эхокардиографии: площадь поверхности тела (ППТ) 1,63 м<sup>2</sup>, конечно-диастолический размер (КДР) левого желудочка 58,4 мм, диастолическая толщина межжелудочковой перегородки (МЖП) 5,9 мм, диастолическая толщина задней стенки левого желудочка

(ЗСЛЖ) 6,8 мм, индексированная масса миокарда левого желудочка 31,46 г/м<sup>2.7</sup> (линейный метод, индексация по росту [18]), показатель сердечного индекса, рассчитанного по выходному тракту левого желудочка (СИ ВТЛЖ), составил 7 л/мин/м<sup>2</sup> (рис. 8), конечно-диастолический объем (КДО) левого желудочка по методу Симпсона в двух плоскостях составил 187 мл (индексированный КДО 114,7 мл/м<sup>2</sup>), аналогичный объем был получен в режиме 3D (Dynamic Heart ModelAI с операторской корректировкой) — 188 мл (рис. 9), фракция выброса (Симпсон, двухплоскостной) составила 67 %, показатель глобальной продольной деформации левого желудочка (autostrain, GLS) был на уровне 25,7 % (рис. 10), E/e' 7,7, диаметр нижней полой вены был в пределах нормы (18,7 мм, коллабирование на вдохе более 50 %), показатель систолического давления в легочной артерии (СДЛА, рассчитывался по скорости трикуспидальной регургитации и эмпирическому давлению в правом предсердии до 5 mmHg) составил 22 mmHg, левые ка-

меры были расценены расширенными в диапазоне средней степени увеличения (левый желудочек z-score 3,1 [6]). Правый желудочек был в области верхнего диапазона нормы (площадь 23,4 см<sup>2</sup>, z-score 1,4), правое предсердие незначительно увеличено (23,4 см<sup>2</sup>, z-score 2,1), отмечалась средняя степень расширения ствола легочной артерии (36,2 мм, z-score 3,6).

Параганглиома была расценена как неоперабельная, в качестве химиотерапии был выбран метрономный режим темодалом, после трех циклов была добавлена лучевая терапия. Далее перечислены результаты обследования на момент последней госпитализации. За период семи месяцев с момента первичной госпитализации отрицательной динамики по данным МСКТ и МРТ не было, была выявлена небольшая трансформация структуры опухоли. Холтеровское мониторирование ЭКГ не выявило нарушений, ЧСС было в пределах нормы. Н-концевой натрийуретический пептид В-типа (NT-proBNP) был на уровне 98 пг/мл (норма до 89 пг/мл).

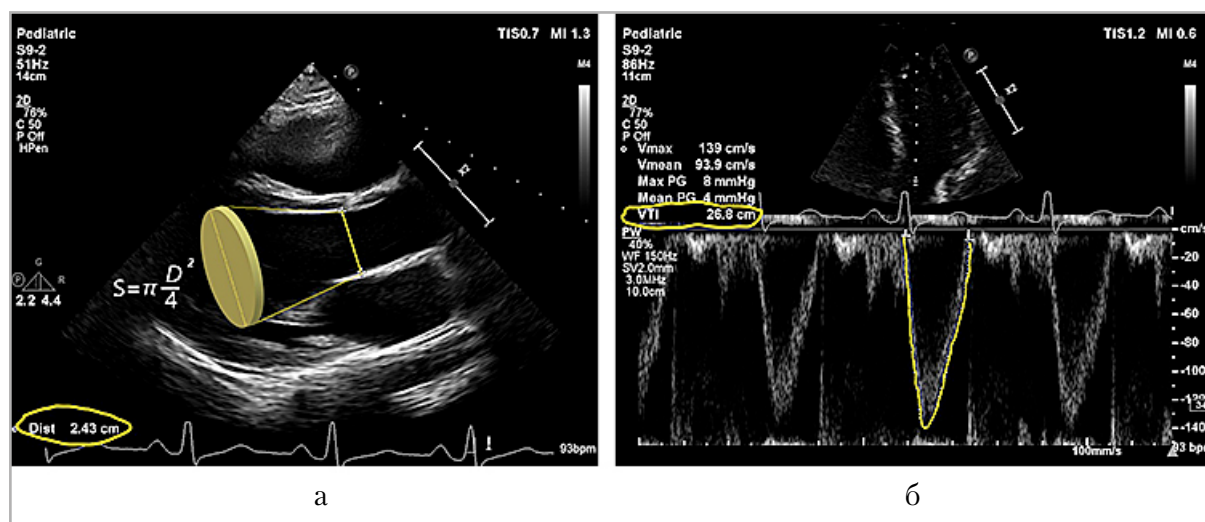


Рис. 8. Метод расчета ударного объема по выходному тракту левого желудочка: а — расчет площади выходного тракта по диаметру в плоскости левого желудочка по длинной оси; б — получение интеграла линейной скорости потока в выходном тракте левого желудочка в режиме импульсного доплера

$$\text{Ударный объем (выходной тракт левого желудочка)} = \pi r^2 \times VTI = \pi D^2 / 4 \times VTI = \text{см}^2 \times \text{см} = \text{см}^3$$

$$\text{Сердечный выброс} = \text{УО (см}^3\text{)} \times \text{ЧСС} = \text{л/мин}$$

$$\text{Сердечный индекс} = \text{СВ (л/мин)} / \text{ППТ (м}^2\text{)} = \text{л/мин/м}^2$$

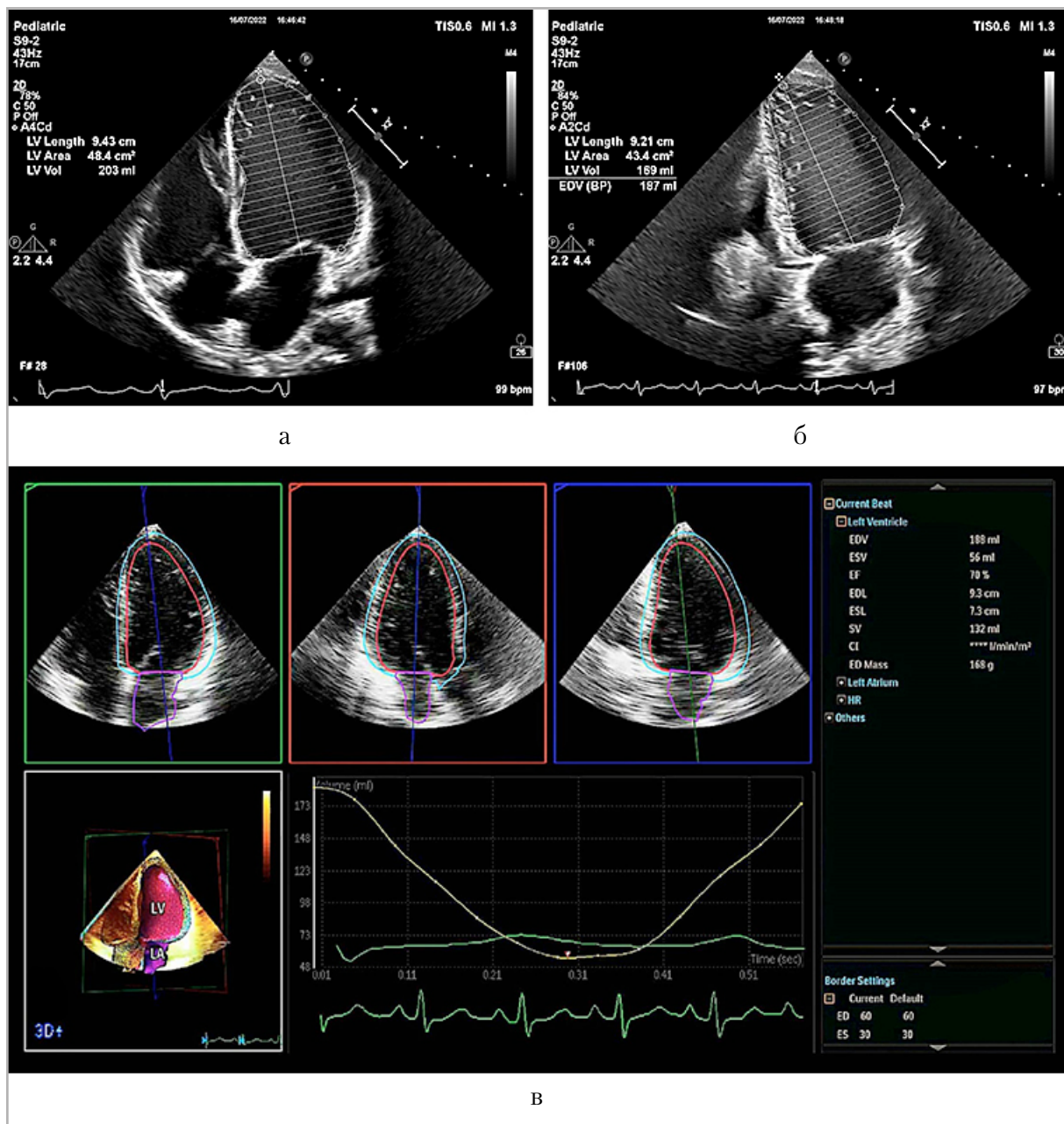


Рис. 9. Измерение объема левого желудочка: а, б — в режиме 2D, модифицированный двух-плоскостной метод Симпсона: а — четырехкамерная и б — двухкамерная позиции в апикальном доступе; в — оценка в полуавтоматическом режиме 3D (Dynamic Heart Model AI с операторской корректировкой)

Данные эхокардиографии: ППТ (площадь поверхности тела) 1,52 м<sup>2</sup>, КДР 56,2 мм, диастолическая толщина межжелудочковой перегородки 6,7 мм, диастолическая толщина задней стенки левого желудочка 6,5 мм, индексированная масса миокарда левого желудочка 31,27 г/м<sup>2.7</sup> (линейный метод, индексация по росту) [18], КДО левого

желудочка по методу Симпсона в двух плоскостях составил 166 мл (индексированный КДО 109 мл/м<sup>2</sup>), фракция выброса (Симпсон, двухплоскостной) составила 58,4 %, СИ (ВТЛЖ) на уровне 5,5 л/мин/м<sup>2</sup>, Е/е' 7,3, СДЛА 22 mmHg, левые камеры были расценены расширенными в диапазоне средней степени увеличения (z-score 2,9–3), правый же-

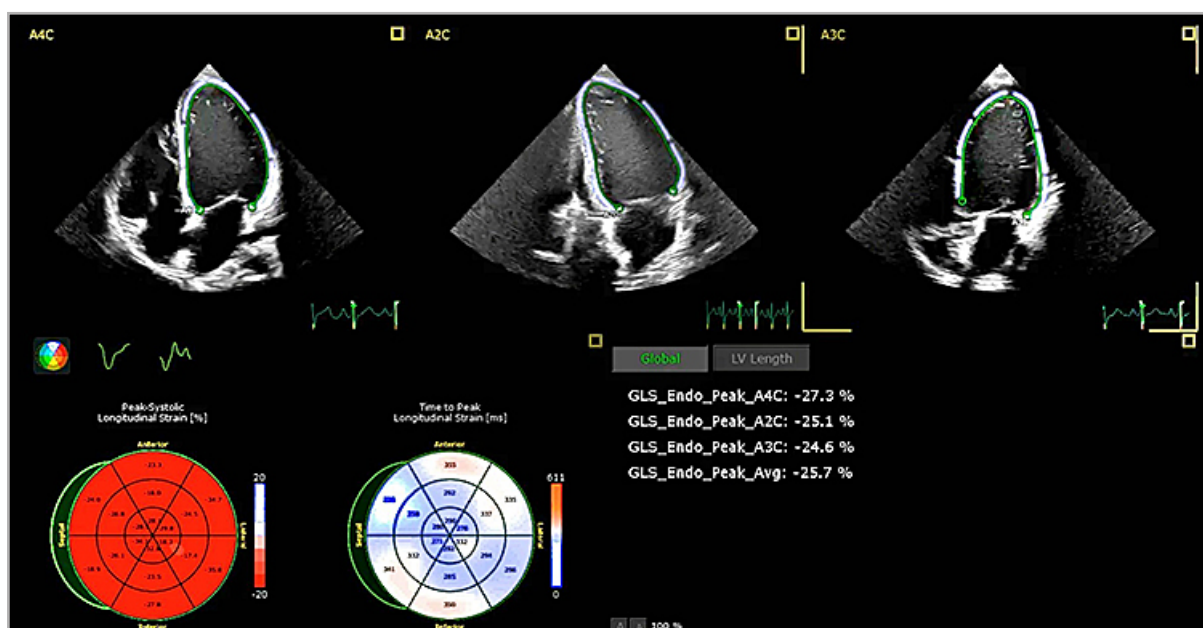


Рис. 10. Оценка глобальной продольной деформации левого желудочка (AutoStrain by TomTec). Результат оценки глобальной продольной деформации в трех плоскостях — 25,7 %, что свидетельствует о сохранной систолической функции миокарда

лудочек оставался без существенных изменений (z-score 1,5), правое предсердие уменьшилось до уровня верхнего диапазона нормы (z-score 1,6), сохранялась средняя степень расширения ствола легочной артерии (z-score 3,5). Последняя госпитализация в марте 2023 г., состояние расценивалось как стабильное, тяжелое по основному заболеванию, гемодинамика без существенных изменений.

## Пациент 2

Мальчик, 6 лет. Дебют заболевания проявился в виде жалоб на повышенную жажду, учащенное мочеиспускание, периодические подъемы температуры тела до фебрильных цифр, максимальный подъем артериального давления до 160/120 mmHg. По месту жительства по данным УЗИ выявлены образования обоих надпочечников, что было подтверждено результатами референса МСКТ. Проводилась гипотензивная терапия. Через месяц с момента появления клинических признаков ребенок был госпитализирован в нашу клинику с предварительным диагнозом «бिला-

теральное поражение надпочечников». Сердечная недостаточность оценена на уровне 0–I степени. Максимальное АД в первые дни при поступлении поднималось до уровня 160/100 mmHg (рост 120 см). Данные МРТ: в проекции надпочечников образования, интенсивно накапливающие контраст (рис. 11).

Сцинтиграфия выявила накопление МЙБГ в образованиях надпочечников. Уточнение анамнеза выявило наличие феохромоцитомы у бабушки ребенка по линии отца, у самого отца выявлена мутация гена VHL. Аномалия гена VHL была также выявлена у ребенка. Таким образом, по данным обследований подтверждено билатеральное поражение надпочечников с отсутствием данных о метастазировании. Выявлена ангиопатия сетчатки обоих глаз по гипертоническому типу. Гипертензия в течение суток подтверждена СМАД. По данным 12-канальной ЭКГ, ХМЭКГ отмечена синусовая тахикардия 107–130 уд. в мин., зубец Q в отведениях II, III, aVF (что могло быть обусловлено как гипертрофией межжелудочковой

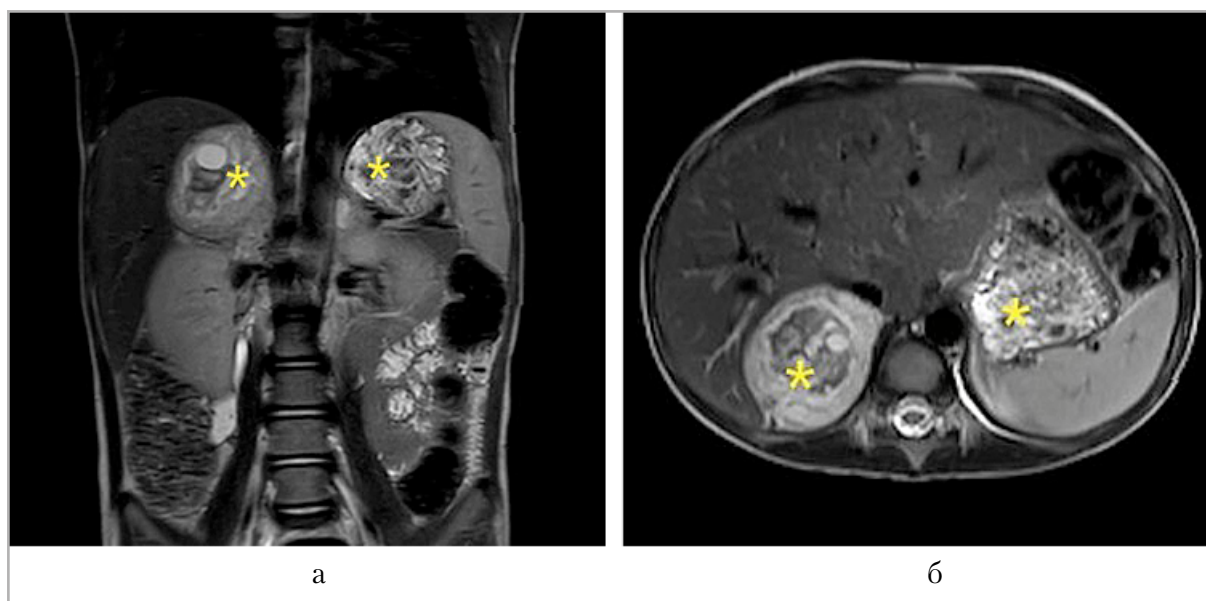


Рис. 11. Магнитно-резонансные томограммы органов брюшной полости в режиме T2-взвешенное изображение: *а* — корональная проекция; *б* — аксиальная проекция. Билатеральная локализация феохромоцитом (отмечены звездочкой)

перегородки, так и позиционными особенностями), удлинение QTc до 0,49, усиление электрической активности левого желудочка. Данные эхокардиографии: ППТ — 0,85 м<sup>2</sup>, ЧСС — 121 уд. в мин., КДР — 49,2 мм, МЖП — 8,5 мм, ЗСЛЖ — 7,1 мм, индексированная масса миокарда левого желудочка — 78 г/м<sup>2,7</sup>, КДО левого желудочка (модифицированный метод Симпсона, двухплоскостной) был резко увеличен (z-score 3,1 [6]) и составил 116 мл (индексированный КДО имел значение 136,5 мл/м<sup>2</sup>). В режиме 3D (Dynamic Heart Model<sup>AI</sup> с операторской коррективкой) КДО был 100 мл. Стоит отметить, что при резко расширенном левом желудочке размер левого предсердия всего лишь приближался к верхней границе нормы (10,4 см<sup>2</sup>, z-score 1,8) (рис. 12).

Фракция выброса в режиме 2D (Симпсон, двухплоскостной) составила 40,8 %, фракция выброса в режиме 3D (Dynamic Heart Model<sup>AI</sup>) была 45 %. Системный сердечный выброс (СИ по ВТЛЖ) был на уровне 6,6 л/мин/м<sup>2</sup>, показатель глобальной продольной дефор-

мации левого желудочка (AutoStrain) на уровне 15,7 % (рис. 13). Параметр E/e' имел значение 11,4, что было выше 90 перцентиля для данного возраста [4]. Отмечалось равномерное расширение просвета всех коронарных артерий (z-score 2,1–5,5). Остальные камеры были в пределах нормы (левое предсердие ближе к верхней границе). Данных за легочную гипертензию не было. В полости перикарда отмечались признаки выпота в следовых количествах (сепарация листков по нижней стенке левого желудочка до 3,2 мм).

Уровень высокочувствительного тропонина I был 4,3 нг/мл (норма до 33), NT-proBNP на уровне 255 пг/мл (норма до 73). Было проведено исследование содержания метанефринов в моче: норметанефрин имел значение 2574 мкг/сут (норма 34–169), метанефрин — 60,30 мкг/сут (норма 29–92). Учитывая повышение уровня метанефринов в моче, проявления артериальной гипертензии (вторичный характер), подтвержденный синдром фон Гиппеля — Линдау, было сделано заключение, что, вероятнее всего, патологический про-

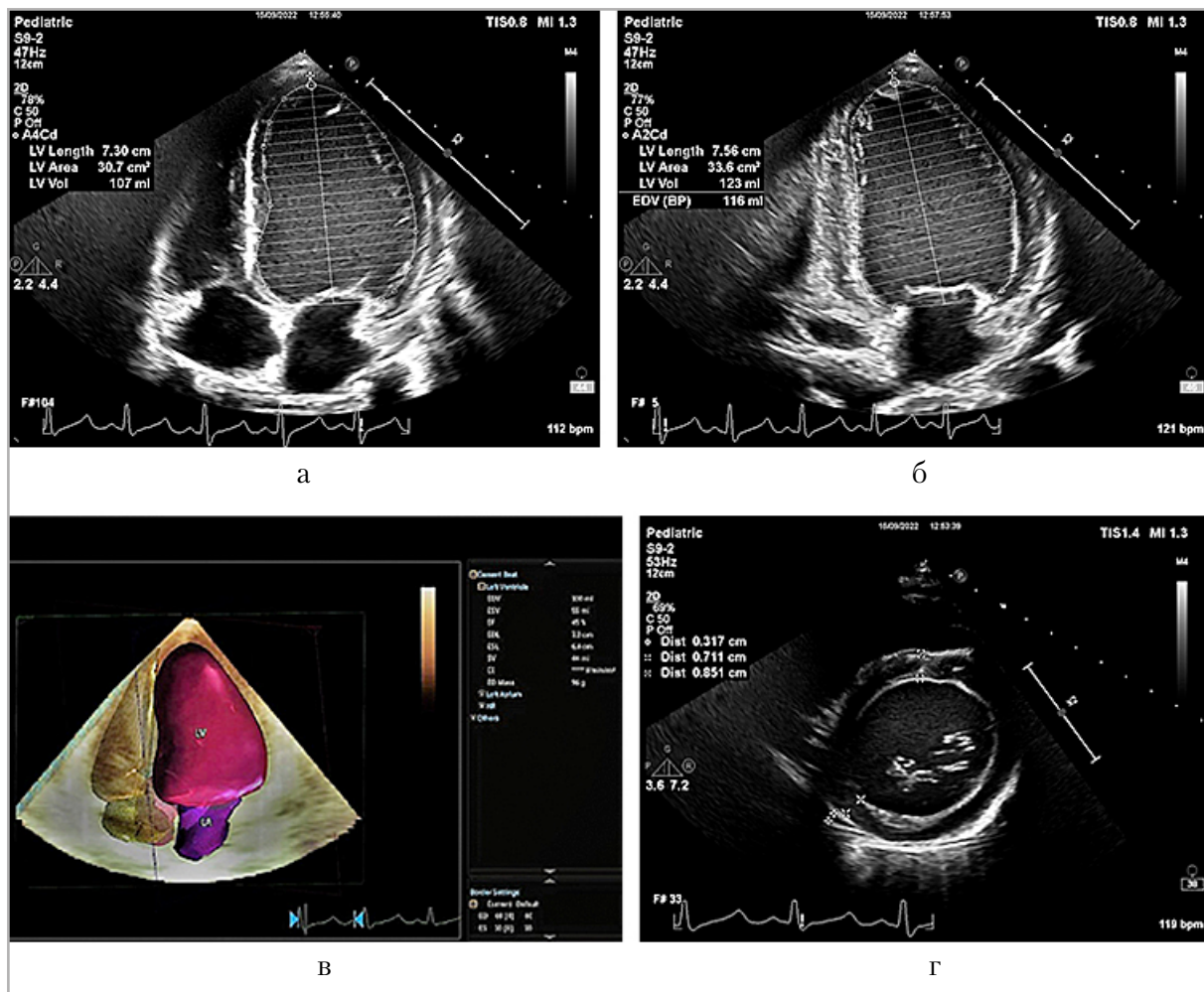


Рис. 12. Измерение объема и толщины стенок миокарда левого желудочка. *а, б* — оценка объема в режиме 2D, модифицированный двухплоскостной метод Симпсона: *а* — четырехкамерная и *б* — двухкамерная позиции в апикальном доступе; *в* — оценка объема левого желудочка в полуавтоматическом режиме 3D (Dynamic Heart ModelAI с операторской корректировкой); *г* — плоскость по короткой оси левого желудочка, на уровне створок митрального клапана. Толщина межжелудочковой перегородки 8,5 мм, нижней стенки 7,1 мм, локальная сепарация листков перикарда 3,2 мм

цесс соответствует билатеральной феохромоцитоме. На фоне трехкомпонентной терапии по поводу артериальной гипертензии был достигнут положительный эффект: максимальный подъем АД составил 117/70 mmHg (ближе к 95 центилу), ЧСС повышалась до 94–105 уд. в мин. Проведено оперативное вмешательство: адреналэктомия с опухолью справа, удаление опухоли левого надпочечника с его резекцией. Образования удалены полностью в пределах здоровых тканей. Сохранено не менее 90 % левого надпочечника. В связи с ги-

потензией интраоперационно пациент получал кардиотоническую поддержку, в дальнейшем его гемодинамика стабилизировалась. В соответствии с рекомендациями эндокринолога в первые сутки после операции пациент получал гидрокортизон парентерально. В серии эхокардиографических исследований в первые дни после операции отмечалось снижение систолической функции левого желудочка с нормализацией к концу первой недели: фракция выброса (Симпсон, двухплоскостной) снизилась до 30 %, GLS до 8,9 %, затем фракция

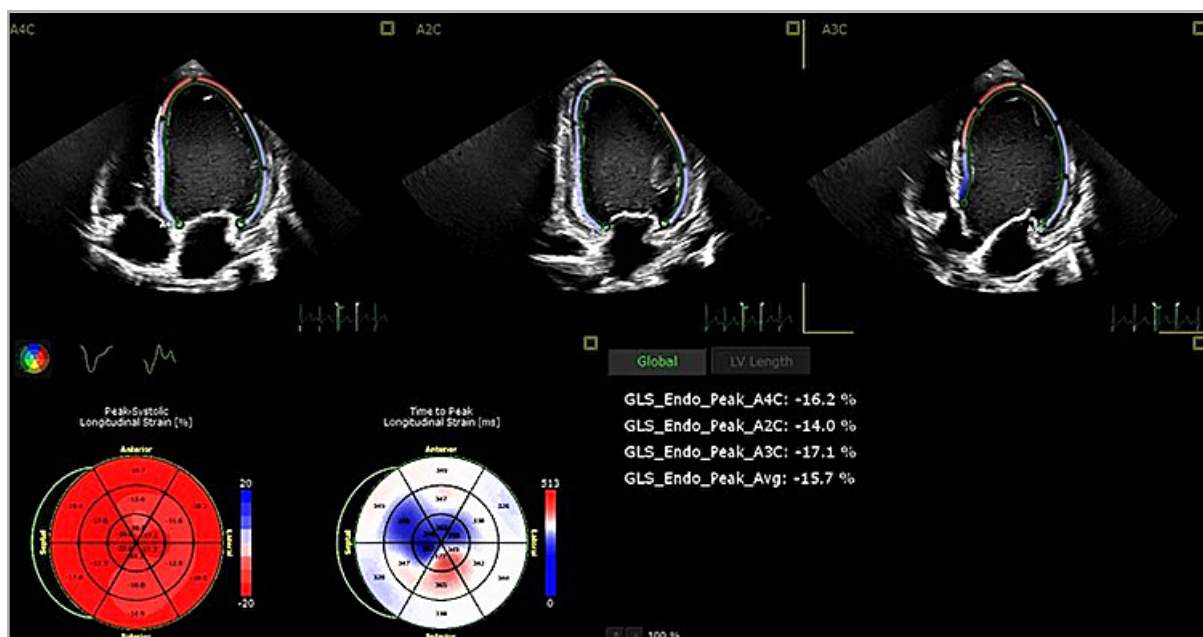


Рис. 13. Оценка глобальной продольной деформации левого желудочка (AutoS by TomTec). Результат оценки глобальной продольной деформации в трех плоскостях — 15,7 %, что свидетельствует о сниженной систолической функции миокарда

выброса увеличилась до уровня 50 % и оставалась стабильной до выписки. Объем левого желудочка существенно не изменился (110 мл, z-score 5). Соотношение  $E/e'$  снизилось до значения 8,9 (погранично с 90 центилем). Стоит отметить, что на фоне снижения систолической функции СИ (ВТЛЖ) хоть и снизился, но оставался на довольно высоком уровне — 4,5 л/мин/м<sup>2</sup> при ЧСС 118 уд. в мин. Состояние пациента было без выраженных клинических нарушений. Отмечалась синусовая аритмия — 88–103 уд. в мин., АД не превысило уровня 94/60 mmHg. Данные ЭКГ были без существенных изменений. Уровень высокочувствительного тропонина I оставался в пределах нормы — 2,3 нг/мл (норма до 33 нг/мл), NT-proBNP снизился почти до верхней границы нормы и составил 80 пг/мл (норма до 73 пг/мл). По результатам гистологического исследования фрагментов образований было сделано заключение: билатеральная феохромоцитома (1–4 балла по шкале GAPP, 2 балла по шкале PASS, 2–3 балла по шкале GAPP, 1 балл по шкале PASS).

В стабильном состоянии ребенок выписан под наблюдение по месту жительства.

### Пациент N 3

Ребенок от I беременности, I родов на сроке гестации 34–35 недель. Вес при рождении 2348 г, рост 42 см. Оценка по шкале Апгар 7/8 баллов. Состояние с рождения тяжелое по совокупности симптоматики, сразу переведена в отделение реанимации. С рождения в околопупочной области снизу пальпаторно отмечалось объемное образование плотной консистенции размером до 10 см в диаметре. По данным УЗИ и МРТ диагностирована солидная опухоль тазовой локализации с поражением крестцового канала (тотальное заполнение) (рис. 14), отмечались признаки двустороннего гидронефроза.

На 20-е сутки после рождения ребенок переведен в нашу клинику. По результатам анализа фрагмента образования было сделано гистологическое заключение: низкодифференцированная нейробластома с низким индексом митоз-кариорексиса. По данным сцин-

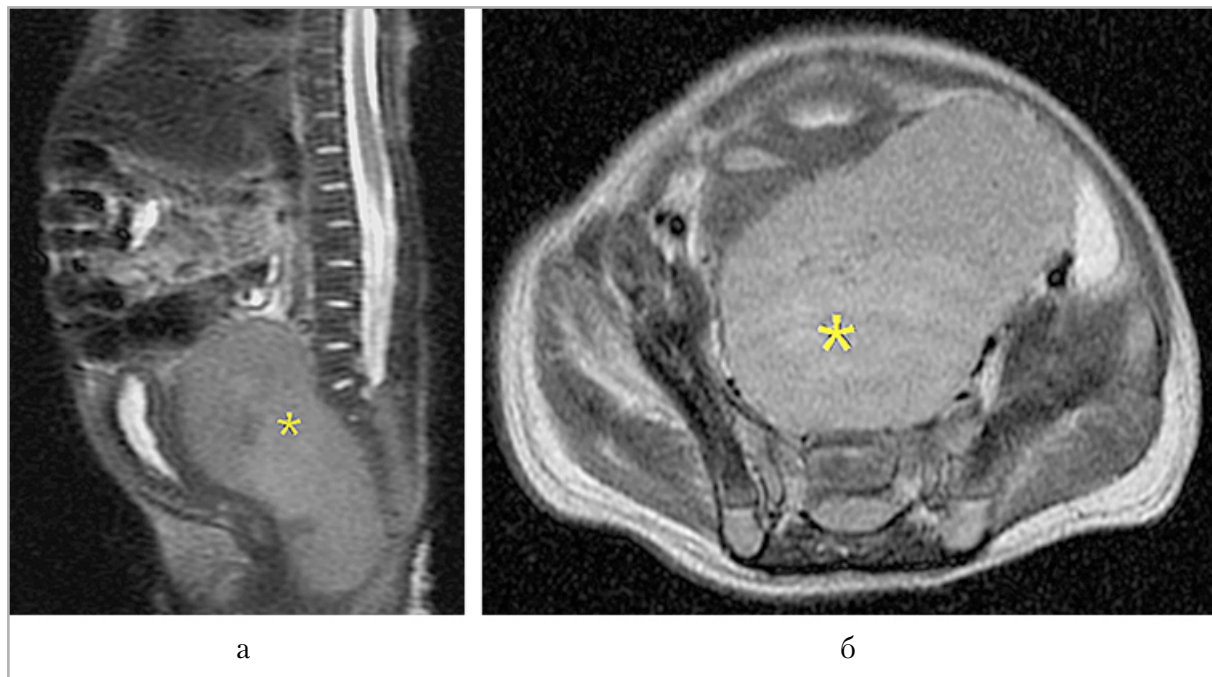


Рис. 14. Магнитно-резонансные томограммы органов брюшной полости в режиме T2-взвешенное изображение: *а* — сагиттальная проекция; *б* — аксиальная проекция. Массивное образование в малом тазу с прорастанием в крестцовый канал (отмечено звездочкой)

тиграфии был выявлен очаг активного накопления МЙБГ, соответствующий локализации образования, что свидетельствовало о наличии активной специфической ткани нейрогенной природы. Был начат курс специфической терапии по схеме карбоплатин/этопозид. Отмечалась динамика биохимического анализа мочи на содержание конечных продуктов метаболизма катехоламинов: первоначальный показатель содержания ванилилминдальной кислоты (ВМК) был на уровне 12,4 мг/г с последующим повышением до 263,9 мг/г (норма до 19,66 мг/г), повышение содержания гомованилиновой кислоты (ГВК) отмечалось со значения 15 мг/г до уровня 89,08 мг/г (норма 35,69 мг/г). За все время наблюдения систолическое артериальное давление не достигало уровня 95 центиля для соответствующего постконцептуального возраста. По данным эхокардиографии было выявлено незначительное увеличение левого желудочка: КДО левого желудочка был 8,4 мл (z-score 2,1 [6],

ППТ 0,21 м<sup>2</sup>) (рис. 15) с признаками незначительной эксцентричной гипертрофии (КДР — 22,4 мм, толщина МЖП — 4,4 мм, толщина передней стенки — 4,08 мм, ИММЛЖ — 114 г/м<sup>2,7</sup>, норма до 80 г/м<sup>2,7</sup>) (рис. 17), фракция выброса — 67 % (модифицированный метод Симпсона, двухплоскостной). Размер левого предсердия был в верхнем диапазоне нормы (2,9 см<sup>2</sup>, z-score 1,6).

На перешейке аорты интеграл линейной скорости потока имел значение 35,9 см, что свидетельствовало о чрезмерно высокой объемной интенсивности кровотока (рис. 16).

При этом отсутствовали признаки анатомических изменений аорты: диаметр проксимального участка дуги 6,6 мм (z-score -0,4), на уровне перешейка — 5,3 мм (z-score 1,2), нисходящий отдел — 5,7 мм (z-score 0) (рис. 17). Расчетный показатель системного СИ был на уровне 5,2 л/мин/м<sup>2</sup> (ЧСС — 150 уд. в мин), что, скорее, можно трактовать как повышенный [22] с учетом постконцептуального возраста

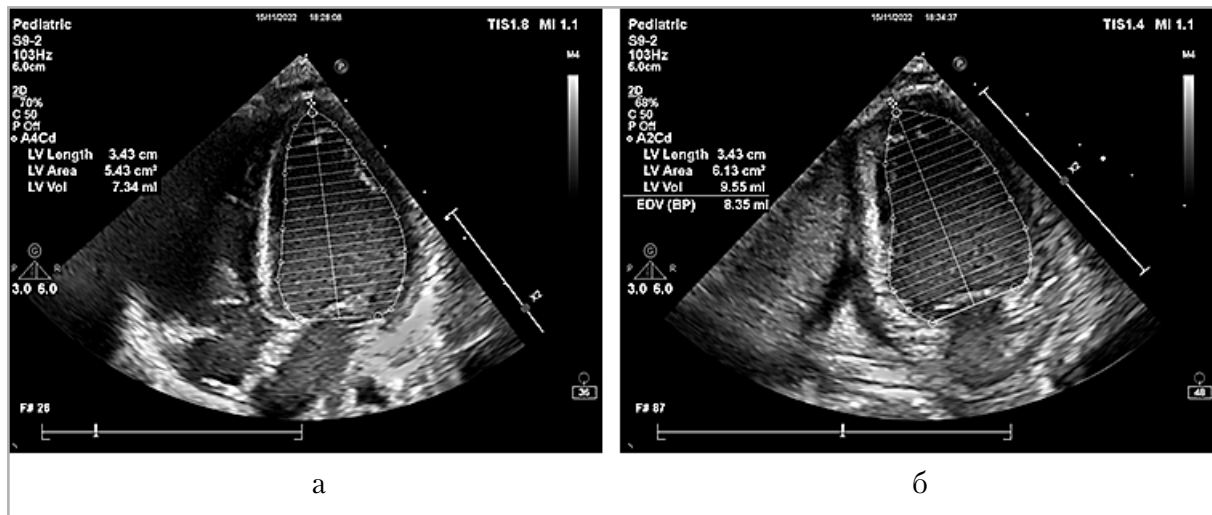


Рис. 15. Измерение объема левого желудочка: *а, б* — оценка объема в режиме 2D, модифицированный двухплоскостной метод Симпсона: *а* — четырехкамерная и *б* — двухкамерная позиции в апикальном доступе

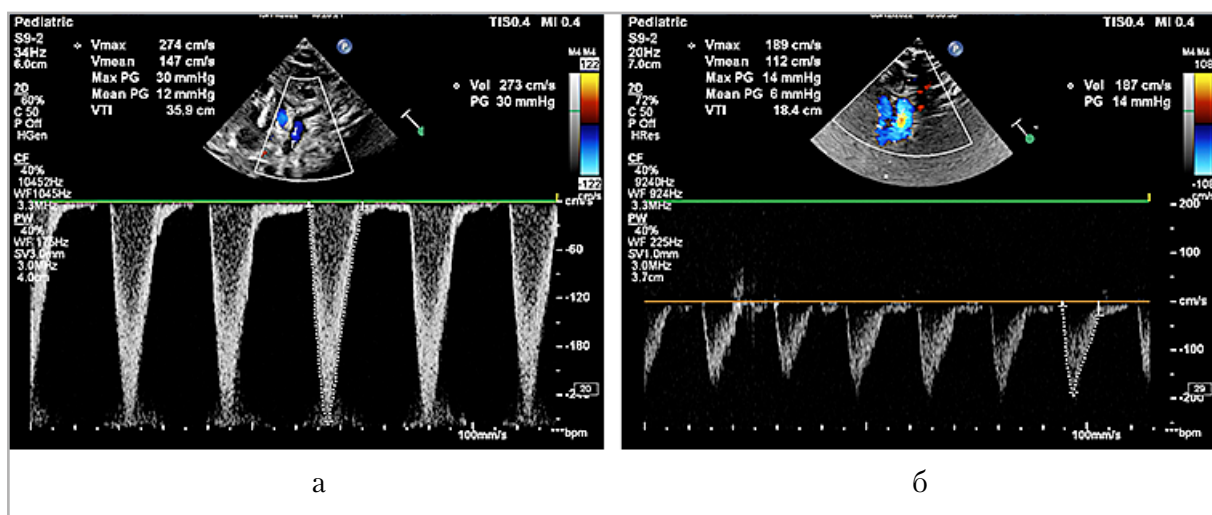


Рис. 16. Измерения локальной скорости потока в режиме импульсно-волнового доплера на уровне перешейка дуги аорты: *а* — инициальное исследование с максимальной пиковой скоростью 2,73 м/с без выраженных признаков турбулентности; *б* — повторная оценка через 18 дней. Оценка максимальной скорости в динамике с регистрацией нормальной скорости потока 1,87 м/с

и антропометрических данных. По данным электрокардиографии отмечалось только повышение активности правого желудочка.

Через 18 дней с момента инициального исследования объем левого желудочка и толщина стенок не претерпели значительных изменений, фракция выброса соответствовала 59,3 % (модифицированный метод Симпсона, двух-

плоскостной). СИ, оставаясь высоким, снизился до 4,3 л/мин/м<sup>2</sup> (ЧСС — 147 уд. в мин), на перешейке аорты отмечалось значительное снижение показателя интеграла линейной скорости — 18,4 см (рис. 16). В дальнейшем динамика показателей не отслеживалась. По достижении стабильной положительной динамики ребенок был выписан под наблюдение по месту жительства.

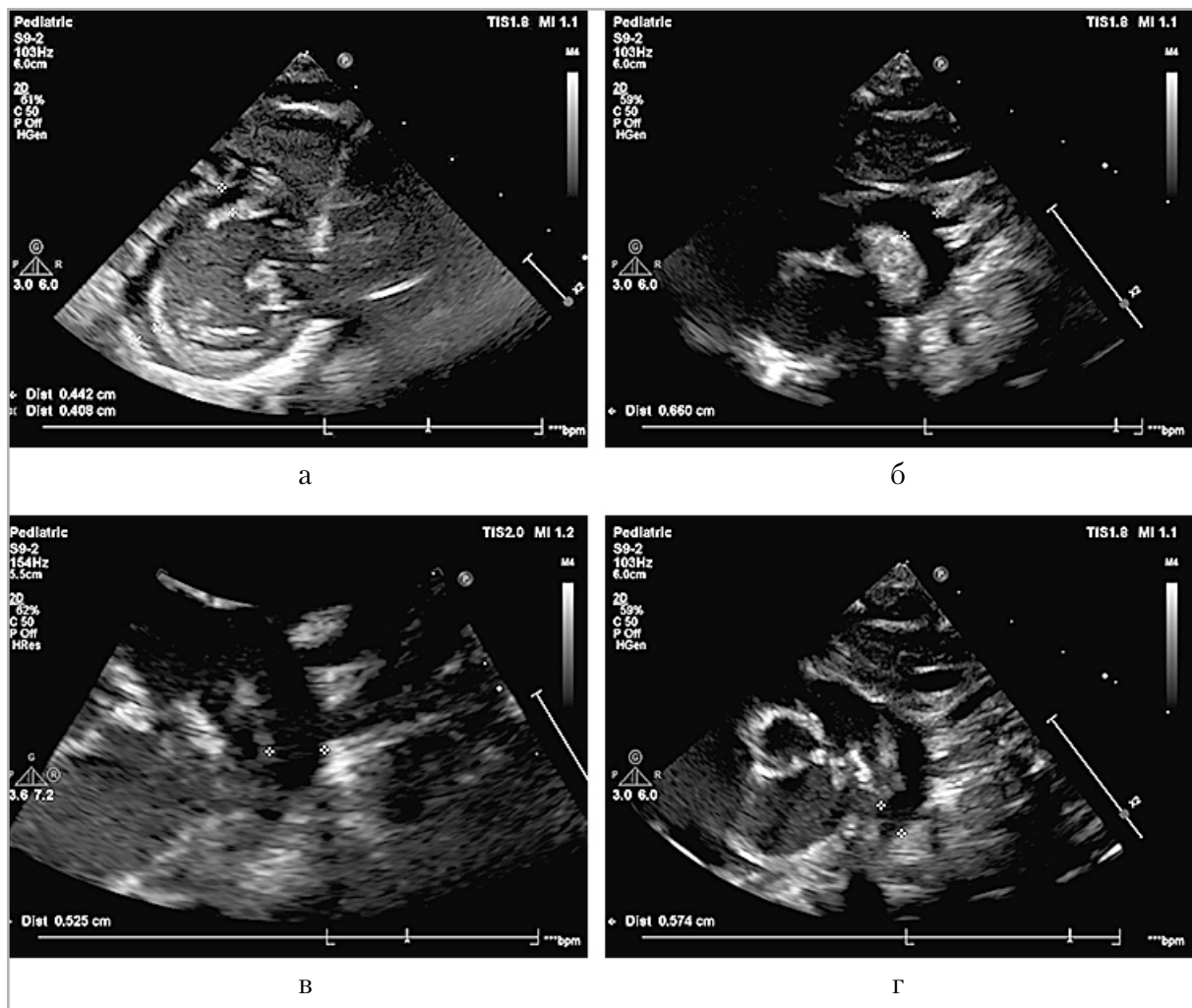


Рис. 17. Линейные измерения в режиме 2D: *а* – субкостальный доступ, плоскость по короткой оси левого желудочка, на уровне створок папиллярных мышц. Толщина МЖП 4,4 мм, толщина переднего сегмента 4,08 мм; *б* – проксимальный отдел дуги аорты; *в* – перешеек дуги аорты; *г* – нисходящий отдел аорты. Измерения диаметров на различных участках аорты без признаков анатомического сужения

## Обсуждение

В клиническом случае пациента N 1 контекст патологической картины определялся наличием гломусной параганглиомы, сочетанием ярко выраженного неангиогенеза как в самой опухоли, так и в окружающем опухоль регионе, что укладывается в патологическую модель ангиогенеза, описанную выше. Примечательно, что подобная демонстративная манифестация опухолевого процесса расставила акценты на специфической ценности каждого метода диагностики из комплекса обследования пациента. Даже на этапе

клинического обследования пациента можно было заподозрить наличие гемодинамически значимой фистулы за счет аускультации головы и выявления грубого систолодиастолического шума на уровне 4/6 по шкале интенсивности. Транскраниальное дуплексное сканирование с использованием билатерального транстемпорального доступа позволило быстро и без дополнительных нагрузок уточнить двустороннее наличие гемодинамически значимых интракраниальных фистул. Эхокардиография у данного пациента выявила СПСВ и кардиомегалию, которая была следствием

данного состояния. Данных за гипертрофию миокарда левого желудочка не было. Глобальная систолическая функция была сохранена, признаков субклинической дисфункции миокарда не было, учитывая данные исследований продольной деформации левого желудочка и сопоставляя полученные значения с имеющимися данными нормального диапазона для данного возраста [28]. При этом необходимо учитывать зависимость показателя продольной деформации от преднагрузки — объема диастолического наполнения. Увеличение объема желудочка приводит к повышению растяжения волокон и, как следствие, к усилению их сокращения. По закону Франка — Старлинга, в стадии компенсации сердце способно увеличивать сердечный выброс в ответ на увеличение преднагрузки. Далее следует стадия предела сократительного резерва, имеющая вид плато на графике зависимости роста выброса от увеличения диастолического объема, когда увеличение объема наполнения камеры не приводит к росту ударного объема. В данном клиническом случае нельзя точно сказать, на какой стадии функционального состояния находился миокард: сохранялся ли резерв компенсации или был достигнут предел. Безусловно, миокард испытывал стресс, и это нашло отражение в повышенном уровне NT-proBNP, который вырабатывается кардиомиоцитами левого желудочка в ответ на стрессорную нагрузку повышенного наполнения [25]. Расчетный показатель  $E/e'$ , относящийся к оценке давления в левых отделах (один из показателей диастолической функции), не был повышен, хотя, по данным литературы, у пациентов в состоянии декомпенсации при СПСВ в сочетании с шунтами средний уровень этого показателя был определенно завышен (более 14) и сочетался с крайне высокими уровнями NT-proBNP [27, 29]. Данных за легочную гипертензию у пациента не было.

Учитывая факт невыраженного повышения NT-proBNP, отсутствие нарушений глобальной систолической и диастолической функций, можно предполагать, что функциональное состояние сердца на момент инициального исследования находилось ближе к компенсации. За период 7 месяцев значимой динамики по данным МРТ и МСКТ не отмечалось, но с учетом минимальных изменений в структуре опухоли, заметного уменьшения признаков СПСВ по данным эхокардиографии, а также уменьшения значения NT-proBNP до пограничного с нормой уровня можно предположить уменьшение объема артериовенозного шунтирования. Изменение морфофункциональных показателей трансторакальной эхокардиографии давало возможность отслеживать некоторые положительные тенденции изменения гемодинамики пациента в специфическом ракурсе без значительных временных и финансовых затрат.

В случае пациента N 2 с верифицированной феохромоцитомой ведущим фактором являлся избыточный уровень катехоламинов, который определял весь спектр нарушений: артериальная гипертензия (рассматривалась в качестве причины ангиопатия сетчатки), кардиомиопатия за счет преимущественного кардиотоксического влияния на миокард левого желудочка катехоламинов (гипертрофия, значительное снижение глобальной систолической функции ниже нормы), СПСВ. Интересно, что при практически одинаковом уровне NT-proBNP, в сравнении с пациентом N 1, признаки декомпенсации деятельности сердца у пациента N 2 были более очевидны (более высокий уровень соотношения  $E/e'$ , систолическая дисфункция). Оперативное удаление опухоли нивелировало избыточное нейроэндокринное влияние опухоли, что привело к снижению выраженности гемодинамических нарушений. Стоит отметить, что отсутствие усугубления сердечной

недостаточности у пациента при транзитном ухудшении систолической функции можно объяснить достаточным и даже погранично высоким (несмотря на снижение в динамике) системным сердечным выбросом. Следовательно, в данном случае показатель СИ (ВТЛЖ) был более согласован с клиникой и значительно улучшил интерпретацию показателей гемодинамики, когда имело место транзитное снижение фракции выброса, которая сама по себе является относительным показателем и имеет ряд методологических ограничений.

У пациента N 3 патогенез гемодинамических нарушений имел схожие черты с нарушениями, имевшимися у пациента N 2, за счет начальных проявлений ремоделирования левого желудочка, которые отмечались также на фоне опухоли (нейробластомы), продуцирующей катехоламины, при этом степень токсического воздействия на миокард была меньше, о чем свидетельствует сохранная глобальная систолическая функция левого желудочка. В литературе описаны случаи выраженных проявлений кардиомиопатии при нейробластоме, вплоть до фенотипа гипертрофической кардиомиопатии [34], что может имитировать проявления надпочечниковой параганглиомы (феохромоцитомы). В данном случае оценка СИ (ВТЛЖ), помимо отражения явлений СПСВ, помогала в интерпретации чрезмерно высокого объема кровотока на неизменном перешейке дуги аорты. Интеграл линейной скорости кровотока является ударной дистанцией, которую проходит поток во время изгнания, поэтому он используется для расчета ударного объема. Таким образом, при постоянной площади поперечного сечения сосуда (в данном случае — нормальный диаметр перешейка) увеличение интеграла линейной скорости потока будет прямо пропорционально возросшему объему кровотока, особенно в условиях усиления инотропной функции сердца.

У пациентов с неопластическими образованиями, которые имеют общий источник происхождения, но с разным патогенезом гемодинамических нарушений, эхокардиографический параметр оценки системного сердечного выброса может быть применим и разносторонне полезен.

## Заключение

Эхокардиография способна значительно расширить объем информации о степени поражения сердца и значительности гемодинамических нарушений. Помимо морфофункциональной оценки камер и соединений, включение в протокол исследования расчетного параметра системного сердечного выброса по выходному тракту левого желудочка может предоставить ценную информацию для лечащего врача. Повышение уровня данного параметра способно задать важный вопрос о возможном наличии у пациента гемодинамически значимых патологических шунтов, особенно при нормальной анатомии сердца, а также уточнить степень влияния на сердце течения неопластических процессов, особенно при опухолях с потенциально высокой возможностью продукции катехоламинов. Помимо этого, показатель системного сердечного выброса поможет отслеживать текущие изменения гемодинамики, а также способен сделать ключевой акцент для более объективной интерпретации комплекса параметров в иных клинических сценариях, отличных от вышеописанных. Анемии могут также сопровождаться синдромом повышенного сердечного выброса. Приведенные референсные нормативы дают ориентиры для практического рутинного использования этого важного параметра.

## Список источников / References

1. Alkhaibary A., Alnefaie N., Alharbi A., Alammam H., Arishy A. M., Alshaya W.,

- Khairy S. Intracranial dural arteriovenous fistula: a comprehensive review of the history, management, and future prospective. *Acta Neurologica Belgica*. 2023 Apr; 123(2):359-366. <https://www.doi.org/10.1007/s13760-022-02133-6>
2. Anand I. S., Florea V. G. High Output Cardiac Failure. *Current Treatment Options in Cardiovascular Medicine*. 2001 Apr;3(2):151-159. <https://www.doi.org/10.1007/s11936-001-0070-1>
3. Cantinotti M., Scalese M., Murzi B., Assanta N., Spadoni I., De Lucia V., Crocetti M., Cresti A., Gallotta M., Marotta M., Tyack K., Molinaro S., Iervasi G. Echocardiographic nomograms for chamber diameters and areas in Caucasian children. *J. of the Am. Society of Echocardiography*. 2014 Dec;27(12):1279-92.e2. <https://www.doi.org/10.1016/j.echo.2014.08.005>
4. Cantinotti M., Giordano R., Scalese M., Murzi B., Assanta N., Spadoni I., Crocetti M., Marotta M., Molinaro S., Kutty S., Iervasi G. Nomograms for mitral inflow Doppler and tissue Doppler velocities in Caucasian children. *J. of Cardiol*. 2016 Oct;68(4):288-99. <https://www.doi.org/10.1016/j.jjcc.2015.10.004>
5. Cantinotti M., Giordano R., Scalese M., Murzi B., Assanta N., Spadoni I., Maura C., Marco M., Molinaro S., Kutty S., Iervasi G. Nomograms for two-dimensional echocardiography derived valvular and arterial dimensions in Caucasian children. *J. of Cardiol*. 2017 Jan;69(1):208-215. <https://www.doi.org/10.1016/j.jjcc.2016.03.010>
6. Cantinotti M., Scalese M., Giordano R., Franchi E., Marchese P., Vicava C., Assanta N., Iervasi G., Kutty S., Koestenberger M. Pediatric nomograms for left ventricle biplane 2D volumes in healthy Caucasian children. *Echocardiography*. 2020 Jun;37(6):971-975. <https://www.doi.org/10.1111/echo.14701>
7. Dallaire F., Dahdah N. New equations and a critical appraisal of coronary artery Z scores in healthy children. *J. of the Am. Society of Echocardiography*. 2011 Jan;24(1):60-74. <https://www.doi.org/10.1016/j.echo.2010.10.004>
8. Diaz A., Zocalo Y., Cabrera-Fischer E., Bia D. Reference intervals and percentile curve for left ventricular outflow tract (LVOT), velocity time integral (VTI), and LVOT-VTI-derived hemodynamic parameters in healthy children and adolescents: Analysis of echocardiographic methods association and agreement. *Echocardiography*. 2018 Dec;35(12):2014-2034. <https://www.doi.org/10.1111/echo.14176>
9. Du Y., Demillard L. J., Ren J. Catecholamine-induced cardiotoxicity: A critical element in the pathophysiology of stroke-induced heart injury. *Life Sciences*. 2021 Dec 15;287:120106. <https://www.doi.org/10.1016/j.lfs.2021.120106>
10. Epstein B., Platt N. Visualization of an intracranial arteriovenous fistula during angiocardiology in an infant with congestive heart failure. *Radiol*. 1962;79:625-627.
11. Gimenez-Roqueplo A. P., Favier J., Rustin P., Mourad J. J., Plouin P. F., Corvol P., Rötig A., Jeunemaitre X. The R22X mutation of the SDHD gene in hereditary paraganglioma abolishes the enzymatic activity of complex II in the mitochondrial respiratory chain and activates the hypoxia pathway. *The Am. J. of Human Genetics*. 2001 Dec;69(6):1186-97. <https://www.doi.org/10.1086/324413>
12. Gong X., Li Y., Yang K., Chen S., Ji Y. Infantile hepatic hemangiomas: looking backwards and forwards. *Precision Clinical Medicine*. 2022 Feb 11;5(1):pbac006. <https://www.doi.org/10.1093/pcmedi/pbac006>
13. Harkness A., Ring L., Augustine D. X., Oxborough D., Robinson S., Sharma V. Education Committee of the British Society of Echocardiography. Normal reference intervals for cardiac dimensions and function for use in echocardiographic practice: a guideline from the British Society of Echocardiography. *Echo Re-*

- search and Practice*. 2020 Feb 24;7(1):G1-G18. <https://www.doi.org/10.1530/ERP-19-0050>
14. Harmon J., Sisco K., Dutro M., Cua C. L. Left Ventricular Dilation: When Pediatric Meet Adult Guidelines. *Pediatric Cardiol.* 2018. Jan;39(1):26-32. <https://www.doi.org/10.1007/s00246-017-1719-1>
  15. Jain A., Baracco R., Kapur G. Pheochromocytoma and paraganglioma — an update on diagnosis, evaluation, and management. *Pediatric Nephrol.* 2020 Apr;35(4):581-594. <https://www.doi.org/10.1007/s00467-018-4181-2>
  16. Kameneva P., Artemov A. V., Kastriti M. E., Faure L., Olsen T. K., Otte J., Erickson A., Semsch B., Andersson E. R., Ratz M., Frisén J., Tischler A. S., de Krijger R. R., Boudierlique T., Akkuratova N., Vorontsova M., Gusev O., Fried K., Sundström E., Mei S., Kogner P., Baryawno N., Kharchenko P. V., Adameyko I. Single-cell transcriptomics of human embryos identifies multiple sympathoblast lineages with potential implications for neuroblastoma origin. *Nature Genetics*. 2021 May;53(5):694-706. <https://www.doi.org/10.1038/s41588-021-00818-x>
  17. Kastriti M. E., Kameneva P., Kamenev D., Dyachuk V., Furlan A., Hampl M., Memic F., Marklund U., Lallemand F., Hadjab S., Calvo-Enrique L., Ernfors P., Fried K., Adameyko I. Schwann Cell Precursors Generate the Majority of Chromaffin Cells in Zuckermandl Organ and Some Sympathetic Neurons in Paraganglia. *Frontiers in Molecular Neuroscience*. 2019 Jan 25;12:6. <https://www.doi.org/10.3389/fnmol.2019.00006>
  18. Khoury P. R., Mitsnefes M., Daniels S. R., Kimball T. R. Age-specific reference intervals for indexed left ventricular mass in children. *J. of the Am. Society of Echocardiography*. 2009 Jun;22(6):709-14. <https://www.doi.org/10.1016/j.echo.2009.03.003>
  19. Kuhlén M., Pamporaki C., Kunstreich M., Wudy S. A., Hartmann M. F., Peitzsch M., Vokuhl C., Seitz G., Kreissl M. C., Simon T., Hero B., Frühwald M. C., Vorwerk P., Redlich A. Adrenocortical Tumors and Pheochromocytoma/Paraganglioma Initially Mistaken as Neuroblastoma-Experiences From the GPOH-MET Registry. *Frontiers in Endocrinol.* 2022 Jun 17;13:918435. <https://www.doi.org/10.3389/fendo.2022.918435>
  20. Lopez L., Colan S.D., Frommelt P. C., Ensing G. J., Kendall K., Younoszai A. K., Lai W. W., Geva T. Recommendations for quantification methods during the performance of a pediatric echocardiogram: a report from the Pediatric Measurements Writing Group of the American Society of Echocardiography Pediatric and Congenital Heart Disease Council. *Council. J. of the Am. Society of Echocardiography*. 2010 May;23(5):465-95. <https://www.doi.org/10.1016/j.echo.2010.03.019>
  21. Mannarino S., Bulzomi P., Codazzi A. C., Rispoli G. A., Tinelli C., De Silvestri A., Manzoni F., Chiapedi S. Inferior vena cava, abdominal aorta, and IVC-to-aorta ratio in healthy Caucasian children: Ultrasound Z-scores according to BSA and age. *J. of Cardiol.* 2019 Oct;74(4):388-393. <https://www.doi.org/10.1016/j.jjcc.2019.02.021>
  22. Mertens L., Seri I., Marek J., Arlettaz R., Barker P., McNamara P., Moon-Grady A. J., Coon P. D., Noori S., Simpson J., Lai W. W.; Writing Group of the American Society of Echocardiography; European Association of Echocardiography; Association for European Pediatric Cardiologists. Targeted Neonatal Echocardiography in the Neonatal Intensive Care Unit: practice guidelines and recommendations for training. Writing Group of the American Society of Echocardiography (ASE) in collaboration with the European Association of Echocardiography (EAE) and the Association for European Pediatric Cardiologists (AEPC). *J. of the Am. Society of Echocardiography*. 2011 Oct;24(10):1057-78. <https://www.doi.org/10.1016/j.echo.2011.07.014>

23. Mitchell C., Rahko P. S., Blauwet L. A., Canaday B., Finstuen J. A., Foster M. C., Horton K., Ogunyankin K. O., Palma R. A., Velazquez E. J. Guidelines for Performing a Comprehensive Transthoracic Echocardiographic Examination in Adults: Recommendations from the American Society of Echocardiography. *J. of the Am. Society of Echocardiography*. 2019 Jan;32(1):1-64. <https://www.doi.org/10.1016/j.echo.2018.06.004>
24. Nagueh S. F. Left Ventricular Diastolic Function: Understanding Pathophysiology, Diagnosis, and Prognosis With Echocardiography. *JACC: Cardiovasc. Imag.* 2020 Jan;13(1 Pt 2):228-244. <https://www.doi.org/10.1016/j.jcmg.2018.10.038>
25. Nakagawa O., Ogawa Y., Itoh H., Suga S., Komatsu Y., Kishimoto I., Nishino K., Yoshimasa T., Nakao K. Rapid transcriptional activation and early mRNA turnover of brain natriuretic peptide in cardiocyte hypertrophy. Evidence for brain natriuretic peptide as an «emergency» cardiac hormone against ventricular overload. *J. of Clin. Investigation*. 1995 Sep;96(3):1280-7. <https://www.doi.org/10.1172/JCI118162>
26. Pamporaki C., Hamplova B., Peitzsch M., Prejbisz A., Beuschlein F., Timmers HJ. L. M., Fassnacht M., Klink B., Lodish M., Stratakis C. A., Huebner A., Fliedner S., Robledo M., Sinnott R. O., Januszewicz A., Pacak K., Eisenhofer G. Characteristics of Pediatric vs Adult Pheochromocytomas and Paragangliomas. *The J. of Clin. Endocrinol. & Metabolism*. 2017 Apr 1;102(4):1122-1132. <https://www.doi.org/10.1210/jc.2016-3829>
27. Reddy Y. N. V., Melenovsky V., Redfield M. M., Nishimura R. A., Borlaug B. A. High-Output Heart Failure: A 15-Year Experience. *J. of the Am. College of Cardiol.* 2016 Aug 2;68(5):473-482. <https://www.doi.org/10.1016/j.jacc.2016.05.043>
28. Romanowicz J., Ferraro A. M., Harrington J. K., Sleeper L. A., Adar A., Levy P. T., Powell A. J., Harrild D. M. Pediatric Normal Values and Z Score Equations for Left and Right Ventricular Strain by Two-Dimensional Speckle-Tracking Echocardiography Derived from a Large Cohort of Healthy Children. *J. of the Am. Society of Echocardiography*. 2023 Mar;36(3):310-323. <https://www.doi.org/10.1016/j.echo.2022.11.006>
29. Saleh M. A., El Kilany W. M., Keddis V. W., El Said T. W. Effect of high flow arteriovenous fistula on cardiac function in hemodialysis patients. *The Egyptian Heart J.* 2018 Dec;70(4):337-341. <https://www.doi.org/10.1016/j.ehj.2018.10.007>
30. Stoumpos S., Rankin A., Hall Barrientos P., Mangion K., McGregor E., Thomson P. C., Stevenson K., Welsh P., Kasthuri R., Kingsmore D. B., Roditi G., Mark P. B. Interrogating the haemodynamic effects of haemodialysis arteriovenous fistula on cardiac structure and function. *Scientific Reports*. 2021 Sep 13;11(1):18102. <https://www.doi.org/10.1038/s41598-021-97625-5>
31. Tang Y. M., Gupta A. K., Tu R. F., Tong Y. Y. Hemodynamic and cardiopulmonary structural and functional changes post TIPSS: A review. *International J. of Clin. Endocrinol. and Metabolism*. 2019;1(5):020-023. <https://www.doi.org/10.17352/ijcem.000038>
32. Litwiniuk-Kosmala M., Makuszevska M., Czesak M. Endoglin in head and neck neoplasms. *Frontiers in Medicine*. 2023 Feb 10. <https://doi.org/10.3389/fmed.2023.1115212>
33. Lai W. W., Mertens L. L., Cohen M. S., Geva T. Echocardiography in Pediatric and Congenital Heart Disease, 3rd ed. Wiley-Blackwell. 2021. P. 69–85. <https://www.doi.org/10.1002/9781118742440>
34. Xu X., Liu M., Zhang Y., Wang J., Lei X., Wang J., Zhou Y., Wang T. Case report: Catecholamine cardiomyopathy in children with neuroblastoma. *Frontiers in Pediatrics*. 2023 Feb9;11:1063795. <https://www.doi.org/10.3389/fped.2023.1063795>

35. Deutsches Kinderkrebsregister Jahresbericht / Annual Report 2017 German Childhood Cancer Registry. 2018.

---

## Сведения об авторах / Information about the authors

**Сажаев Егор Александрович**, врач ультразвуковой диагностики рентгенологического отделения, группа ультразвуковой диагностики ФГБУ «НМИЦ ДГОИ им. Дмитрия Рогачева» Минздрава России, Москва, Россия.

117997, Москва, ул. Саморы Машела, д. 1.

+7 (495) 287-65-70 (доб. 4815)

Вклад автора: разработка концепции, обзор публикаций по теме статьи, подготовка текста рукописи, подготовка списка литературы.

**Sazhaev Egor Aleksandrovich**, Ultrasound Diagnostic Doctor at the Department of Diagnostic Radiology of the Dmitry Rogachev National Medical Research Center of Pediatric Hematology, Oncology and Immunology of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Moscow, Russia

1, st. Samory Mashela, Moscow, 117997, Russia.

+7 (495) 287-65-70 (доб. 4815)

Author's contribution: concept development, review of publications on the topic of the article, writing the text of the article, preparation of a list of references.

**Бугаева Вероника Юрьевна**, врач ультразвуковой диагностики рентгенологического отделения, группа ультразвуковой диагностики «НМИЦ ДГОИ им. Дмитрия Рогачева» Минздрава России, Москва, Россия.

117997, Москва, ул. Саморы Машела, д. 1.

+7 (495) 287-65-70 (доб. 4815)

Вклад автора: обзор публикаций по теме статьи.

**Bugaeva Veronika Yur'evna**, Ultrasound Diagnostic Doctor at the Department of Diagnostic Radiology of the Dmitry Rogachev National Medical Research Center of Pediatric Hematology, Oncology and Immunology of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Moscow, Russia

1, st. Samory Mashela, Moscow, 117997, Russia.

+7 (495) 287-65-70 (доб. 4815)

Author's contribution: review of publications on the topic of the article.

**Щелканова Екатерина Сергеевна**, лаборант-исследователь отдела лучевой диагностики, врач-ординатор рентгенологического отделения «НМИЦ ДГОИ им. Дмитрия Рогачева» Минздрава России, Москва, Россия.

117997, Москва, ул. Саморы Машела, д. 1.

+7 (495) 287-65-70 (доб. 4501)

Вклад автора: обзор публикаций по теме статьи.

**Shchelkanova Ekaterina Sergeevna**, Research Laboratory Assistan, Resident Doctor of Department Radiation Diagnosis of the Dmitry Rogachev National Medical Research Center of Pediatric Hematology, Oncology and Immunology of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Moscow, Russia

1, st. Samory Mashela, Moscow, 117997, Russia.

+7 (495) 287 65 70 (add. 4501)

Author's contribution: review of publications on the topic of the article.

**Терещенко Галина Викторовна**, кандидат медицинских наук, заведующая рентгенологическим отделением «НМИЦ ДГОИ им. Дмитрия Рогачева» Минздрава России, Москва, Россия.

117997, Москва, ул. Саморы Машела, д. 1.

+7 (495) 287-65-70 (доб. 1220)

Вклад автора: утверждение окончательного варианта публикации.

**Tereshchenko Galina Viktorovna**, Ph. D., Head of Department Radiation Diagnosis of the Dmitry Rogachev National Medical Research Center of Pediatric Hematology, Oncology and Immunology of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Moscow, Russia  
1, st. Samory Mashela, Moscow, 117997, Russia.  
+7 (495) 287-65 -70 (add. 1220)  
Author's contribution: approval of the final version of the publication.

Статья поступила в редакцию 15.09.2023;  
одобрена после рецензирования 10.12.2023;  
принята к публикации 14.12.2023.

The article was submitted 15.09.2023;  
approved after reviewing 10.12.2023;  
accepted for publication 14.12.2023.



## ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

Оригинальная статья

УДК 616-006.03

<https://doi.org/10.52560/2713-0118-2024-2-54-71>

# Стереотаксическое облучение в лечении гемангиобластом ЦНС при болезни Гиппеля – Линдау: описание семейного случая и обзор литературы

А. И. Лестровая<sup>1</sup>, И. Н. Пронин<sup>2</sup>, А. В. Голанов<sup>3</sup>,  
А. И. Баталов<sup>4</sup>, Н. А. Антипина<sup>5</sup>, И. И. Данилина<sup>6</sup>

<sup>1, 2, 3, 4, 5, 6</sup> ФГАУ «Национальный медицинский исследовательский центр нейрохирургии им. ак. Н. Н. Бурденко» Минздрава России, Москва, Россия

<sup>1</sup> alestrovaya@nsi.ru, <https://orcid.org/0009-0005-1143-2030>

<sup>2</sup> pronin@nsi.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4480-0275>

<sup>3</sup> golanov@nsi.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0976-4547>

<sup>4</sup> abatalov@nsi.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8924-7346>

<sup>5</sup> nantipina@nsi.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3470-5802>

<sup>6</sup> danilinall@nsi.ru, <https://orcid.org/0009-0007-1614-3208>

Автор, ответственный за переписку: Арина Игоревна Лестровая, alestrovaya@nsi.ru

### Резюме

Болезнь Гиппеля — Линдау (БГЛ) представляет собой аутосомно-доминантный опухолевый синдром, возникающий в результате мутаций с потерей функции гена VHL и ассоциированный с опухолями различной локализации.

Гемангиобластома (ГАБ, ангиоретикулема), относительно редко встречающаяся доброкачественная богато васкуляризованная опухоль центральной нервной системы, является одним из наиболее частых проявлений и основной причиной заболеваемости и смертности пациентов с БГЛ, но может проявляться и в виде спорадической формы. Опухоль часто имеет кистозный компонент и множественный характер. В основном располагается субтенториально. МРТ — золотой стандарт диагностики, также для постановки правильного диагноза могут использоваться компьютерная томография и перфузионные методики.

Методом выбора этих опухолей является их хирургическое удаление. Показаниями к стереотаксическому облучению гемангиобластом, которые все время расширяются, являются небольшие асимптоматичные очаги, в том числе при множественном поражении, и остатки или рецидивы опухоли после их удаления. Радиохирurgia проводится с высокой степенью эффективности контроля опухолевого роста, в том числе при пятилетнем и более наблюдении при низкой токсичности, что особенно важно для пациентов с минимально

© Лестровая А. И., Пронин И. Н., Голанов А. В., Баталов А. И., Антипина Н. А., Данилина И. И., 2024

выраженной симптоматикой и у пациентов детского возраста, а также рекомендуется соматически ослабленным пациентам и при высоких рисках хирургического удаления этих новообразований в случае сложной локализации.

В статье описан семейный случай гемангиобластомы, прослеженный на протяжении нескольких поколений, приведен алгоритм ведения больных с синдромом БГЛ с рекомендациями по необходимому объему их диагностики, наблюдения и обсуждением подходов к их лечению.

Тщательный сбор семейного анамнеза, систематическое и правильное проведение генетического и диспансерного обследования, наблюдение за пациентами с БГЛ позволит своевременно установить правильный диагноз и более широко использовать метод стереотаксического облучения.

**Ключевые слова:** болезнь Гиппеля — Линдау, гемангиобластома, стереотаксическая радиотерапия

**Для цитирования:** Лестровая А. И., Пронин И. Н., Голанов А. В., Баталов А. И., Антипина Н. А., Данилина И. И. Стереотаксическое облучение в лечении гемангиобластом ЦНС при болезни Гиппеля — Линдау: описание семейного случая и обзор литературы // Радиология — практика. 2024;2:54-71. <https://doi.org/10.52560/2713-0118-2024-2-54-71>

#### **Источники финансирования**

Исследование не финансировалось какими-либо источниками.

#### **Конфликт интересов**

Авторы заявляют, что данная работа, ее тема, предмет и содержание не затрагивают конкурирующих интересов. Мнения, изложенные в статье, принадлежат авторам рукописи. Авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

#### **Соответствие принципам этики**

Работа соответствует этическим нормам Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека» с поправками 2008 года и «Правилами клинической практики в Российской Федерации», утвержденными Приказом Минздрава РФ от 19.06.2003.

## **ORIGINAL RESEARCH**

Original research

# **Stereotactic Radiotherapy of VHL-Associated hemangioblastomas: A Family Case Report and Literature Review**

**Arina I. Lestrovaya<sup>1</sup>, Igor N. Pronin<sup>2</sup>, Andrey V. Golanov<sup>3</sup>,  
Artem I. Batalov<sup>4</sup>, Natalia A. Antipina<sup>5</sup>, Irina I. Danilina<sup>6</sup>**

<sup>1, 2, 3, 4, 5, 6</sup> Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russia

<sup>1</sup> aletrovaya@qnsi.ru, <https://orcid.org/0009-0005-1143-2030>

<sup>2</sup> pronin@qnsi.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4480-0275>

<sup>3</sup> golanov@qnsi.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0976-4547>

<sup>4</sup> abatalov@qnsi.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8924-7346>

<sup>5</sup> nantipina@qnsi.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3470-5802>

<sup>6</sup> danilinall@qnsi.ru, <https://orcid.org/0009-0007-1614-3208>

Corresponding author: Arina I. Lestrovaya, aletrovaya@qnsi.ru

## Abstract

Von Hippel-Lindau syndrome (VHL) is a rare autosomal-dominant inherited cancer syndrome with different phenotypes caused by variants in the VHL gene.

Hemangioblastoma (HAB) is a benign tumor of the central nervous system and may appear as a component of VHL disease.

HAB is one of the most common manifestations and a leading cause of morbidity and mortality in patients with BGL, but can also occur as a sporadic form.

This tumor often has a cystic component and is multiple in nature. Mainly located subtentorially. MRI is the gold standard for diagnosis; computed tomography and perfusion techniques can also be used to make the correct diagnosis. The definitive treatment for these lesions is surgical resection, followed by SRS if necessary. Stereotactic irradiation is the method of choice for hemangioblastomas, especially with early detection of relatively small lesions, including those with multiple lesions. Radiosurgery is carried out with a high degree of efficiency with low toxicity, which is especially important for patients with minimally severe symptoms and in pediatric patients and also is recommended to patients with limited surgical alternatives (i.e., severe medical comorbidities, surgically unresectable tumors). SRS offered a satisfactory 5-year tumor control of HHB to VHL patients.

The article describes a family case of hemangioblastoma, traced over several generations, provides an algorithm for the management of patients with VHL syndrome with recommendations for the required scope of their diagnosis, observation and discussion of approaches to their treatment.

Careful collection of family history, genetic and follow up examination carried out systematically and correctly, monitoring of patients with VHL will allow timely establishment of the correct diagnosis and more widespread use of the stereotactic irradiation method.

**Keywords:** Hemangioblastoma, VHL syndrome, Radiotherapy

**For citation:** : Lestrovaya A. I., Pronin I. N., Golanov A. V., Batalov A. I., Antipina N. A., Danilina I. I. Stereotactic Radiotherapy of VHL-Associated hemangioblastomas: A Family Case Report and Literature Review. *Radiology – Practice*. 2024;2:54-71. (In Russ.). <https://doi.org/10.52560/2713-0118-2024-2-54-71>

## Funding

The study was not funded by any sources.

## Conflicts of Interest

The authors state that this work, its topic, subject and content do not affect competing interests. The opinions expressed in the article belong to the authors of the manuscript. The authors confirm the compliance of their authorship with the international ICMJE criteria (all authors have made a significant contribution to the development of the concept, the preparation of the article, read and approved the final version before publication).

## Compliance with Ethical Standards

The work complies with the ethical standards of the Helsinki Declaration of the World Medical Association «Ethical Principles of conducting scientific medical research with human participation» as amended in 2008 and the «Rules of Clinical Practice in the Russian Federation» approved by the Order of the Ministry of Health of the Russian Federation dated 06/19/2003.

## Список сокращений

БГЛ — болезнь Гиппеля — Линдау  
ГАБ — гемангиобластома  
МРТ — магнитно-резонансная томография  
ЦНС — центральная нервная система  
СКТ — спиральная компьютерная томография  
ВИ — взвешенное изображение  
ПЦР — полимеразная цепная реакция  
БРВ — безрецидивная выживаемость

## Введение

Болезнь Гиппеля — Линдау (синдром фон Хиппеля — Линдау; OMIM 193300) представляет собой аутосомно-доминантный наследуемый мультиорганный опухолевый синдром, который является результатом зародышевых мутаций гена-супрессора опухолей VHL [1, 2].

Гемангиобластома (ГАБ) центральной нервной системы считается доброкачественной опухолью, являясь одним из наиболее частых проявлений и основной причиной смертности пациентов с БГЛ, также может проявляться в виде спорадической формы [3, 4].

Радикальное удаление ГАБ является методом выбора лечения, в большинстве случаев позволяя достичь значительных сроков безрецидивной выживаемости, а также устранить признаки внутричерепной гипертензии или нарастающий неврологический дефицит. При субтотальном удалении опухоли, множественном характере поражения, небольших объемах гемангиобластом, когда хирургическое вмешательство связано со значительным риском удаления, например, у пациентов с сопутствующими заболеваниями или при труднодоступной локализации, в настоящее время

предпочтение отдается стереотаксическому облучению, которое является относительно безопасным и эффективным методом их лечения.

В статье приводится описание семейного случая гемангиобластом, прослеженного в нескольких поколениях, приводится алгоритм ведения пациентов с VHL-синдромом с рекомендациями необходимого объема их наблюдения, диагностики и обсуждением подходов к лечению.

## Обзор литературы

Болезнь Гиппеля — Линдау (БГЛ) представляет собой аутосомно-доминантный опухолевый синдром, возникающий в результате мутаций с потерей функции гена VHL и ассоциированный с опухолями различной локализации. Предполагаемая популяционная частота составляет примерно от 1 : 36 000 до 1 : 53 000 с высокой возрастной пенетрантностью (90 % к 65 годам) [1, 2, 5]. Синдром Гиппеля — Линдау обусловлен мутациями в гене VHL, который локализован в области 3p25. Функция гена VHL — участие в сборке мультипротеинового комплекса, в котором осуществляется деградация индуцируемого гипоксией

фактора HIF (1a и 2a). Молекулярно-генетическая диагностика БГЛ заключается в идентификации инактивирующей герминальной мутации в гене VHL — причины заболевания. Основной метод анализа — ПЦР с последующим секвенированием по Сэнгеру экзонов 1–3 гена VHL, что позволяет выявить точечную мутацию в 85 % семей с VHL-синдромом. При отрицательном результате секвенирования проводят поиск делеций VHL методом мультиплексной амплификации лигированных зондов (MLPA — multiplex ligation-dependent probe amplification) [6].

Объемные образования при БГЛ той или иной локализации могут развиваться в органах-мишенях в различном возрасте: наиболее часто встречаются светлоклеточный рак почки (нередко с мультифокальным ростом и/или билатеральной локализацией), кисты почек и поджелудочной железы, гемангиобластомы ЦНС и множественные ангиомы сетчатки; феохромоцитомы надпочечника, параганглиома, гораздо реже — нейроэндокринные опухоли, опухоли эндолимфатического протока внутреннего уха, кистозные аденомы придатка яичка [7].

Гемангиобластома (ГАБ, ангиоретикулема), относительно редко (от 1 до 2,5 % от всех опухолей ЦНС) встречающаяся доброкачественная богато-васкуляризованная опухоль центральной нервной системы, является одним из наиболее частых проявлений и основной причиной заболеваемости и смертности пациентов с БГЛ, но может проявляться и в виде sporadической формы [3, 4]. Хотя гемангиобластомы являются ключевым признаком у пациентов с БГЛ, возникая в 60–80 % случаев у пациентов в этой популяции, 70–80 % случаев гемангиобластом являются sporadическими [5]. Основная локализация ГАБ ЦНС — в области мозжечка, ствола головного мозга и шейного отдела спинного мозга, составляя 8–12 %

от всех опухолей задней черепной ямки, что приводит к таким симптомам, как головная боль, головокружение, рвота и параплегия, главным образом за счет увеличения объема и сдавления прилежающих структур [8, 9]. Реже встречается супратенториальная локализация: в хиазмально-селлярной области, орбите и полушариях головного мозга. В 2021 г. Sanchez-Ortega и соавт. [10] провели обзор статей, в которых были описаны случаи супратенториально расположенных гемангиобластом. В большинстве случаев опухоль располагалась в лобных долях больших полушарий головного мозга. Около 67 % случаев были sporadическими, и только 21 % были связаны с БГЛ [11]. В любом случае, всем пациентам с супратенториальными ГАБ рекомендуется проведение генетического исследования. Анализ на носительство герминальных мутаций VHL является важной частью клинико-лабораторного обследования пациентов с гемангиобластомами, как с одиночными, так и с синхронными множественными опухолями. Это позволяет своевременно диагностировать небольшие очаги БГЛ головного мозга даже до их манифестации [6, 12, 13]. Несмотря на успешное радикальное удаление первичной опухоли, у этих пациентов на протяжении всей жизни сохраняется повышенный риск развития новых гемангиобластом в головном мозге. Активное наблюдение за существующими очагами и микрохирургическое удаление симптоматических поражений являются основным направлением лечения ГАБ у пациентов с БГЛ [14, 15].

### **Рентгенологическая семиотика**

Золотым стандартом инструментальной диагностики гемангиобластом является магнитно-резонансная томография (МРТ) с контрастным усилением. В режиме T1-ВИ без контрастного усиления характерно наличие узла

с четкими границами, имеющего гипо- или изоинтенсивный сигнал (рис. 1, *а*). В режиме T1-ВИ после контрастного усиления характерно выраженное накопление контрастного препарата в опухолевом узле [15, 16]. Характерной особенностью гемангиобластом является наличие кист. Как правило, стенки кист не контрастируются. Небольшие по размеру гемангиобластомы обычно гомогенно накапливают контрастный препарат, в то время как крупные гемангиобластомы могут быть негетерогенными из-за наличия кист и очагов внутриопухолевых кровоизлияний и сосудов.

Особенно характерны кисты при локализации опухолей в области мозжечка, ствола мозга и позвоночника. Как правило, темп увеличения кист намного выше, чем для солидной части гемангиобластом [1, 8, 9, 14]. Hunt et al. исследовали естественное течение кистозного компонента в серии

из 132 пациентов с 292 перитуморальными кистами [19]. В течение периода наблюдения (в среднем 7 лет) в 41,4 % случаев кистозные опухоли проявились неврологической симптоматикой, что особенно касается новообразований, локализованных субтенториально. В 50 % случаев увеличение кист было отмечено в 50 и 72,3 % от всех пациентов при сроках наблюдения в течение 1,5 и 3 лет соответственно.

Интенсивность сигнала от кист может варьировать в зависимости от их содержимого: высокую интенсивность сигнала дают кисты с высокобелковым содержимым, образовавшимся вследствие внутриузловых кровоизлияний или транссудации содержимого опухоли [16]. Наличие кистозного компонента может ухудшить результат лучевого лечения [9, 16]. Для гемангиобластом характерно наличие также перифокального отека. Для спинальных гемангиобластом характерно наличие синингомие-

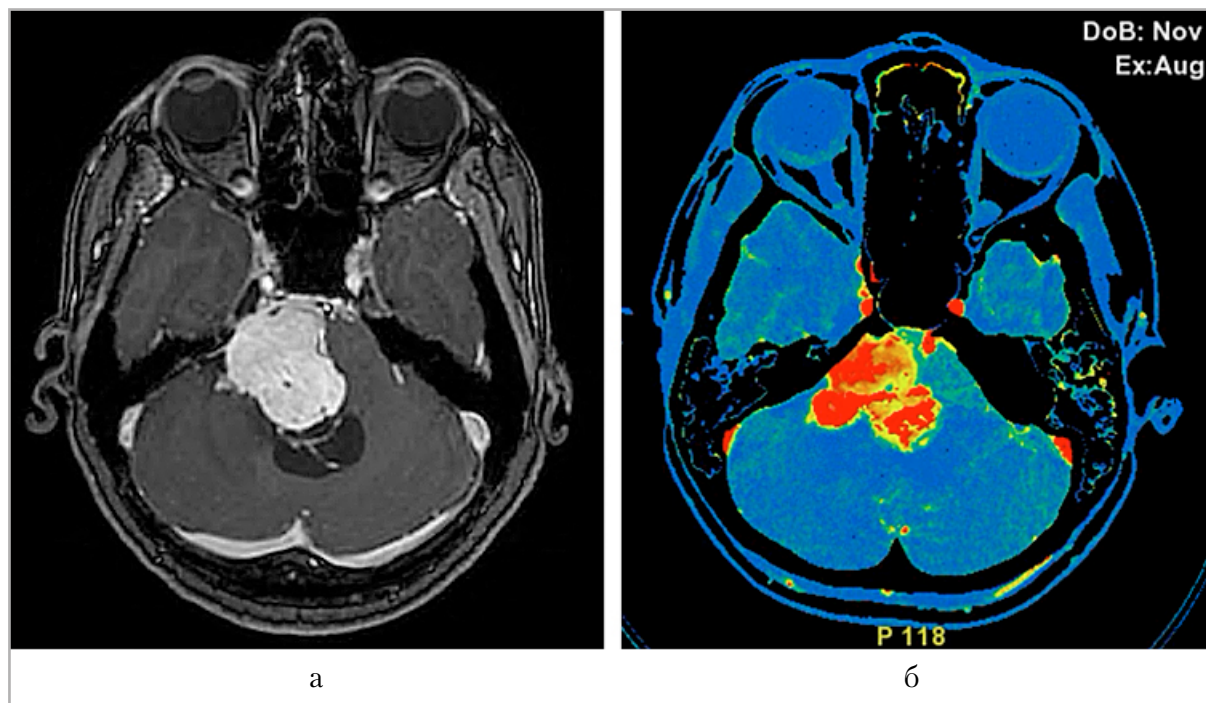


Рис. 1. *а* — МРТ в режиме T1 после внутривенного контрастного усиления у пациента с гемангиобластомой парастволовой локализации справа: визуализируется солидного строения опухоль с выраженным контрастированием. Ствол мозга компримирован и смещен влево. *б* — при КТ-перфузии определяется опухолевый узел с высокими показателями скорости (CBF) кровотока в опухоли (*б*): CBF 780,7 мл/100г/мин, в визуально неизменном веществе левой гемисферы мозжечка CBF 27,26 мл/100г/мин

елических кист, локализующихся выше и ниже солидного компонента опухоли.

В режиме T2-ВИ гемангиобластомы имеют гиперинтенсивный сигнал, с участками потери сигнала, появляющимися вследствие наличия в опухоли сосудов с быстрым кровотоком [20]. В качестве уточнения диагноза может проводиться перфузионная компьютерная томография, которая позволяет получить дополнительную информацию о гемодинамических изменениях в опухоли, а также отличить гемангиобластому от других новообразований, интенсивно накапливающих контрастный препарат (рис. 1, б).

### **Лечение гемангиобластом ЦНС**

Для предотвращения роста опухоли и возможной профилактики развития симптоматики целесообразно использование всех различных видов диагностики и лечения ГАБ, включающих в себя тщательное наблюдение, хирургическое вмешательство, стереотаксическое облучение и системную терапию [21].

Микрохирургическое удаление при возможной тотальной резекции опухоли является методом выбора в лечении пациентов с солитарными симптомами гемангиобластомами [22]. При субтотальном удалении гемангиобластомы имеется высокая вероятность рецидива, особенно при опухолях, ассоциированных с БГЛ. Conway с соавт. [8] отметили прогрессирование у 8 из 40 пациентов (20 %) с субтотальной резекцией.

### **Динамический контроль**

Существует три различные модели прогрессирования гемангиобластом ЦНС: скачкообразный (72 % растущих опухолей), экспоненциальный (22 %) и линейный (6 %) [9, 15, 16]. Опухоль может оставаться в состоянии покоя в течение длительного времени, поэтому необходим постоянный контроль за па-

циентами с периодическим выполнением МР-исследований.

ГАБ, связанные с БГЛ, целесообразно диагностировать с помощью периодических МР-обследований на ранней стадии, рекомендуемых всем пациентам с БГЛ, когда опухоль имеет небольшие размеры и не вызывает никаких симптомов.

Согласно существующим международным рекомендациям «VHL Alliance» 2023 года [24], всем пациентам с установленным диагнозом болезни Гиппеля — Линдау рекомендовано проведение активного перманентного наблюдения с выполнением МРТ с контрастным усилением всех отделов ЦНС каждые 2 года с целью исключения поражения ЦНС с прекращением профилактического контроля после 65 лет при отсутствии гемангиобластом головного или спинного мозга. При выявлении гемангиобластом ЦНС и/или увеличении размеров опухоли, а также при появлении симптоматики следует проводить МРТ ежегодно (или чаще) в зависимости от клинической ситуации.

Лучевая терапия в различных режимах и схемах фракционирования является эффективной опцией лечения гемангиобластом особенно при минимальной клинической симптоматике, при невозможности их безопасного удаления или наличия остатков опухоли после неполного удаления для предотвращения развития рецидивов.

В настоящее время на смену облучению со стандартным фракционированием и разовыми дозами 1,8–2,0 Гр в большинстве случаев при лечении патологии ЦНС пришли стереотаксическая радиотерапия и радиохирurgia, которые отличаются высокой прецизионной дозой подводимой за одну или несколько фракций ионизирующей энергии со значительными показателями конформности и селективности облучения наряду с существенным градиентом дозы. Радиохирurgia, проводимая в том числе в режиме гиподифракционирования, в настоящее

время используется как основной метод лечения гемангиобластом при рецидиве и/или субтотальном удалении опухоли, при невозможности безопасного удаления опухоли труднодоступной локализации и при множественном поражении. Хотя до сих пор нет проспективных рандомизированных исследований, проведенные ретроспективные, в том числе мультицентровые, исследования показали, что стереотаксическое облучение показывает высокий локальный контроль опухолевого роста у пациентов с гемангиобластомами при минимуме осложнений [25]. В большинстве случаев после проведения облучения в режимах радиохирургии или гипотракционирования

удаётся достичь удовлетворительного контроля опухолевого роста или уменьшения опухоли в размерах даже при значительных сроках наблюдения (табл.).

В ряде исследований сообщалось о 100 % показателях БРВ в течение 5 лет, хотя эти исследования, как правило, ограничены меньшей группой пациентов и относительно короткими сроками наблюдения.

Проведенный Qui с соавт. анализ результатов стереотаксического облучения ГАБ на Гамма-ноже у 170 пациентов с 660 опухолями показал, что 5-летний локальный контроль опухолевого роста составил 92 % [34]. Такие клинические показатели, как возраст, пол, объем опу-

#### Результаты стереотаксического облучения гемангиобластом

| Автор                        | Год  | Аппарат/<br>локали-<br>зация     | Количе-<br>ство па-<br>циентов/<br>опухолей | Период<br>наблю-<br>дения<br>(мес.) | Средний<br>объем<br>опухоли | Краевая<br>доза | 5-летняя<br>БРВ |
|------------------------------|------|----------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|-----------------|-----------------|
| Patrice<br>с соавт.<br>[26]  | 1996 | ГК, ин-<br>тракран-<br>иально    | 22/38                                       | 24,5                                | 0,95 cc                     | 15,5            | 86 %            |
| Wang с<br>соавт.[27]         | 2005 | ГК, ин-<br>тракран-<br>иально    | 35/93                                       | 66                                  | 1,3 mm                      | 17,2            | 82,9 %          |
| Tago с со-<br>авт. [28]      | 2005 | ГК, ин-<br>тракран-<br>иально    | 13/38                                       | 36                                  | 0,23 mm                     | 20              | 96,2 %          |
| Kano с<br>соавт.<br>[29]     | 2008 | ГК, ин-<br>тракран-<br>иально    | 32/74                                       | 61,4                                | 0,72 cc                     | 16              | 89,9 %          |
| Sayer с<br>соавт.<br>[30]    | 2011 | ГК, ин-<br>тракран-<br>иально    | 14/26                                       | 55,4                                | 1,65 cc                     | 18              | 74 %            |
| Kano с<br>соавт.<br>[31]     | 2015 | ГК, ин-<br>тракран-<br>иально    | 186/517                                     | 66                                  | 1,74 cc                     | 16,7            | 89 %            |
| Liebenow<br>с соавт.<br>[32] | 2019 | Интра-<br>крани-<br>ально        | 15/101                                      | 65<br>(медиана)                     | 28 cc                       | 17,8            | 95 %            |
| Zibly с<br>соавт.<br>[33]    | 2020 | Линас, ин-<br>тракран-<br>иально | 14/23                                       | 89                                  | 1,06 cc                     | 15,5            | 87 %            |

холи, методы радиохирургии, краевые и максимальные дозы, количество опухолей за одно лечение, локализация опухолей, не были связаны с частотой прогрессии гемангиобластом. В крупном метаанализе Рап с соавт., включавшем 26 исследований, 596 пациентов и 1535 опухолей, отмечено, что 5-летняя БРВ по всем подходящим исследованиям составила 88,4 %. [35]. Пациенты с БГЛ были моложе и имели опухоли меньших размеров, что определяет лучший исход по сравнению с пациентами со спорадическими гемангиобластомами, что логично объясняется тем, что пациенты с БГЛ находятся под более тщательным наблюдением. Статус БГЛ, пол, метод облучения, локализация опухоли и объем опухоли не имели доказанной связи с результатами лечения.

### **Клинический случай множественных гемангиобластом у семьи пациентов с болезнью Гиппеля – Линдау. Применение стереотаксического облучения**

Представлено наблюдение семейного случая с наследованием болезни Гиппеля – Линдау (рис. 2). У всех пациентов выявлено генетически подтверж-

денное БГЛ: методом прямого секвенирования выявлен патогенный вариант с.238A>C, приводящий к изменению аминокислотного остатка p.Ser80Arg в экзоне 1 в гетерозиготном состоянии.

Отец пациентов В. и Г. погиб в возрасте 23 лет от внутричерепной гипертензии, причиной которой явилась крупная гемангиобластома мозжечка.

Манифестация заболевания у пациента В. отмечена в возрасте 29 лет, когда появилась головная боль, не купирующаяся анальгетиками. Было выявлено объемное образование в левой гемисфере мозжечка, с последующим удалением опухоли. Через 4 года по данным МРТ отмечен продолженный рост опухоли, после чего произведено удаление рецидива опухоли с опорожнением опухолевой кисты. Еще через 4,5 года на фоне относительного благополучия возникло резкое ухудшение состояния с появлением симптоматики повышенного внутричерепного давления в виде тошноты и рвоты. По данным МРТ выявлены множественные гемангиобластомы в задней черепной ямке и шейном отделе спинного мозга. Проведено удаление двух узлов в левой гемисфере мозжечка, с последующим радиохирургическим лечением на линейном ускорителе Кибер-нож семи очагов интракраниальных гемангиобластом (рис. 3, а, б). Через

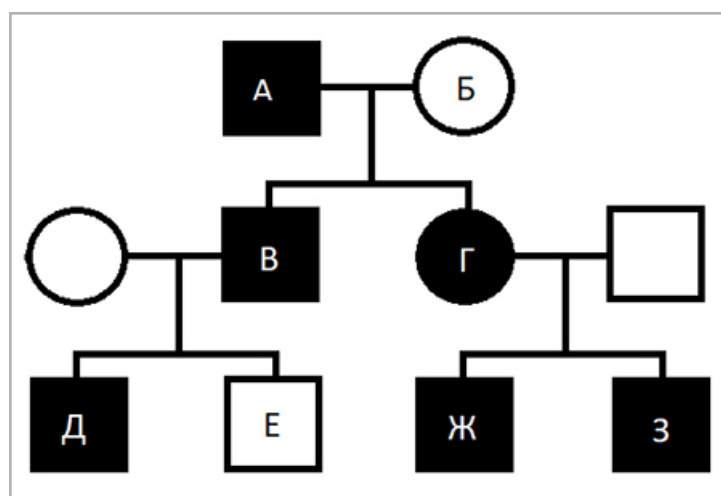


Рис. 2. Генеалогическое древо семьи с болезнью Гиппеля – Линдау. Черным выделены члены семьи с подтвержденной мутацией гена VHL

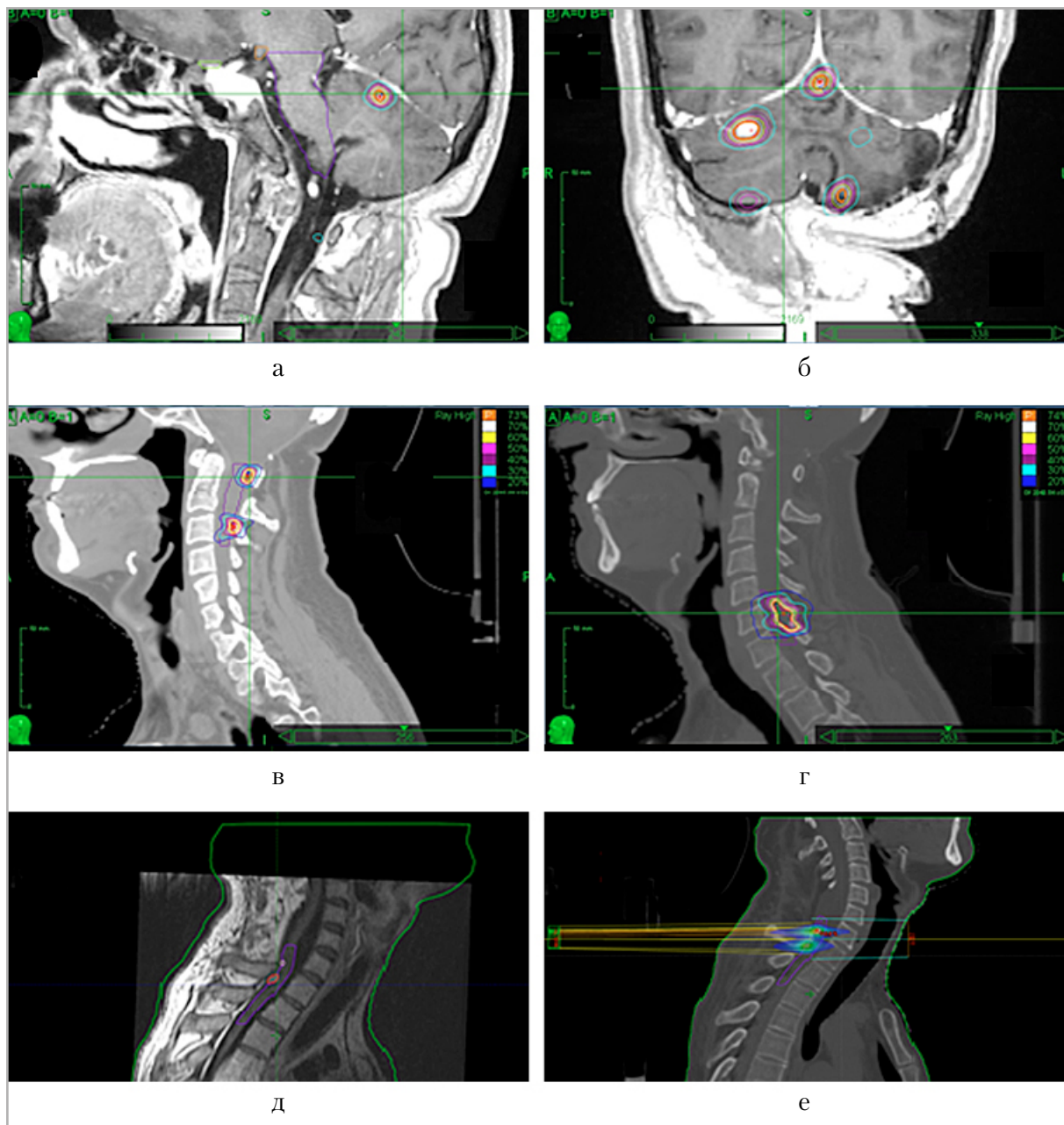


Рис. 3. а, б — план стереотаксической радиохирургии в системе планирования MultiPlan 7 очагов интракраниальных гемангиобластом у пациента В. на аппарате Кибер-нож. Средний опухолевый объем составил  $0,08 \text{ см}^3$  ( $0,03\text{--}0,3 \text{ см}^3$ ), средняя доза составила 20 Гр по 80 % изодозе ( $D_{\text{max}} 22 \text{ Гр}$ ) по данным МРТ в режиме T1 после внутривенного контрастного усиления; в — план стереотаксической радиохирургии трех очагов гемангиобластомы на C1-3 на аппарате Кибер-нож на СКТ в сагиттальной проекции; г — план стереотаксической радиохирургии двух гемангиобластом на уровне 6–7-го шейных позвонков на аппарате Кибер-нож на СКТ в сагиттальной проекции; д, е — топометрическая СКТ. План стереотаксической радиотерапии 3 гемангиобластом на уровне Th1-2 объемами  $0,03$ ,  $0,01$  и  $0,06 \text{ см}^3$  (средняя доза составила 22,5 Гр за 3 фракции с разовой дозой 7,5 Гр), по данным МРТ в режиме T1 после внутривенного контрастного усиления и СКТ

10 месяцев проведено стереотаксическое облучение двух опухолей на уровне 5–6 и 6–7-го шейных позвонков и

3 узлов гемангиобластомы на уровне 1–3-го шейных позвонков (рис. 3, в, г). При обследовании у пациента выявляе-

ны множественные опухоли в почках и поджелудочной железе. По данным контрольных МРТ всех отделов ЦНС через 12 месяцев после облучения при сохраняющемся контроле опухолевого роста ранее облученных очагов отмечен рост гемангиобластом на верхне-грудном отделе спинного мозга. Через 6 месяцев отмечено нарастание неврологической симптоматики, связанной с наиболее крупным очагом на уровне 1-го грудного позвонка. Произведено его удаление. Через 2 года проведено стереотаксическое облучение в режиме гипофракционирования на линейном ускорителе TrueBeam STX трех гемангиобластом на уровне 1–2-го грудных позвонков (рис. 3, з, д).

Пациент В. имеет двух сыновей. Старший ребенок (пациента Д.) был обследован в связи с головной болью в возрасте 12 лет. По данным МРТ головного мозга выявлены две гемангиобластомы в области левой гемисферы мозжечка. Выполнено удаление крупной кистозной гемангиобластомы и через 6 месяцев проведена стереотаксическая радиохирургия гемангиобластомы мозжечка (рис. 4).

У пациентки Г., сестра пациента В., заболевание манифестировало в воз-

расте 25 лет, когда было отмечено быстро развивающееся снижение остроты зрения. Был диагностирован «ангиоматоз сетчатки» обоих глаз. Проведена энуклеация правого глаза; вследствие отслойки сетчатки левого глаза развился амавроз. Также у пациентки обнаружены множественные кисты в поджелудочной железе. Через год появились жалобы на головные боли, тошноту, нарушение координации. По данным МРТ головного мозга выявлено объемное образование мозжечка, проведено удаление опухоли. Через 8 лет при контрольном обследовании отмечен рост нескольких гемангиобластом мозжечка и признаки повышенного внутричерепного давления. Проведено удаление гемангиобластомы краниовертебрального перехода и левой гемисферы мозжечка, а также радиохирургия шести интракраниальных опухолей на линейном ускорителе Кибер-нож (рис. 5, а, б, в, г). Следующим этапом проведено стереотаксическое облучение гемангиобластомы на уровне 7-го шейного позвонка. Через 2 года после облучения опухолей отмечен контроль опухолевого роста (рис. 5, д, е, ж, з).

Было рекомендовано дополнительное обследование детей пациентки Г.

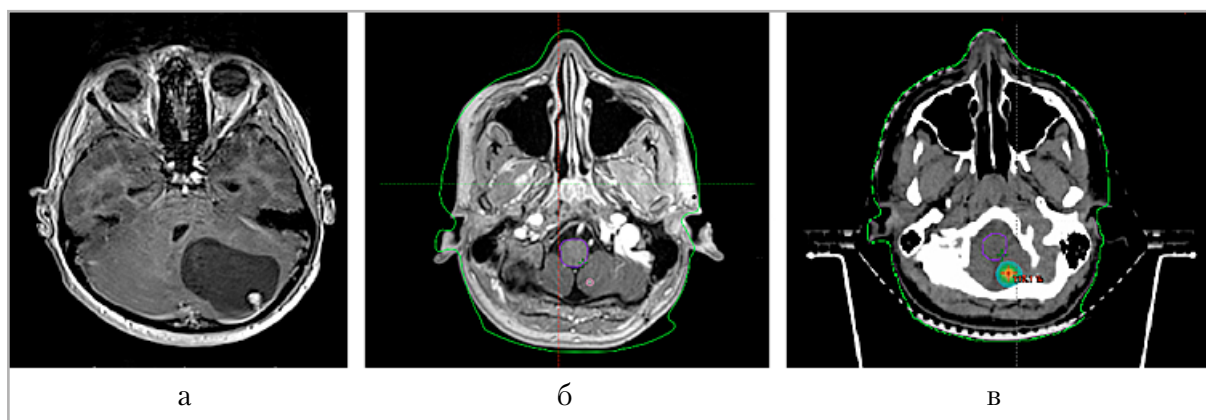


Рис. 4. а — МРТ в режиме T1 после внутривенного контрастного усиления у пациента Д. до микрохирургического удаления кистозной гемангиобластомы левой гемисферы мозжечка; б — МРТ головного мозга в режиме T1 после внутривенного контрастного усиления после оперативного лечения; в — план стереотаксической радиохирургии в системе планирования Eclipse на линейном ускорителе TrueBeam STX гемангиобластомы в левой гемисфере мозжечка у пациента объемом 0,1 см<sup>3</sup>

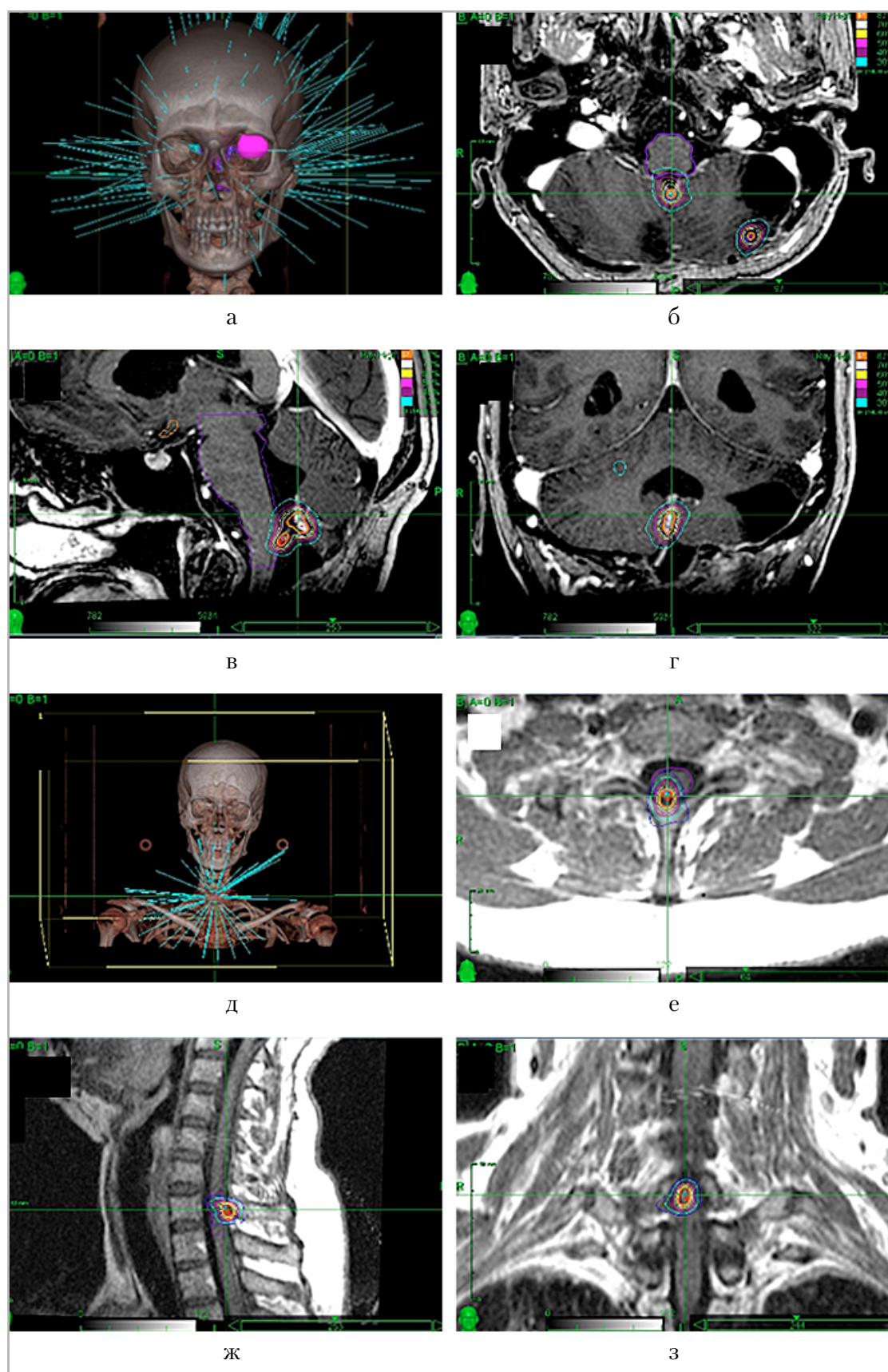


Рис. 5. План стереотаксического облучения в системе планирования MultiPlan в режиме РХ шести интракраниальных гемангиобластом на аппарате Кибер-нож (а–з); стереотаксическое облучение гемангиобластомы на уровне С7 объемом 0,031 см<sup>3</sup> на аппарате Кибер-нож. Средняя доза 19 Гр по 76 % изодозе ( $D_{\max}$  20,9 Гр) (д–з)

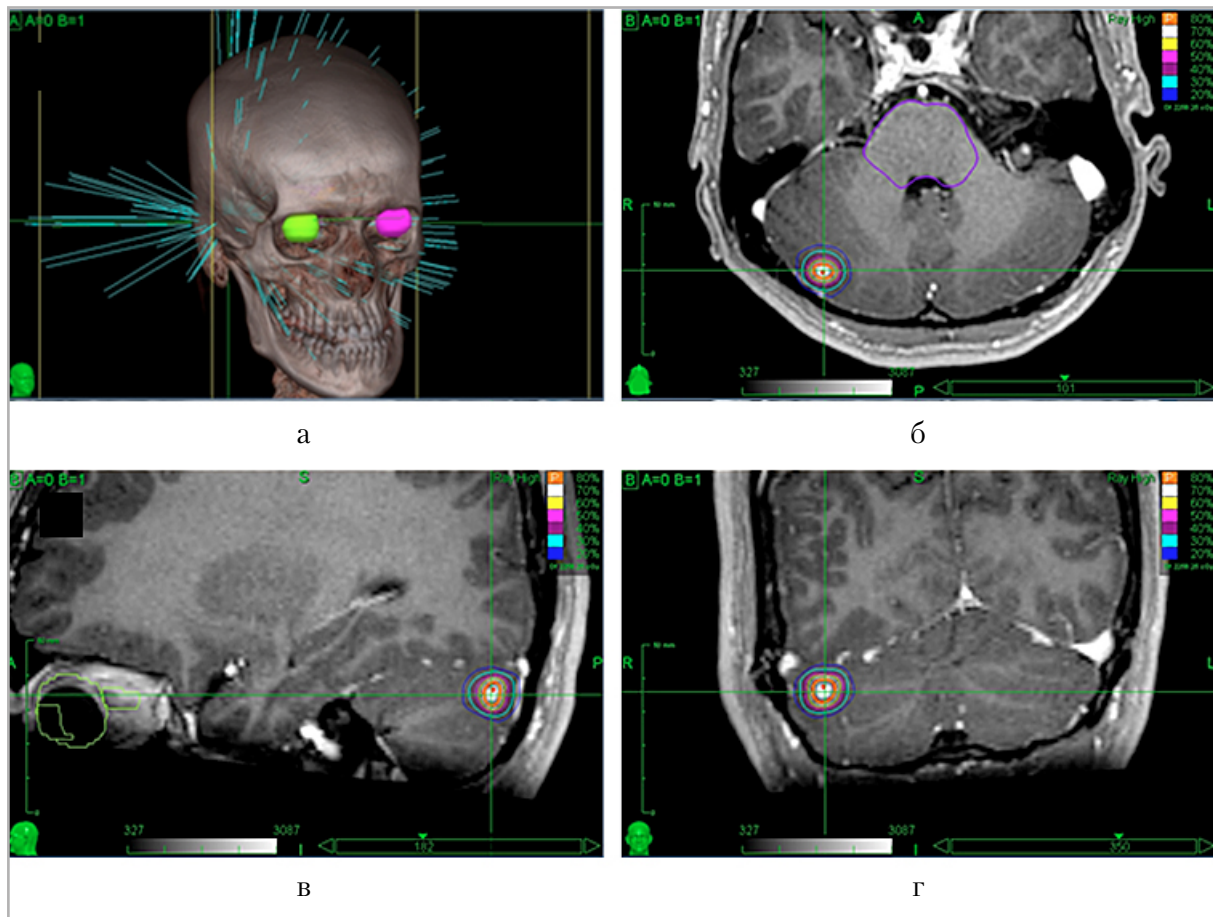


Рис. 6. *a* — план стереотаксической радиохирургии у пациента Ж. в системе планирования MulptiPlan гемангиобластомы в правой гемисфере мозжечка объемом 0,119 см<sup>3</sup> (средняя доза составила 20 Гр по 80 % изодозной линии D<sub>max</sub> 22,5) Гр на ЛУЭ Кибер-нож; *б, в, г* — гемангиобластома в правой гемисфере мозжечка по данным МРТ в режиме T1 после внутривенного контрастного усиления в аксиальной, фронтальной и сагиттальной проекциях

У ее сына, пациента Ж., в возрасте 24 лет выявлены две гемангиобластомы: в правой гемисфере мозжечка и на уровне Th6. Проведено радиохирургическое лечение узла ГАБ в правой гемисфере мозжечка (рис. 6) и очага опухоли на уровне Th6. Через 1,5 года после облучения отмечен контроль опухолевого роста очагов гемангиобластомы и регресс перифокального отека в правой гемисфере мозжечка.

У младшего сына пациентки Г. — пациента З. выявлены множественные гемангиобластомы головного и спинного мозга с явлениями сирингомиелии. Проведено микрохирургическое удаление объемного образования в области 4-го желудочка. Через 6 месяцев прове-

дено стереотаксическое облучение семи интракраниальных гемангиобластом на аппарате Кибер-нож (рис. 7). По данным контрольной МРТ головного мозга через 2 года после облучения отмечается контроль опухолевого роста всех пролеченных очагов.

Таким образом, у всех описанных пациентов была выявлена генетически подтвержденная БГЛ. Раннее выявление новых очагов гемангиобластомы в каждом конкретном случае позволяет своевременно провести стереотаксическое облучение различной локализации с убедительным контролем опухолевого роста на протяжении всего времени наблюдения без лучевых осложнений.

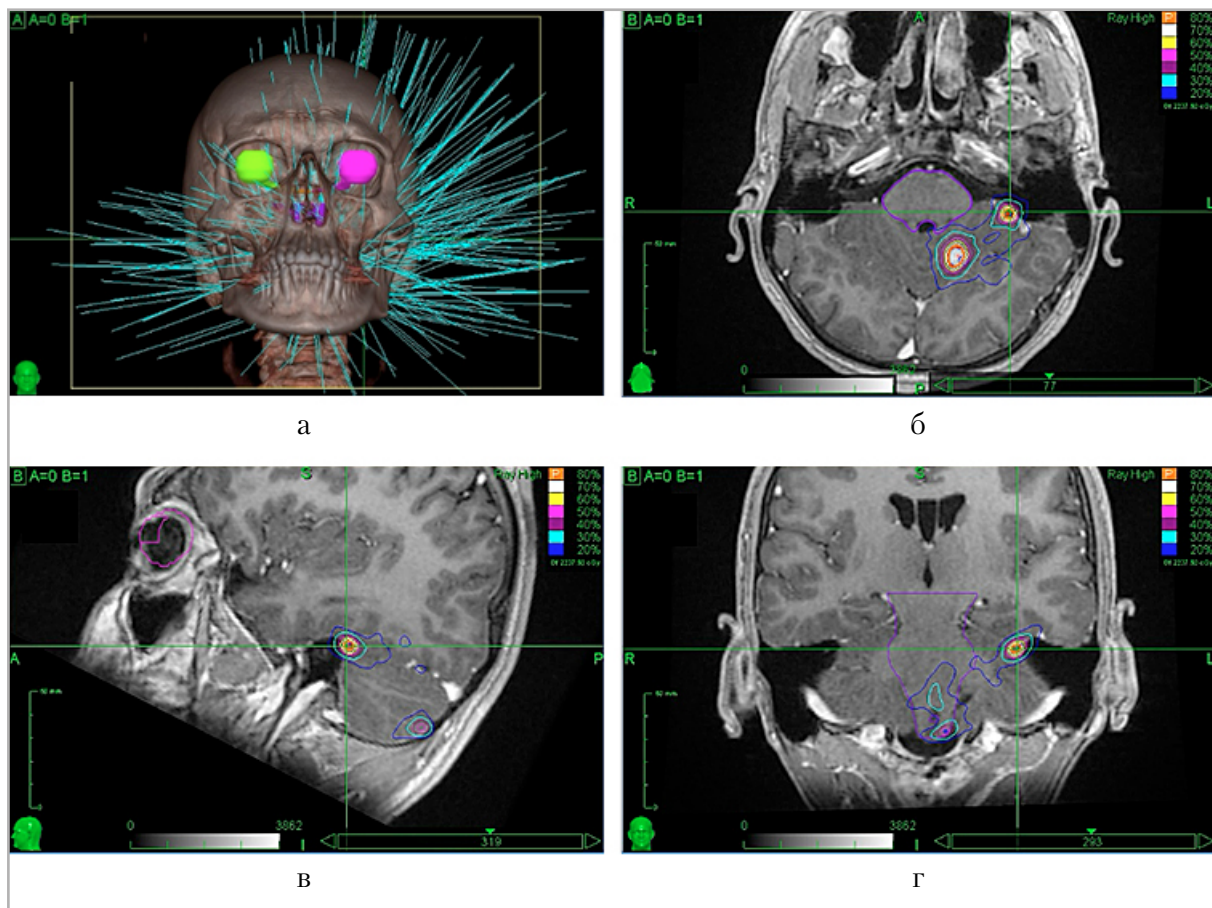


Рис. 7. а — план стереотаксической радиохирургии в системе планирования MulptiPlan семи очагов интракраниальной гемангиобластомы у пациента 3. на аппарате Кибер-нож, со средним опухолевым объемом 0,117 см<sup>3</sup> (0,019–0,0433 см<sup>3</sup>) и средней дозой 20 Гр по 80 % изодозе; б, в, г — гемангиобластомы в левой гемисфере мозжечка по данным МРТ в режиме T1 после внутривенного контрастного усиления в аксиальной, фронтальной и сагиттальной проекциях

## Заключение

Стереотаксическое облучение является методом выбора при гемангиобластомах, особенно при раннем выявлении относительно небольших очагов, в том числе при множественном их характере, поскольку позволяет проводить облучение с высокой степенью эффективности при незначительной токсичности, что особенно важно при минимально выраженной симптоматике и у пациентов детского возраста. Тщательный сбор семейного анамнеза, генетическое и рентгенологическое обследование, проводимое системно и правильно, мониторинг пациентов с БГЛ позволят своевременно установить правильный

диагноз и более широко использовать метод стереотаксического облучения, что ведет к сохранению качества и увеличению продолжительности жизни у пациентов с болезнью Гиппеля — Линдау и спорадическими гемангиобластомами.

## Список источников/ References

1. Maher E. R., Neumann H. P., Richard S. Von Hippel-Lindau disease: a clinical and scientific review. *Eur. J. Hum. Genet.* 2011;19(6):617-623. <https://doi.org/10.1038/ejhg.2010.175>
2. Gossage L., Eisen T., Maher E. R. VHL, the story of a tumour suppressor gene. *Nat. Rev. Cancer.* 2015;15(1):55-64.

3. Zhou B., Wang J., Liu S., Peng X., Hong B., Zhou J., Ma K., Zhang J., Cai L., Gong K. Hemangioblastoma Instead of Renal Cell Carcinoma Plays a Major Role in the Unfavorable Overall Survival of Von Hippel-Lindau Disease Patients. *Front. Oncol.* 2019;9:1037. <https://doi.org/10.3389/fonc.2019.01037>
4. Wang J.-Y., Peng S.-H., Li T., Ning X.-H., Liu S.-J., Hong B.-A., Liu J.-Y., Wu P.-J., Zhou B.-W., Zhou J.-C., Qi N.-N., Peng X., Zhang, J.-F., Ma K.-F., Cai L., Gong K. Risk factors for survival in patients with von Hippel-Lindau disease. *J. Med. Genet.* 2018;55(5):322-328. <https://doi.org/10.1136/jmedgenet-2017-104995>
5. Maher E. R., Yates J. R., Harries R., Benjamin C., Harris R., Moore A. T. Ferguson-Smith M. A. Clinical features and natural history of von Hippel-Lindau disease. *Q. J. Med.* 1990;77:1151-1163
6. Murro V., Lippera M., Mucciolo D. P., Canu L., Ercolino T., De Filipo G., Giorgio D., Traficante G., Sodi A., Virgili G., Gian-santi F. Outcome and genetic analysis of patients affected by retinal capillary hemangioblastoma in von Hippel Lindau syndrome. *Mol. Vis.* 2021;27:542-554.
7. Gläsker S., Vergauwen E., Koch C. A., Kutikov A., Vortmeyer A. Von Hippel-Lindau disease: current challenges and future prospects. *Onco. Targets. Ther.* 2020;13:5669-5690. <https://doi.org/10.2147/OTT.S190753>
8. Conway J. E., Chou D., Clatterbuck R. E., Brem H., Long D. M., Rigamonti D. Hemangio- blastomas of the central nervous system in von Hippel-Lindau syndrome and sporadic disease. *Neurosurg.* 2001;48:55-62 (discussion 62–63). <https://doi.org/10.1097/00006123-200101000-00009>
9. Ammerman J. M., Lonser R. R., Dambrosia J., Butman J. A., Oldfield E. H. Long-term natural history of hemangioblastomas in patients with von Hippel-Lindau disease: implications for treatment. *J. Neurosurg.* 2006;105(2):248-255. <https://doi.org/10.3171/jns.2006.105.2.248>
10. Sánchez-Ortega J. F., Claramonte M., Martín M., Calatayud-Pérez J. Sporadic supratentorial hemangioblastoma with meningeal affection: A case report and literature review. *Surgical neurol.international.* 2021;12:394. [https://doi.org/10.25259/SNI\\_441\\_2021](https://doi.org/10.25259/SNI_441_2021)
11. Lestrovaya A. I., Golanov A. V., Zolotova S. V., Antipina N. A., Kuznetsova A. S. Stereotactic irradiation for optic nerve hemangioblastoma associated with Von Hippel – Lindau disease: a case report and literature review. *Zhurnal Voprosy Neurokhirurgii Imeni N. N. Burdenko.* 2023;87(5):78-84. (In Russ., In Engl.). <https://doi.org/10.17116/neiro20238705178>
12. Lonser R. R., Butman J. A., Huntoon K., Asthagiri A. R., Wu T., Bakhtian K. D., Chew E. Y., Zhuang Z., Linehan W. M., Oldfield E. H. Prospective natural history study of central nervous system hemangioblastomas in von Hippel-Lindau disease. *J. of Neurosurg.* 2014; 120(5):1055-1062. <https://doi.org/10.3171/2014.1.JNS131431>
13. Furness H., Salfity L., Devereux J., Halliday D., Hanson H., Ruddy D. M., Uk Vhl Study Group, Shah N., Sultana G., Woodward E. R., Sandford R. N., Snape K. M., Maher E. R. (2021): Investigation and Management of Apparently Sporadic Central Nervous System Haemangioblastoma for Evidence of Von Hippel – Lindau Disease. *Genes. (Basel).* 2021; 12(9):1414 <https://doi.org/10.3390/genes12091414>
14. Ong K. R., Woodward E. R., Killick P., Lim C., Macdonald F., Maher E. R. Genotype-phenotype correlations in von Hippel – Lindau disease. *Hum. Mutat.* 2007;28 (2):143-149. <https://doi.org/10.1002/humu.20385>
15. Matsumoto M., Kodama N., Endo Y., Sakuma J., Suzuki K., Sasaki T., Murakami K., Suzuki K., Katakura T., Shishido F. Dynamic 3D-CT angiography. *Am. J. Neuroradiol.* 2007;28:299-304.
16. Zhiye C., Mengqi L., Shengyuan Y., Lin M. Multi-parametric MRI Diagnoses

- Cerebellar Hemangioblastoma: A Case Report [J]. *Chin. Med. Sciences J.* 2018; 33(3):188-193. <https://doi.org/10.24920/31804>
17. Ordookhanian C., Kaloostian P. E., Ghostine S. S., Spiess P. E., Etame A. B. Management Strategies and Outcomes for VHL-related Craniospinal Hemangioblastomas. *J. Kidney Cancer VHL.* 2017;4(3):37-44. <https://doi.org/10.15586/jkcvhl.2017.90>
18. Wanebo J. E., Lonser R. R., Glenn G. M., Oldfield E. H. (2003): The natural history of hemangioblastomas of the central nervous system in patients with von Hippel-Lindau disease. *J. of Neurosurg.* 2003;98(1):82-94. <https://doi.org/10.3171/jns.2003.98.1.0082>
19. Huntoon K., Wu T., Elder J. B., Butman J. A., Chew E. Y., Linehan W. M., Oldfield E. H., Lonser R. R. (2016) Biological and clinical impact of hemangioblastoma-associated peritumoral cysts in von Hippel-Lindau disease. *J. Neurosurg.* 2016; 124:971-976. <https://doi.org/10.3171/2015.4.JNS1533>
20. Ordookhanian C., Kaloostian P. E., Ghostine S. S., Spiess P. E., Etame A. B. Management Strategies and Outcomes for VHL-related Craniospinal Hemangioblastomas. *J. Kidney Cancer VHL.* 2017;4(3):37-44. <https://doi.org/10.15586/jkcvhl.2017.90>
21. Ma K., Hong B., Zhou J., Gong Y., Wang J., Liu S., Peng X., Zhou B., Zhang J., Xie H., Zhang K., Li L., Cai D., Wang Z., Cai L., Gong K. The Efficacy and Safety of Tyrosine Kinase Inhibitors for Von Hippel-Lindau Disease: A Retrospective Study of 32 Patients. *Front. Oncol.* 2019;9:1122. <https://doi.org/10.3389/fonc.2019.01122>
22. Wanebo J. E., Lonser R. R., Glenn G. M., Oldfield E. H. The natural history of hemangioblastomas of the central nervous system in patients with von Hippel-Lindau disease. *J. of neurosurg.* 2003;98(1):82-94. <https://doi.org/10.3171/jns.2003.98.1.0082>
23. Prokopienko M., Kunert P., Podgórska A., Marchel A. Surgical treatment of sporadic and von Hippel-Lindau syndrome-associated intramedullary hemangioblastomas. *Neurol. Neurochir. Pol.* 2016; 50(5):349-355. <https://doi.org/10.1016/j.pjnns.2016.06.003>
24. VHL ALLIANCE (2020): Active Surveillance Guidelines. Available online at <https://www.vhl.org/wp-content/uploads/2020/10/Active-Surveillance-Guidelines-2020.pdf>
25. Golanov A. V., Antipina N. A., Kostjuchenko V. V., Trunin Yu. Yu., Krasnyansky S. A., Kozlov A. V., Usachev D. Yu. Changes in treatment paradigm for neurosurgical patients in the era of stereotactic irradiation. By the 15th anniversary of the Neurosurgery in Russia. *Zhurnal Voprosy Neurokhirurgii Imeni N. N. Burdenko.* 2021;85(5):48-54. (In Russ., In Engl.) <https://doi.org/10.17116/neiro202185051>
26. Patrice S. J., Sneed P. K., Flickinger J. C., Shrieve D. C., Pollock B. E., Alexander 3-rd E., Larson D. A., Kondziolka D. S., Gutin P. H., Wara W. M., McDermott M. W., Lunsford L. D., Loeffler J. S. Radiosurgery for hemangioblastoma: results of a multiinstitutional experience. *J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.* 1996;35:493-499.
27. Wang E-M., Pan L, Wang B-J., Zhang N., Zhou L-F, Dong Y-F, Dai J-Z., Cai P-W., Chen H. The long-term results of gamma knife radiosurgery for hemangioblastomas of the brain. *J. Neurosurg.* 2005;102:225-229.
28. Tago M., Terahara A., Shin M., Maryama K., Kurita H., Nakagawa K., Ohtomo K. Gamma knife surgery for hemangioblastomas. *J. Neurosurg.* 2005;102:171-174.
29. Kano H., Niranjana A., Mongia S., Kondziolka D., Flickinger J. C., Lunsford L. D. The role of stereotactic radiosurgery for intracranial hemangioblastomas. *Neurosurgery.* 2008;63(3):443-451. <https://doi.org/10.1227/01.NEU.0000313120.81565.D7>

30. Sayer F. T., Nguyen J., Starke R. M., Yen C. P., Sheehan J. P. Gamma knife radiosurgery for intracranial hemangioblastomas outcome at 3 years. *World Neurosurg.* 2011;75(1):99-105 (discussion 45–8). <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2010.09.032>
31. Kano H., Shuto T., Iwai Y., Sheehan J., Yamamoto M., McBride H. L., Sato M., Serizawa T., Yomo S., Moriki A., Kohda Y., Young D., Suzuki S., Kenai H., Duma C., Kikuchi Y., Mathieu D., Akabane A., Nagano O., Kondziolka D., Lunsford L. D. Stereotactic radiosurgery for intracranial hemangioblastomas: a retrospective international outcome study. *J. of Neurosurg.* 2015;122(6):1469-1478. <https://doi.org/10.3171/2014.10.JNS131602>
32. Liebenow B., Tatter A., Dezarn W. A., Isom S., Chan M. D., Tatter S. B. Gamma Knife stereotactic radiosurgery favorably changes the clinical course of hemangioblastoma growth in von Hippel-Lindau and sporadic patients. *J. Neuro-oncol.* 2019;142:471-8. <https://doi.org/10.1007/s11060-019-03118-x>
33. Zibly Z., Cohen Z. R., Peled A., Zach L., Nissim U., Attia M., Graves C., Camphausen K., Spiegelman R. Linear accelerator stereotactic radiosurgery can modulate the clinical course of Hemangioblastoma: case series and review of the literature. *J. Clin. Neurosci.* 2020;82:162-165. <https://doi.org/10.1016/j.jocn.2020.09.026>
34. Qiu J., Cai D., Yang F., Zhou J., Gong Y., Cai L., Gong K. Stereotactic radiosurgery for central nervous system hemangioblastoma in von Hippel-Lindau disease: A systematic review and meta-analysis. *Clin. Neurol. and Neurosurg.* 2020;195:105912. <https://doi.org/10.1016/j.clineuro.2020.105912>
35. Pan J., Jabarkheel R., Huang Y., Ho A., Chang S. D. Stereotactic radiosurgery for central nervous system hemangioblastoma: systematic review and meta-analysis. *J. Neurooncol.* 2018;137(1):11-22. <https://doi.org/10.1007/s11060-017-2697-0>

## Сведения об авторах / Information about the authors

**Лестровая Арина Игоревна**, врач-радиотерапевт ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н. Н. Бурденко» Минздрава России, Москва, Россия.

125047, Москва, ул. 4-я Тверская-Ямская, 16.

+7 (916) 196-65-10

Вклад автора: разработка дизайна исследования; анализ полученных данных; оформление статьи; написание текста рукописи, редакция текста.

**Lestrovaya Arina Igorevna**, radiotherapist N. N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery of the Ministry of Healthcare of the Russia, Moscow, Russia.

16, st. 4-ya Tverskaya-Yamskaya, Moscow, 125047, Russia.

+7 (916) 196-65-10

Contribution of the author: study design development; obtaining data for analysis, analysis of the received data; writing the text of the manuscript; text revision; article design.

**Пронин Игорь Николаевич**, доктор медицинских наук, профессор, академик РАН, ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н. Н. Бурденко» Минздрава России, Москва, Россия.

125047, Москва, ул. 4-я Тверская-Ямская, 16.

+7 (916) 651-17-56

Вклад автора: обзор публикаций по теме статьи, редакция текста.

**Pronin Igor Nikolaevich**, MD, Ph. D, professor, N. N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery of the Ministry of Healthcare of the Russia, Moscow, Russia.

16, st. 4-ya Tverskaya-Yamskaya, Moscow, 125047, Russia.

+7 (916) 651-17-56

Contribution of the author: review of publications on the topic of the article; text revision.

**Голанов Андрей Владимирович**, доктор медицинских наук, профессор, член-корреспондент РАН, ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н. Н. Бурденко» Минздрава России, Москва, Россия.  
125047, Москва, ул. 4-я Тверская-Ямская, 16.  
+7 (903) 960-87-73  
Вклад автора: обзор публикаций по теме статьи, редакция текста.

**Golanov Andrey Vladimirovich**, MD, Ph. D, professor, N. N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery of the Ministry of Healthcare of the Russia, Moscow, Russia.  
16, st. 4-ya Tverskaya-Yamskaya, Moscow, 125047, Russia.  
+7 (903) 960-87-73  
Contribution of the author: article design, analysis of the received data writing the text of the manuscript; text revision.

**Баталов Артем Игоревич**, кандидат медицинских наук, ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н. Н. Бурденко» Минздрава России, Москва, Россия.  
125047, Москва, ул. 4-я Тверская-Ямская, 16.  
+7 (916) 066-20-50  
Вклад автора: получение данных для анализа, анализ полученных данных.

**Batalov Artem Igorevich**, Ph. D, N. N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery of the Ministry of Healthcare of the Russia, Moscow, Russia.  
16, st. 4-ya Tverskaya-Yamskaya, Moscow, 125047, Russia.  
+7 (916) 066-20-50  
Contribution of the author: obtaining data for analysis, analysis of the received data.

**Антипина Наталия Анатольевна**, медицинский физик ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н. Н. Бурденко» Минздрава России, Москва, Россия.  
125047, Москва, ул. 4-я Тверская-Ямская, 16.  
+7 (903) 774-48-39  
Вклад автора: получение данных для анализа, анализ полученных данных.

**Antipina Natalia Anatolievna**, medical physicist N. N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery of the Ministry of Healthcare of the Russia, Moscow, Russia.  
16, st. 4-ya Tverskaya-Yamskaya, Moscow, 125047, Russia.  
+9 (037) 74-48-39  
Contribution of the author: obtaining data for analysis, analysis of the received data.

**Данилина Ирина Игоревна**, медицинский физик ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н. Н. Бурденко» Минздрава России, Москва, Россия.  
125047, Москва, ул. 4-я Тверская-Ямская, 16.  
+7 (915) 876-86-08  
Вклад автора: обзор публикаций по теме статьи, редакция текста, оформление статьи.

**Danilina Irina Igorevna**, medical physicist N. N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery of the Ministry of Healthcare of the Russia, Moscow, Russia.  
16, st. 4-ya Tverskaya-Yamskaya, Moscow, 125047, Russia.  
+7 (915) 876-86-08  
Contribution of the author: review of publications on the topic of the article, article design.

Статья поступила в редакцию 18.10.2023;  
одобрена после рецензирования 25.01.2024;  
принята к публикации 25.01.2024.

The article was submitted 18.10.2023;  
approved after reviewing 25.01.2024;  
accepted for publication 25.01.2024.



**МТЛ**<sup>®</sup>  
МЕДИЦИНСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

Реклама. АО «МТЛ»  
erid:LatgC6CXA



МТЛ — ведущий отечественный разработчик и производитель инновационного высокотехнологичного цифрового рентгеновского медицинского оборудования.

Разработка | Производство | Сервис



ISO 13485:2016

#### МТЛ сегодня :

- Системообразующее предприятие Минпромторга России
- Надежный производитель по итогам конкурса Росздравнадзора за 2023 год
- 10 000 м<sup>2</sup> производственных площадей
- 9 000 единиц медицинского оборудования, работающего в клиниках страны под маркой МТЛ
- 64 сертифицированных региональных сервисных центра



## ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

Оригинальная статья

УДК 616 -006.04

<https://doi.org/10.52560/2713-0118-2024-2-73-89>

# Мультипараметрическая количественная МР-оценка изменения содержания миелина головного мозга после первого курса химиотерапии

Владислав Павлович Бондаренко<sup>1</sup>, Дмитрий Алексеевич Куприянов<sup>2</sup>,  
Антон Владимирович Артемов<sup>3</sup>, Галина Викторовна Терещенко<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> ФГБУ «НМИЦ ДГОИ им. Дмитрия Рогачева» Минздрава России, Москва, Россия

<sup>2</sup> ООО «Филипс Здравоохранение», Москва, Россия

<sup>1</sup> vlad-bondr@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3937-8855>

<sup>2</sup> dmitrii.kupriyanov@fccho-moscow.ru, <https://orcid.org/000-0002-5662-896X>

<sup>3</sup> anton.artemov@fccho-moscow.ru, <https://orcid.org/0009-0008-3708-112X>

<sup>4</sup> galina.tereshenko@fccho-moscow.ru <https://orcid.org/000-0001-7317-7104>

Автор, ответственный за переписку: Владислав Павлович Бондаренко,  
vlad-bondr@yandex.ru

### Резюме

**Цель исследования:** количественная оценка раннего изменения содержания миелина головного мозга после первого курса химиотерапии.

**Методы исследования.** До и после первого курса химиотерапии были получены карты T1- и T2-релаксации, а также карты распределения миелина методиками расчета фракции миелиновой воды (MWF) и фракции макромолекулярных протонов (MPF) головного мозга у 6 пациентов (средний возраст —  $13,7 \pm 2,4$  года). Исследование проводилось с помощью МР-томографа с напряженностью поля 3 Тл. Статистическая обработка данных проводилась в программе GraphPad Prism.

**Результаты.** Выявлен параллельный рост значений MPF и T2 в таламусах и белом веществе затылочных долей головного мозга, в то же время увеличение MWF значений в мозжечке и уменьшение в белом веществе лобных долей. Для значений T1 значимых изменений обнаружено не было.

**Обсуждение.** В результате настоящего исследования выявлены структуры головного мозга, на которых в первую очередь отражается лечение токсическими препаратами, — белое вещество лобных долей головного мозга и мозжечок. В белом веществе лобных долей снижение MWF указывает на процесс демиелинизации. Наблюдаемый

© Бондаренко В. П., Куприянов Д. А., Артемов А. В., Терещенко Г. В., 2024

рост значений MWF в мозжечке может обуславливаться либо процессами ремиелинизации, либо неполным очищением макрофагами скопления миелиновых остатков в месте дегенерации.

**Заключение.** Полученные в ходе работы результаты продемонстрировали, что потенциальным биомаркером ранних проявлений нейротоксичности могут служить значения MWF. Показатель MPF, более чувствительный к отеку вещества головного мозга, может быть предиктором демиелинизации.

**Ключевые слова:** количественная МРТ, MPF-картирование, MWF-картирование, нейротоксичность, химиотерапия, миелин

**Для цитирования:** Бондаренко В. П., Куприянов Д. А., Артемов А. В., Терещенко Г. В. Мультипараметрическая количественная МР-оценка изменения содержания миелина головного мозга после первого курса химиотерапии // Радиология — практика. 2024;2:73-89. <https://doi.org/10.52560/2713-0118-2024-2-73-89>

### Источники финансирования

Исследование финансировалось грантом РНФ 24-25-00398 «Количественная оценка процесса демиелинизации при проведении химиотерапии у детей с помощью МРТ».

### Благодарности

Авторы выражают благодарность Василию Леонидовичу Ярных за оказанную помощь при проведении MPF-картирования и обработке результатов.

### Конфликт интересов

Авторы заявляют, что данная работа, ее тема, предмет и содержание не затрагивают конкурирующих интересов. Мнения, изложенные в статье, принадлежат авторам рукописи. Авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

### Соответствие принципам этики

Работа соответствует этическим нормам Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека» с поправками 2008 года и «Правилами клинической практики в Российской Федерации», утвержденными Приказом Минздрава РФ от 19.06.2003.

## ORIGINAL RESEARCH

Original research

# Multiparametric Quantitative MRI Evaluation of Changes in Brain Myelin Content after the First Course of Chemotherapy

Vladislav P. Bondarenko<sup>1</sup>, Dmitrii A. Kupriyanov<sup>2</sup>,  
Anton V. Artemov<sup>3</sup>, Galina V. Tereshchenko<sup>4</sup>

<sup>1, 2, 3, 4</sup> National Medical Research Center of Pediatric Hematology, Oncology and Immunology named after Dmitry Rogachev, Ministry of Healthcare of Russia, Moscow, Russia

<sup>2</sup> LLC Philips Healthcare, Moscow, Russia

<sup>1</sup> vlad-bondr@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3937-8855>

<sup>2</sup> dmitrii.kupriyanov@fccho-moscow.ru, <https://orcid.org/000-0002-5662-896X>

<sup>3</sup> anton.artemov@fccho-moscow.ru, <https://orcid.org/0009-0008-3708-112X>

<sup>4</sup> galina.tereshenko@fccho-moscow.ru <https://orcid.org/000-0001-7317-7104>

Corresponding author: Vladislav P. Bondarenko, vlad-bondr@yandex.ru

## Abstract

**Objective.** Quantitative assessment of changes in brain myelin content after the first course of chemotherapy

**Materials and Methods.** T1 and T2 maps as well as myelin water fraction (MWF) and macromolecular proton fraction (MPF) maps, reflecting myelin content, were acquired in 6 patients (mean age –  $13.7 \pm 2.4$  years) before and after the first course of chemotherapy. The study was carried out using on 3T MRI scanner. Statistical data processing was carried out using the GraphPad Prism.

**Results.** MPF and T2 values showed an increase in the thalamus and white matter of the occipital lobes of the brain, while MWF values showed an increase in the cerebellum and a decline in the white matter of the frontal lobes. Significant changes were not found for T1 values.

**Discussion.** According to MWF the structures of the brain which are primarily affected by treatment with toxic drugs – the white matter of the frontal lobes and the cerebellum, were revealed. MWF values decreasing in the white matter of the frontal lobes may indicate the process of demyelination in this area, while increased MWF values in the cerebellum could be caused either by remyelination processes or by incomplete cleansing of myelin residues accumulation by macrophages at the site of degeneration.

**Conclusion.** The results obtained demonstrated high potential of MWF values serve as early changes biomarker of neurotoxicity after the chemotherapy treatment. Along with this, the MPF index, which is more sensitive to cerebral edema, may be a predictor of demyelination.

**Keywords:** quantitative MRI, MPF, MWF, neurotoxicity, chemotherapy, myelin

**For citation:** Bondarenko V. P., Kupriyanov D. A., Artemov A. V., Tereshchenko G. V. Multiparametric quantitative MRI evaluation of changes in brain myelin content after the first course of chemotherapy. *Radiology – Practice*. 2024;2:73-89. (In Russ.). <https://doi.org/10.52560/2713-0118-2024-2-73-89>

## Funding

The study was funded by the Russian Science Foundation grant 24-25-00398 «Quantitative process of demyelination during chemotherapy in children using MRI».

## Acknowledgments

The authors express their gratitude to Vasiliy Leonidovich Yarnykh for his assistance in conducting MPF mapping and processing the results.

## Conflicts of Interest

The authors state that this work, its topic, subject and content do not affect competing interests. The opinions expressed in the article belong to the authors of the manuscript. The authors confirm the compliance of their authorship with the international ICMJE criteria (all authors have made a significant contribution to the development of the concept, the preparation of the article, read and approved the final version before publication).

## Compliance with Ethical Standards

The work complies with the ethical standards of the Helsinki Declaration of the World Medical Association «Ethical Principles of conducting scientific medical research with human participation» as amended in 2008 and the «Rules of Clinical Practice in the Russian Federation» approved by the Order of the Ministry of Health of the Russian Federation dated 06/19/2003.

## Введение

Нейротоксический эффект на центральную и периферическую нервные системы является частым осложнением химиотерапии и отличается разнообразием неврологической симптоматики. Головная боль, судороги, парестезии конечностей, затруднения речи, проявления энцефалопатии — наиболее частые признаки нейротоксичности [1]. Описанные неврологические симптомы могут стать причиной снижения дозы химиопрепарата, увеличения интервалов между курсами и даже прекращения противоопухолевого лечения. В настоящее время диагностика нейротоксичности базируется на клинической симптоматике и ощущениях пациента. К моменту обнаружения побочных эффектов химиотерапии у пациента может возникнуть необратимое повреждение центральной нервной системы (ЦНС). По данным ряда исследований, одной из причин возникновения клинических проявлений нейротоксичности может быть демиелинизация [2–4]. Известно, что в результате токсического воздействия химических препаратов на олигодендроциты может сокращаться синтез миелина. Миелин образует оболочку нервных волокон, отвечающую за электроизоляцию нервных волокон, скорость передачи электрического импульса, защиту их от повреждений и трофику, таким образом, миелин имеет решающее значение для здорового функционирования мозга. Снижение синтеза миелина может привести к замедлению или прекращению передачи сигнала по аксонам. Количественное измерение содержания мие-

лина *in vivo* может быть потенциально перспективным для раннего прогноза развития нейротоксичности и выработки ранней тактики коррекции и лечения осложнений.

Магнитно-резонансная томография (МРТ) является наиболее перспективным методом оценки нейротоксичности благодаря разнообразию МР-последовательностей, позволяющих оценивать не только структурные изменения, но и биофизические, биохимические процессы с помощью количественных параметров. Несколько методик МРТ позволяют неинвазивно проводить оценку содержания миелина в структурах головного мозга. Наиболее распространенными являются метод фракции миелиновой воды (англ. Myelin water fraction, MWF) [5] и метод фракции макромолекулярных протонов (англ. Molecular proton fraction, MPF) [6]. Получение карт распределения MWF основан на мультиэкспоненциальном анализе кривой T2 затухания — протоны водорода, входящие в состав миелина, малоподвижны и имеют существенно более короткие времена T2-релаксации ( $\approx 20$  мс), чем протоны, входящие в состав внутри- и внеклеточной воды других тканей ( $\approx 90$  мс) и спинномозговой жидкости ( $\approx 200$  мс). Методика MPF, в свою очередь, позволяет выделить сигнал, поступающий от протонов, входящих в состав малоподвижных макромолекул (например, входящих в состав белков), посредством явления переноса намагниченности (Magnetization transfer (MT) [7]). В результате данного метода выделяются компоненты сигнала, связанные с MPF клеточных мембран, основная

часть которых в головном мозге содержится именно в миелине [6].

**Цель:** ранняя количественная оценка изменения содержания миелина головного мозга после первого курса химиотерапии.

## Материалы и методы

В исследование были включены 6 детей в возрасте от 9 до 16 лет (средний возраст —  $13,7 \pm 2,4$  года), госпитализированные в НМИЦ ДГОИ им. Рогачева с диагнозами острый лимфобластный лейкоз, саркома Юинга и остеосаркома для прохождения первого терапевтического курса химиотерапии. Критерии исключения из исследования: наличие неврологических заболеваний в анамнезе; видимые структурные изменения мозга, выявленные при первом сканировании; проводимые ранее курсы химиотерапии.

Каждому пациенту был назначен индивидуальный курс химиотерапии, включающий в себя несколько препаратов из следующего списка: винкристин, доксорубицин, циклофосфан, ифосфамид, винкристин, этопозид, дексаметазон, цитозар, метотрексат, циклофосфамид, онкаспар. Законные представители пациентов подписали информированное добровольное согласие на использование получаемых данных в научных целях. Исследование было одобрено этическим комитетом НМИЦ ДГОИ им. Рогачева.

Протокол исследования включал в себя две сессии получения МРТ-изображений: первое обследование МРТ головного мозга проводилось за несколько дней до начала прохождения пациентами курса лечения, а второе — в конце первого курса химиотерапии. Исследование проводилось с использованием МР-томографа Philips Achieva dStream 3.0T (Philips Healthcare, Best, the Netherlands) и 8-канальной приемной РЧ-катушки для головы. Научный протокол исследования включал в себя

получение карт распределения MPF [8] и MWF [9, 10].

MPF-картирование включало в себя получение нескольких изображений — T1- и PD-взвешенные изображения 3D градиентного эха (FA [угол опрокидывания, англ. Flip angle] =  $20^\circ$  и  $3^\circ$  соответственно): TE/TR = 2,3/50 мс; FOV —  $240 \times 240$  мм, 180 срезов толщиной 2 мм с зазором 1 мм; размер воксела —  $1 \times 1 \times 1$  мм; Sense фактор — 1,6 и 1,4 в направлениях AP и RL соответственно; 3D градиентное эхо с дополнительным поднаправляющим импульсом (sinc-импульс с аподизацией по Гауссу длительностью 15 мс, частотой, смещенной на 1,1 кГц от резонансной, и эффективным FA =  $520^\circ$ ) и без него: TE/TR = 2,3/20 мс; FOV —  $240 \times 240$  мм, 180 срезов толщиной 2 мм с зазором 1 мм; размер воксела —  $1 \times 1 \times 1$  мм; Sense фактор — 1,6 и 1,4 в направлениях AP и RL. Карты распределения MPF головного мозга строились с помощью программного обеспечения, предоставленного центру НМИЦ ДГОИ им. Рогачева профессором Ярных В. Л. (Университет Вашингтона, Сиэтл, США, и Томский государственный университет) [8]. Помимо карты MPF данная программа позволила строить карты распределения T1-релаксации.

MWF картирование: последовательность турбо спин-эхо (TSE) с набором 32 TE от 10 до 330 мс с шагом в 10 мс; TR = 8490 мс; FOV —  $230 \times 176$  мм, 40 срезов толщиной 3 мм и зазором 0,2 мм; размер воксела —  $0,9 \times 0,9 \times 3$  мм; Sense фактор — 1,6 и 1,4 в направлениях AP и RL. Из полученных мульти-эхо-изображений MWF и T2 карты восстанавливались в программе NIFTY (NeuroImaging Functional Toolkit) [11]. Общее время MPF и WMF сканирования около 25 минут.

На каждой из четырех полученных карт (T1, T2, MWF, MPF) выделялись двенадцать зон интереса (ROI), как представлено на рис. 1 (слева и справа в белом веществе затылочных, темен-

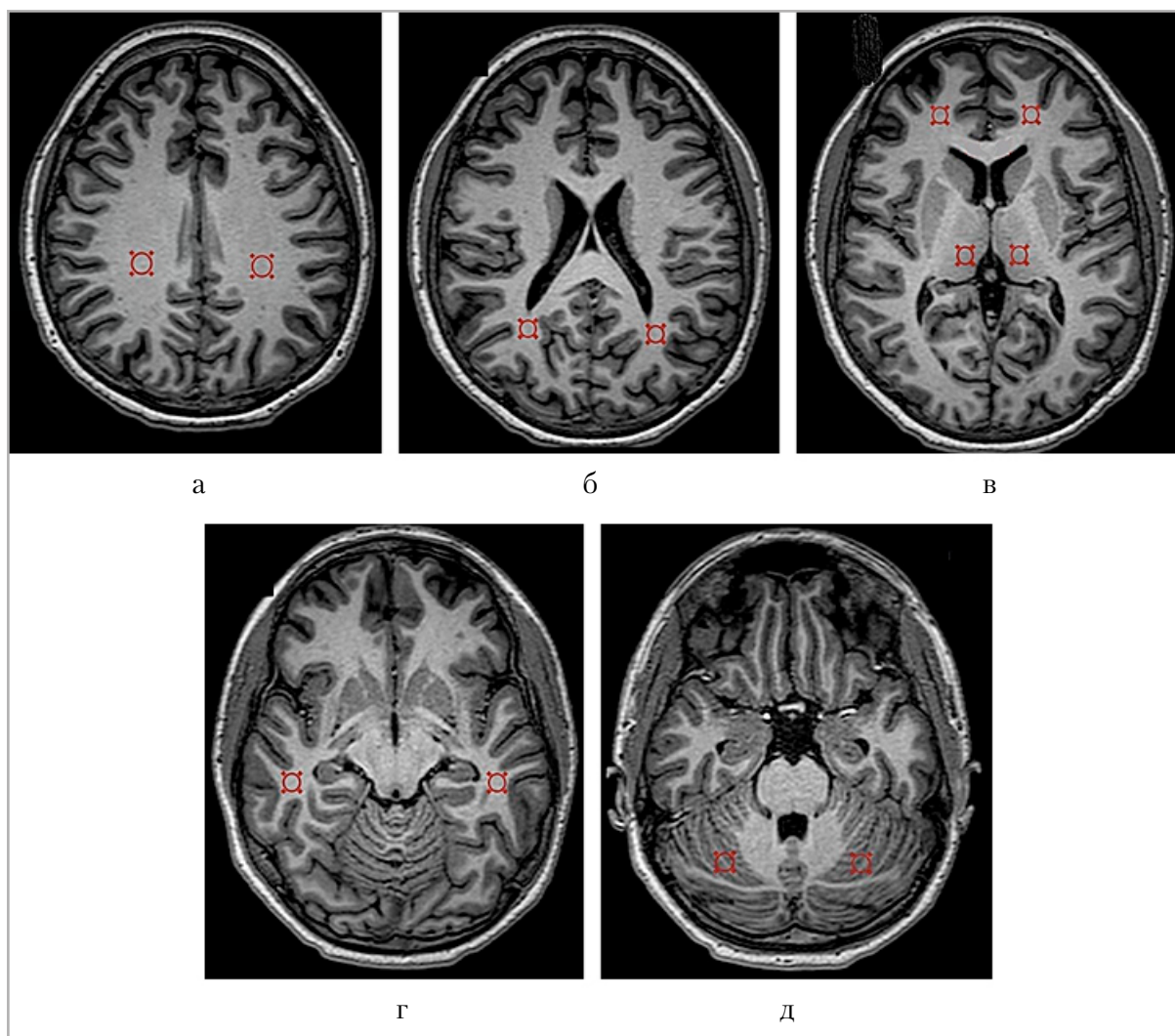


Рис. 1. Примеры ROI, выделенных на T1-взвешенных изображениях. Теменные доли (а), затылочные доли (б), лобные доли (в, *сверху*), таламусы (в, *снизу*), височные доли (г), мозжечок (д)

ных, височных и лобных долей головного мозга, в таламусах и мозжечке).

Для сравнения значений T1, T2, MWF и MPF в различных областях интереса до и после химиотерапии использовался парный критерий Вилкоксона (Wilcoxon matched-pairs signed rank test) для двух зависимых выборок. Значимость критерия в обоих случаях определялась на уровне  $p < 0,05$ . Статистическая обработка данных проводилась в программе GraphPad Prism.

## Результаты

На рис. 2, а–г представлены построенные T1, MPF, T2, MWF карты

пациента с острым лимфобластным лейкозом до начала терапии. Карты MPF и MWF косвенно отображают распределение миелина в головном мозге. Так, к примеру, четко визуализируется контраст между серым и белым веществом головного мозга: миелин преимущественно содержится в белом веществе, что, несомненно, коррелирует с литературными данными.

Значения показателей T1, MPF, T2, MWF после первого курса химиотерапии, измеренные в различных анатомических областях головного мозга, представлены в табл. 1–4. По техническим причинам исследование

MWF и T2-картирование у пациента № 4 выполнено только до начала терапии.

Основные результаты статистического сравнительного анализа значений T1, MPF, T2, MWF после одного курса

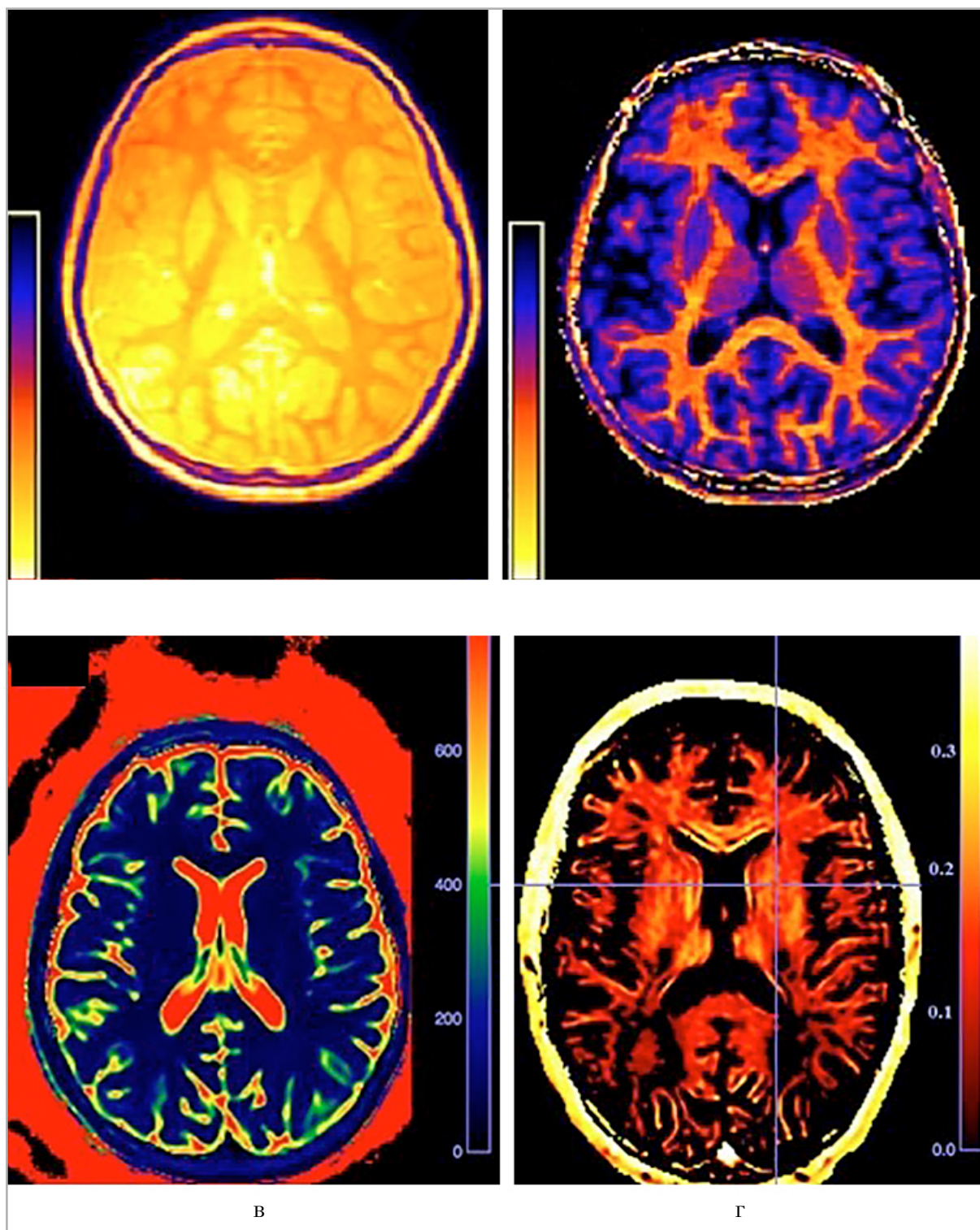


Рис. 2. Пациент Б., 8 лет, диагноз: острый лимфобластный лейкоз. T1, T2, MPF и MWF карты до начала терапии. T1 карта (а) отображает распределение значений продольной релаксации T1. T2 карта (б) отображает распределение значений поперечной релаксации T2. Карты молекулярной протонной фракции (MPF, в) и фракции миелиновой воды (MWF, г) косвенно отображают распределение миелина в головном мозге

Таблица 1

Показатели T1-релаксации в различных отделах головного мозга

| Па-<br>циент | Вре-<br>менная<br>точка<br>изме-<br>рения | Теменные<br>доли |        | Лобные доли |        | Затылочные<br>доли |        | Височные<br>доли |        | Таламусы |        | Мозжечок |        |
|--------------|-------------------------------------------|------------------|--------|-------------|--------|--------------------|--------|------------------|--------|----------|--------|----------|--------|
|              |                                           | L                | R      | L           | R      | L                  | R      | L                | R      | L        | R      | L        | R      |
| 1            | I                                         | 1001,6           | 1004,7 | 1061,4      | 1103,8 | 1023,8             | 1032,2 | 1078,8           | 963,38 | 1374,3   | 1428,8 | 1288,4   | 1346,4 |
|              | II                                        | 927,55           | 979,02 | 1012,8      | 974,5  | 1006,3             | 1028,3 | 973,68           | 962,94 | 1386,7   | 1331,7 | 1613,9   | 1669,6 |
|              | %                                         | -7,39            | -2,56  | -4,58       | -11,71 | -1,71              | -0,38  | -9,74            | -0,05  | 0,90     | -6,80  | 25,26    | 24,00  |
| 2            | I                                         | 1030             | 1057   | 1068        | 1055   | 1021               | 1050   | 1139             | 1132   | 1415     | 1436   | 1742     | 1715   |
|              | II                                        | 1009             | 995    | 1019        | 1011   | 999                | 1043   | 1083             | 1177   | 1523     | 1505   | 1731     | 1593   |
|              | %                                         | -2,04            | -5,87  | -4,59       | -4,17  | -2,15              | -0,67  | -4,92            | 3,98   | 7,63     | 4,81   | -0,63    | -7,11  |
| 3            | I                                         | 962,63           | 971,28 | 993,67      | 991,74 | 1016,2             | 979,75 | 1046,3           | 1005,3 | 1435     | 1322,6 | 1653,6   | 1680,3 |
|              | II                                        | 976,71           | 969,13 | 968,58      | 990,22 | 977,03             | 948,28 | 1017,9           | 1061,7 | 1428,2   | 1368,4 | 1541,4   | 1609,2 |
|              | %                                         | 1,46             | -0,22  | -2,52       | -0,15  | -3,85              | -3,21  | -2,71            | 5,61   | -0,47    | 3,46   | -6,79    | -4,23  |
| 4            | I                                         | 1016,5           | 1032   | 970,68      | 984,94 | 1001,8             | 1016,2 | 1023,2           | 1017,2 | 1381     | 1432,7 | 1626,6   | 1569,8 |
|              | II                                        | 1040,6           | 1058   | 991,5       | 1020,4 | 1035,5             | 1057,5 | 1084,1           | 1064,8 | 1457     | 1435,9 | 1704,2   | 1552,3 |
|              | %                                         | 2,37             | 2,52   | 2,14        | 3,60   | 3,36               | 4,06   | 5,95             | 4,68   | 5,50     | 0,22   | 4,77     | -1,11  |
| 5            | I                                         | 996,76           | 1040,8 | 931,12      | 959,03 | 981,75             | 976,32 | 1035,5           | 1159,3 | 1363,9   | 1340   | 1643,7   | 1515   |
|              | II                                        | 759,18           | 911,47 | 792         | 985,32 | 698,57             | 988,47 | 1049,3           | 1101,3 | 620,68   | 1087,8 | 1431,9   | 1470   |
|              | %                                         | -23,84           | -12,43 | -14,94      | 2,74   | -28,84             | 1,24   | 1,33             | -5,00  | -54,49   | -18,82 | -12,89   | -2,97  |
| 6            | I                                         | 990,74           | 946,39 | 958,87      | 944,07 | 1000,4             | 1030,3 | 1015,1           | 999,03 | 1375,2   | 1267,3 | 1720,7   | 1699,5 |
|              | II                                        | 942,6            | 984,83 | 963         | 997,03 | 954,06             | 999,88 | 972,77           | 966,25 | 1282,5   | 1390,3 | 1803,4   | 1681,7 |
|              | %                                         | -4,86            | 4,06   | 0,43        | 5,61   | -4,63              | -2,95  | -4,17            | -3,28  | -6,74    | 9,71   | 4,81     | -1,05  |

Примечание: I – первое сканирование, выполненное до начала терапии; II – второе сканирование, выполненное после 1-го курса химиотерапии. Зеленая ячейка – повышение значения показателя в %; красная – снижение.

Таблица 2

Показатели T2-релаксации в различных отделах головного мозга

| Па-<br>циент | Вре-<br>менная<br>точка<br>изме-<br>рения | Теменные<br>доли |        | Лобные доли |        | Затылочные<br>доли |        | Височные<br>доли |        | Таламусы |        | Мозжечок |        |
|--------------|-------------------------------------------|------------------|--------|-------------|--------|--------------------|--------|------------------|--------|----------|--------|----------|--------|
|              |                                           | L                | R      | L           | R      | L                  | R      | L                | R      | L        | R      | L        | R      |
| 1            | I                                         | 177              | 131,39 | 159,09      | 158,83 | 144,89             | 125,07 | 122,76           | 156,62 | 94,98    | 91,63  | 156,84   | 138,24 |
|              | II                                        | 192,84           | 189,9  | 164,26      | 193,21 | 126,95             | 126,85 | 161,35           | 112,37 | 282,26   | 379,02 | 161,11   | 131,67 |
|              | %                                         | 8,95             | 44,53  | 3,25        | 21,65  | -12,38             | 1,42   | 31,44            | -28,25 | 197,18   | 313,64 | 2,72     | -4,75  |

Продолжение таблицы 2

| Па-<br>циент | Вре-<br>менная<br>точка<br>изме-<br>рения | Теменные<br>доли |        | Лобные доли |        | Затылочные<br>доли |        | Височные<br>доли |        | Таламусы |        | Мозжечок |        |
|--------------|-------------------------------------------|------------------|--------|-------------|--------|--------------------|--------|------------------|--------|----------|--------|----------|--------|
|              |                                           | L                | R      | L           | R      | L                  | R      | L                | R      | L        | R      | L        | R      |
| 2            | I                                         | 144,61           | 117,2  | 132,59      | 121,34 | 153,75             | 99,38  | 166,46           | 142    | 98,15    | 89,34  | 154,93   | 154,98 |
|              | II                                        | 124,08           | 109,85 | 108,18      | 117,34 | 127,82             | 122,71 | 162,94           | 157,7  | 191,5    | 204,85 | 171,69   | 160,83 |
|              | %                                         | -14,20           | -6,27  | -18,41      | -3,30  | -16,87             | 23,48  | -2,11            | 11,06  | 95,11    | 129,29 | 10,82    | 3,77   |
| 3            | I                                         | 71,96            | 70,97  | 81,94       | 80,16  | 85,14              | 84,45  | 91,42            | 83,33  | 75,75    | 77,41  | 97,84    | 97,85  |
|              | II                                        | 75               | 67,58  | 97,62       | 94,02  | 73,27              | 76,65  | 97,74            | 100,84 | 73,99    | 71,91  | 94,3     | 99,6   |
|              | %                                         | 4,22             | -4,78  | 19,14       | 17,29  | -13,94             | -9,24  | 6,91             | 21,01  | -2,32    | -7,11  | -3,62    | 1,79   |
| 4            | I                                         | 72,41            | 75,03  | 98,92       | 100,35 | 83,84              | 84,32  | 101,47           | 93,98  | 75,64    | 75,26  | 103,94   | 107,9  |
| 5            | I                                         | 69,37            | 69,31  | 82,55       | 83,45  | 75,24              | 74,43  | 82,92            | 77,38  | 73,51    | 70,02  | 89,71    | 90,03  |
|              | II                                        | 109,8            | 115,94 | 115,52      | 135,57 | 109,68             | 112,08 | 118,53           | 144,48 | 109,54   | 110,8  | 148,89   | 175,58 |
|              | %                                         | 58,28            | 67,28  | 39,94       | 62,46  | 45,77              | 50,58  | 42,95            | 86,71  | 49,01    | 58,24  | 65,97    | 95,02  |
| 6            | I                                         | 71,22            | 71,91  | 86,33       | 86,66  | 76,43              | 83,72  | 87,31            | 84,26  | 70,55    | 68,4   | 135,87   | 153,27 |
|              | II                                        | 96,65            | 85,78  | 95,47       | 96,13  | 76,96              | 89,37  | 99,62            | 88,74  | 70,94    | 71,48  | 164,68   | 162,64 |
|              | %                                         | 35,71            | 19,29  | 10,59       | 10,93  | 0,69               | 6,75   | 14,10            | 5,32   | 0,55     | 4,50   | 21,20    | 6,11   |

Примечание: I — первое сканирование, выполненное до начала терапии; II — второе сканирование, выполненное после 1-го курса химиотерапии. Зеленая ячейка — повышение значения показателя в %; красная — снижение.

Таблица 3

**Показатели MPF (молекулярной протонной фракции)  
в различных отделах головного мозга**

| Па-<br>циент | Вре-<br>менная<br>точка<br>изме-<br>рения | Теменные<br>доли |       | Лобные доли |        | Затылочные<br>доли |       | Височные<br>доли |        | Таламусы |      | Мозжечок |        |
|--------------|-------------------------------------------|------------------|-------|-------------|--------|--------------------|-------|------------------|--------|----------|------|----------|--------|
|              |                                           | L                | R     | L           | R      | L                  | R     | L                | R      | L        | R    | L        | R      |
| 1            | I                                         | 11,33            | 11,29 | 11,94       | 13,66  | 10,91              | 10,77 | 11,52            | 14,25  | 6,08     | 7,16 | 4,91     | 5,12   |
|              | II                                        | 11,96            | 13,15 | 12,31       | 12,14  | 10,94              | 11,26 | 9,86             | 12,34  | 7,53     | 7,29 | 7,17     | 6,75   |
|              | %                                         | 5,56             | 16,47 | 3,10        | -11,13 | 0,27               | 4,55  | -14,41           | -13,40 | 23,85    | 1,82 | 46,03    | 31,84  |
| 2            | I                                         | 11,14            | 10,95 | 10,47       | 10,64  | 11,07              | 11,14 | 10,29            | 10,43  | 6,17     | 6,43 | 5,48     | 6,05   |
|              | II                                        | 12,16            | 12,05 | 11,32       | 10,81  | 11,96              | 11,5  | 10,46            | 10,76  | 7,31     | 6,98 | 5,37     | 5,37   |
|              | %                                         | 9,16             | 10,05 | 8,12        | 1,60   | 8,04               | 3,23  | 1,65             | 3,16   | 18,48    | 8,55 | -2,01    | -11,24 |
| 3            | I                                         | 12,26            | 11,89 | 13,72       | 13,04  | 11,8               | 11,76 | 11,33            | 11,47  | 7,37     | 7,2  | 5,58     | 5,84   |
|              | II                                        | 11,9             | 12,74 | 12,04       | 12,94  | 11,61              | 12,46 | 9,92             | 9,3    | 6,82     | 7,42 | 5,12     | 5,31   |
|              | %                                         | -2,94            | 7,15  | -12,24      | -0,77  | -1,61              | 5,95  | -12,44           | -18,92 | -7,46    | 3,06 | -8,24    | -9,08  |

Продолжение таблицы 3

| Пациент | Временная точка измерения | Теменные доли |       | Лобные доли |        | Затылочные доли |       | Височные доли |        | Таламусы |        | Мозжечок |       |
|---------|---------------------------|---------------|-------|-------------|--------|-----------------|-------|---------------|--------|----------|--------|----------|-------|
|         |                           | L             | R     | L           | R      | L               | R     | L             | R      | L        | R      | L        | R     |
| 4       | I                         | 11,02         | 11,92 | 13,34       | 13,17  | 10,81           | 11,6  | 10,63         | 10,74  | 7,15     | 7,95   | 5,68     | 5,9   |
|         | II                        | 11,92         | 11,94 | 12,08       | 12,29  | 11,19           | 11,36 | 10,63         | 11,29  | 7,6      | 7,13   | 5,69     | 5,77  |
|         | %                         | 8,17          | 0,17  | -9,45       | -6,68  | 3,52            | -2,07 | 0,00          | 5,12   | 6,29     | -10,31 | 0,18     | -2,20 |
| 5       | I                         | 11,66         | 11,98 | 12,35       | 12,8   | 11,3            | 12,17 | 11,6          | 11     | 7,39     | 7,11   | 5,63     | 5,82  |
|         | II                        | 13,8          | 13,4  | 14,8        | 13,1   | 13,6            | 13    | 9,97          | 15,9   | 9,8      | 8,3    | 7,7      | 7,5   |
|         | %                         | 18,35         | 11,85 | 19,84       | 2,34   | 20,35           | 6,82  | -14,05        | 44,55  | 32,61    | 16,74  | 36,77    | 28,87 |
| 6       | I                         | 13,23         | 13,25 | 12,77       | 13,31  | 11,96           | 11,54 | 14,84         | 14,83  | 7,65     | 7,98   | 5,57     | 6,28  |
|         | II                        | 11,93         | 12,02 | 12,95       | 11,12  | 10,93           | 12,42 | 12,99         | 13,25  | 8,47     | 8,22   | 5,1      | 6,29  |
|         | %                         | -9,83         | -9,28 | 1,41        | -16,45 | -8,61           | 7,63  | -12,47        | -10,65 | 10,72    | 3,01   | -8,44    | 0,16  |

Примечание: I — первое сканирование, выполненное до начала терапии; II — второе сканирование, выполненное после 1-го курса химиотерапии. Зеленая ячейка — повышение значения показателя в %; красная — снижение.

Таблица 4

## Показатели T1-релаксации в различных отделах головного мозга

| Пациент | Временная точка измерения | Теменные доли |        | Лобные доли |        | Затылочные доли |        | Височные доли |        | Таламусы |        | Мозжечок |        |
|---------|---------------------------|---------------|--------|-------------|--------|-----------------|--------|---------------|--------|----------|--------|----------|--------|
|         |                           | L             | R      | L           | R      | L               | R      | L             | R      | L        | R      | L        | R      |
| 1       | I                         | 0,348         | 0,307  | 0,332       | 0,357  | 0,295           | 0,248  | 0,345         | 0,371  | 0,404    | 0,378  | 0,249    | 0,274  |
|         | II                        | 0,344         | 0,325  | 0,352       | 0,331  | 0,248           | 0,234  | 0,319         | 0,353  | 0,36     | 0,379  | 0,306    | 0,258  |
|         | %                         | -1,15         | 5,86   | 6,02        | -7,28  | -15,93          | -5,65  | -7,54         | -4,85  | -10,89   | 0,26   | 22,89    | -5,84  |
| 2       | I                         | 0,2588        | 0,2602 | 0,3132      | 0,3341 | 0,3112          | 0,3017 | 0,2827        | 0,2704 | 0,3058   | 0,3039 | 0,1848   | 0,1993 |
|         | II                        | 0,2436        | 0,257  | 0,2953      | 0,3024 | 0,2509          | 0,2654 | 0,2578        | 0,2504 | 0,3141   | 0,3033 | 0,2      | 0,1992 |
|         | %                         | -5,87         | -1,23  | -5,72       | -9,49  | -19,38          | -12,03 | -8,81         | -7,40  | 2,71     | -0,20  | 8,23     | -0,05  |
| 3       | I                         | 0,297         | 0,298  | 0,386       | 0,412  | 0,31            | 0,265  | 0,353         | 0,301  | 0,395    | 0,385  | 0,168    | 0,157  |
|         | II                        | 0,273         | 0,298  | 0,355       | 0,364  | 0,275           | 0,287  | 0,286         | 0,392  | 0,417    | 0,389  | 0,196    | 0,166  |
|         | %                         | -8,08         | 0,00   | -8,03       | -11,65 | -11,29          | 8,30   | -18,98        | 30,23  | 5,57     | 1,04   | 16,67    | 5,73   |
| 4       | I                         | 0,2129        | 0,2301 | 0,3583      | 0,3421 | 0,2119          | 0,2306 | 0,2669        | 0,2568 | 0,3369   | 0,3447 | 0,1688   | 0,1943 |
| 5       | I                         | 0,2571        | 0,2791 | 0,3891      | 0,4004 | 0,2794          | 0,2616 | 0,318         | 0,3237 | 0,3941   | 0,4136 | 0,2129   | 0,2028 |
|         | II                        | 0,2569        | 0,2742 | 0,3429      | 0,3357 | 0,2801          | 0,2538 | 0,2669        | 0,2918 | 0,3524   | 0,378  | 0,1839   | 0,198  |
|         | %                         | -0,08         | -1,76  | -11,87      | -16,16 | 0,25            | -2,98  | -16,07        | -9,85  | -10,58   | -8,61  | -13,62   | -2,37  |

Продолжение таблицы 4

| Па-<br>циент | Вре-<br>менная<br>точка<br>изме-<br>рения | Теменные<br>доли |        | Лобные доли |        | Затылочные<br>доли |        | Височные<br>доли |        | Таламусы |        | Мозжечок |        |
|--------------|-------------------------------------------|------------------|--------|-------------|--------|--------------------|--------|------------------|--------|----------|--------|----------|--------|
|              |                                           | L                | R      | L           | R      | L                  | R      | L                | R      | L        | R      | L        | R      |
| 6            | I                                         | 0,2535           | 0,262  | 0,3931      | 0,363  | 0,2491             | 0,2645 | 0,2852           | 0,2793 | 0,408    | 0,3878 | 0,2376   | 0,2175 |
|              | II                                        | 0,2952           | 0,3074 | 0,3458      | 0,3519 | 0,2281             | 0,3188 | 0,3279           | 0,3037 | 0,4153   | 0,409  | 0,2996   | 0,2575 |
|              | %                                         | 16,45            | 17,33  | -12,03      | -3,06  | -8,43              | 20,53  | 14,97            | 8,74   | 1,79     | 5,47   | 26,09    | 18,39  |

*Примечание:* I — первое сканирование, выполненное до начала терапии; II — второе сканирование, выполненное после 1-го курса химиотерапии. Зеленая ячейка — повышение значения показателя в %; красная — снижение.

химиотерапии в различных зонах головного мозга представлены в табл. 5. В результате выявлены значимые изменения MPF, MWF и T2. Рост значений MPF выявлен в белом веществе затылочных долей головного мозга и в таламусах. В тех же областях наблюдается рост значений поперечной релаксации T2, что может свидетельствовать о развитии отека в данной области. В полушариях мозжечка отмечался рост показателей MWF, а в белом веществе лобных долей — тренд на падение (табл. 5). Достоверных изменений значений T1 в какой-либо области выявлено не было.

## Обсуждение

В настоящей работе проведена оценка изменений миелинового со-

става в различных областях головного мозга пациентов после химиотерапии двумя основными MPT методиками MWF и MPF. Так, значения MPF растут в таламусах и затылочных долях. В тех же самых областях наблюдается параллельный рост значений T2 (табл. 2), который свидетельствует о процессе развития отека в данных участках мозга. В ряде публикаций [7, 12] описывается, что наличие отека (которое сопровождается ростом T2) может оказывать существенное влияние на значения MPF. В соответствии с литературными данными отек вещества головного мозга может являться одним из патогенетических факторов демиелинизации, так как увеличение количества жидкости сдавливает при-

Таблица 5

### Статистические изменения (p-values) значений T1, T2, MWF, MPF в зонах интереса после курса химиотерапии

|     | Теменные<br>доли | Лобные<br>доли | Затылочные<br>доли | Височные<br>доли | Таламусы | Мозжечок |
|-----|------------------|----------------|--------------------|------------------|----------|----------|
| T1  | 0,13             | 0,34           | 0,18               | 0,79             | 0,97     | 0,85     |
| T2  | 0,91             | 0,13           | 0,08               | 0,97             | 0,06     | 0,18     |
| MWF | 0,72             | 0,07           | 0,37               | > 0,9999         | 0,49     | 0,09     |
| MPF | 0,13             | 0,62           | 0,08               | 0,17             | 0,04     | 0,66     |

*Примечание:* синий — результаты статистически не значимы; темно-зеленый — рост ( $p < 0,05$ ), светло-зеленый — тренд на рост, оранжевый — тренд к падению ( $0,05 < p < 0,1$ ).

лежащие ткани и снижает кровоснабжение в них [13].

Таким образом, рост значений МРФ, обнаруженный в таламусах и белом веществе затылочных долей, может объясняться как наличием отека, так и ранними процессами демиелинизации.

Метод MWF показал рост содержания миелина в полушариях мозжечка и падение в лобных долях. В работе [7] было указано, что отек также может влиять и на значения MWF. Однако в нашей работе в областях, где были обнаружены изменения MWF, не наблюдалось образования отека (рост значений T2 отсутствовал). Из вышеперечисленного можно сделать вывод, что MWF является более корректным биомаркером процессов разрушения миелиновой оболочки или нарушения ее синтеза при химиотерапии, чем МРФ. Одновременное построение как карты распределения миелина, так и карты T2 для оценки возникновения отека является дополнительным плюсом к использованию MWF в отличие от МРФ, где строится карта значений T1, которые не имеют статистически значимых различий ни в одной из областей.

Падение значений MWF в белом веществе лобных долей головного мозга может четко указывать на процесс демиелинизации в данной области, вызванный химиотерапией. Возможной причиной роста MWF в мозжечке может быть скопление «миелинового мусора». Миелиновые остатки находятся в месте дегенерации до полного очищения макрофагами в течение нескольких месяцев [7]. Также не исключено, что на изменения MWF в лобных долях и мозжечке повлиял компенсаторный эффект, причем к моменту второго сканирования в полушариях мозжечка уже успела пройти ремиелинизация, а в лобных долях нет. Ремиелинизация, как уже было сказано ранее, осуществляется за счет олигодендроцитов, которые мигрируют в область повреждения и восстанавливают более

тонкую миелиновую оболочку. Данный процесс плохо изучен, однако известно, что, начиная с рождения, образование миелина происходит неравномерно [14]: раньше других начинают миелинизироваться периферические нервы, затем аксоны в спинном мозге, стволовой части головного мозга, мозжечке и позже – в больших полушариях головного мозга.

Функция лобных долей связана с организацией произвольных движений, двигательных механизмов речи и письма, регуляцией сложных форм поведения, процессов мышления [15]. Одними из симптомов поражения лобных долей при нейротоксичности выступают парезы, параличи, что косвенно подтверждает выдвинутую гипотезу о процессах демиелинизации в данной области. Основной функцией мозжечка является контроль движений, скорость и координация тела, также мозжечок принимает активное участие в запоминании [16]. Характерными проявлениями нарушения функций мозжечка являются тремор и мышечная слабость. Все вышеупомянутые симптомы проявляются в результате лечения онкологических заболеваний токсическими препаратами [17, 18], что также косвенно подтверждает полученные в настоящей работе результаты.

Таламусы преимущественно состоят из серого вещества, однако малое количество миелина в таламусах присутствует. В данном исследовании измерения в таламусах проводились с целью получения референсных значений для сравнения с показателями в белом веществе. Также таламус является ключевым узлом множества проводящих путей белого вещества. Результаты предыдущих исследований показали структурное повреждение таламуса при некоторых психиатрических состояниях. В частности, диффузионно-тензорное исследование (DTI) показало повреждение таламофронтального пути белого вещества у пациентов с генерализованным депрессивным расстройством [19].

Анализ литературы показал, что на сегодняшний день существует только одно пробное исследование нейротоксичности химиотерапии с помощью MWF картирования [20], в котором участвовали всего три добровольца. При сравнении карт MWF здорового добровольца и пациента с острой нейротоксичностью, вызванной лечением лейкоза, авторы обнаружили сильное расхождение значений MWF в белом веществе лобных долей: волонтер – 11%, пациент – 1,9%. Результаты этой статьи также подтверждают достоверность полученных нами данных. В работе [20] обследовался пациент с явными проявлениями острой нейротоксичности, в то время как в нашем исследовании на момент второго сканирования у пациентов еще не было выявлено никаких побочных симптомов, что подтверждает способность MWF метода фиксировать ранние изменения в структурах мозга.

Ограничением данной работы является достаточно маленькая выборка пациентов. Основная цель настоящего исследования – выявление биомаркера ранних изменений фракции миелина (MWF) после химиотерапии и поиск областей, чувствительных к ранним изменениям миелинового состава. Важно отметить, что у участвующих в исследовании пациентов после первого курса химиотерапии не было выявлено негативных симптомов, однако процессы демиелинизации уже присутствуют в критически важных областях головного мозга. Необходим более длительный период наблюдения для установки отдаленных влияний химиотерапии на вещество головного мозга и корреляции с клинической симптоматикой.

Второе ограничение – различные заболевания и разные курсы химиотерапии у данных пациентов. Данное исследование было первым по измерению содержания миелина по данным МРТ в нашем центре. Далее рекомендуется исследование в более гомогенной группе.

Еще одним существенным ограничением данной работы является ручное выделение ROI. Замена этого способа на автоматизированный расчет значений в структурах мозга с использованием морфологических атласов [21] позволит увеличить не только точность расчетов, но и количество структур головного мозга для оценки в них изменений миелинового состава.

## Заключение

Результаты, полученные в ходе работы, продемонстрировали, что потенциальным биомаркером ранних проявлений нейротоксичности могут служить значения WMF. Данный метод показал наилучшую чувствительность к ранним изменениям миелинового состава, а также выявил структуры, на которых в первую очередь отражается лечение токсическими препаратами, – белое вещество лобных долей и мозжечок. При этом в белом веществе лобных долей снижение WMF указывает на процесс демиелинизации в данной области, в то время как в мозжечке наблюдаемый рост значений WMF может обуславливаться либо процессами ремиелинизации, либо неполным очищением макрофагами скопления миелиновых остатков в месте их дегенерации. Показатель MPF, более чувствительный к отеку вещества головного мозга, может быть предиктором демиелинизации.

## Список источников

1. Magge R. S., DeAngelis L. M. The Double-edged Sword: Neurotoxicity of Chemotherapy // Blood Rev. 2015 Mar;29(2):93-100. <https://doi.org/10.1016/j.blre.2014.09.012>
2. Бондаренко В. П., Жуковская Е. В. Оценка нейротоксичности терапии острых лейкозов у детей в период реабилитации по данным МРТ головного мозга // Педиатрический вестник Южного Урала. 2018. № 2. С. 56–57.

3. Ватутин Н. Т., Складная Е. В., Эль-Хатиб М. А., Макарова М. В., Старченко С. В. Периферические полинейропатии, индуцированные различными химиотерапевтическими агентами: современное состояние проблемы // *Hematology and transfusiology*. 2016. № 61(2). С. 15–109. <https://doi.org/10.18821/0234-5730-2016-61-2-105-109>
4. Мещерякова А. В., Зоркин Е. К. Поражение периферической нервной системы в структуре постхимиотерапевтических осложнений. Обзор литературы // *Ростовский научный журнал*. 2017. № 9. С. 95–104. <https://doi.org/10.17116/jnevro20231230517>
5. MacKay A. L., Laule C. Magnetic Resonance of Myelin Water: An in vivo Marker for Myelin // *Brain Plasticity*. 2016. N 2. P. 71–91. <https://doi.org/10.3233/BPL-160033>
6. Коростышевская А., Савелов А., Приходько И., Исаева Я., Ярных В. Миелিনовая защита нейрона: все начинается до рождения // *Наука из первых рук*. 2020. № 3.
7. Suleiman L. I, Weber K. A., Rosenthal B. D., Bhatt S. A., Savage J. W., Hsu W. K., Patel A. A., Parrish T. B. High-resolution Magnetization Transfer MRI in Patients with Cervical Spondylotic Myelopathy // *J. Clin. Neurosci*. 2018. N 51. P. 57–61. <https://doi.org/10.1016/j.jocn.2018.02.023>
8. Yarnykh V. L. Time-Efficient, High-resolution, whole Brain Three-Dimensional Macromolecular Proton Fraction Mapping // *Magn. Reson. Med*. 2016. N 75(5). P. 2100–2106. <https://doi.org/10.1002/mrm.25811>
9. Melbourne A., Toussaint N., Owen D., Simpson I., Anthopoulos T., De Vita E., Atkinson D., Ourselin S.. Ourselin NiftyFit: a Software Package for Multi-parametric Model-Fitting of 4D Magnetic Resonance Imaging Data // *Neuroinformatics*. 2016. N 14(3). P. 319–337. <https://doi.org/10.1007/s12021-016-9297-6>
10. MacKay A. L., Laule C. Magnetic Resonance of Myelin Water: An in vivo Marker for Myelin // *Brain. Plast*. 2016. N 2(1). P. 71–91. <https://doi.org/10.3233/BPL-160033>
11. Heule R., Ganter C., Bieri O. Variable Flip Angle T1 Mapping in the Human Brain with Reduced T2 Sensitivity Using Fast Radiofrequency-Spoiled gradient echo imaging // *Magn Reson Med*. 2016. N 75(4). P. 1413–1422. <https://doi.org/10.1002/mrm.25668>
12. Arnholt J. C., Hanson D. P., Robb R.A. «NIFTY (NeuroImaging Functional Toolkit): an Interactive Program for Functional MRI Data Processing and Visualization», *Proc. SPIE* 2433, Medical Imaging 1995: Physiology and Function from Multidimensional Images (24 May 1995). <https://doi.org/10.1117/12.209701>
13. Yarnykh V. L., Bowen J. D., Samsonov E., Repovic P, Mayadev A., Qian P., Gangadharan B., Keogh B. P., Maravilla K. R., Jung L. K. Henson Fast Whole-Brain Three-Dimensional Macromolecular Proton Fraction Mapping in Multiple Sclerosis // *Radiology*. 2015. N 274(1). P. 210–220. <https://doi.org/10.1148/radiol.14140528>
14. Barz H., Schreiber A., Barz U. Demyelinating Diseases as a Result of Cerebral Edema? // *Medical hypotheses*. 2017. Vol. 104. P. 10–14. <https://doi.org/10.1016/j.mehy.2017.05.010>
15. Любимова З. В. Возрастная анатомия и физиология в 2 т. Т. 1. Организм человека, его регуляторные и интегративные системы. 2-е изд. М.: Юрайт, 2016. 447 с.
16. Атлас «Нервная система человека. Строение и нарушения» / под ред. В. М. Астапова и Ю. В. Микадзе. 4-е изд., перераб. и доп. М.: ПЕР СЭ, 2004. 80 с.
17. Функциональная анатомия центральной нервной системы: учеб. пособие / сост.: В. Ш. Вагапова, О. Х. Борзилова, Д. Ю. Рыбалко, О. Р. Шангина. – 2-е изд., испр. и доп. Уфа: Изд-во ФГБОУ

- ВО БГМУ Минздрава России, 2018. 111 с.
18. Кулева С. А., Белогурова М. Б., Колыгин Б. А. Поздняя нейротоксичность противоопухолевого лечения у детей: ч. 1 // Онкопедиатрия. 2014. № 2. С. 11–16.
  19. Shim J.-M., Cho S.-E., Kang C.-K., Kang S.-G. Low Myelin-Related Values in the Fornix and Thalamus of 7 Tesla MRI of Major Depressive Disorder Patients. *Front. Mol. Neurosci.* 2023;16:1214738. <https://doi.org/10.3389/fnmol.2023.1214738>
  20. Junyu Guo, Qing Ji, Wilburn E. Reddick. Multi-slice Myelin Water Imaging for Practical Clinical Applications at 3.0 T // *Magn. Reson. Med.* 2013. № 70 (3). С. 813–822. <https://doi.org/10.1002/mrm.24527>
  21. Liu H., Xiang Q.-S., Tam R. Myelin Water Imaging Data Analysis in Less than one Minute // *NeuroImage*. 2020. N 210. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2020.116551>
- ## References
1. Magge R. S., DeAngelis L. M. The Double-edged Sword: Neurotoxicity of Chemotherapy. *Blood Rev.* 2015 Mar; 29(2):93-100. <https://doi.org/10.1016/j.blre.2014.09.012>
  2. Bondarenko V. P., Zhukovskaya E. V. Neurotoxicity Evaluation of the Treatment of Acute Leukemias in Children in the Rehabilitation Period According to Brain MRI. *Pediatric Bulletin of the Southern Urals*. 2018;2:56-57. (In Russ.).
  3. Vatutin N. T., Sklyannaya E. V., El-Khatib M. A., Makarova M. V., Starchenko S. V. Peripheral Neuropathies Induced by Various Chemotherapeutic Agents: Current State of the Problem. *Russian Journal of hematology and transfusiology*. 2016;61(2):105-109. (In Russ.). <https://doi.org/10.18821/0234-5730-2016-61-2-105-109>
  4. Meshcheryakova A. V., Zorkin E. K. Damage to the Peripheral Nervous System in the Structure of Post-Chemotherapy Complications. Literature Review. *Rostov Scientific Journal*. 2017;9:95-104. (In Russ.). <https://doi.org/10.17116/jnevro20231230517>
  5. MacKay A. L., Laule C. Magnetic Resonance of Myelin Water: An in Vivo Marker for Myelin // *Brain Plasticity*. 2016;2:71-91. <https://doi.org/10.3233/BPL-160033>
  6. Korostyshevskaya A., Savelov A., Prikhodko I., Isaeva Ya., Yarnykh V. Myelin Protection of the Neuron: it all Starts Before Birth. *Science first hand*. 2020;3. (In Russ.).
  7. Suleiman L. I, Weber K. A., Rosenthal B. D., Bhatt S. A., Savage J. W., Hsu W. K., Patel A. A., Parrish T. B. High-Resolution Magnetization Transfer MRI in Patients with Cervical Spondylotic Myelopathy. *J. Clin Neurosci*. 2018;51:57-61. <https://doi.org/10.1016/j.jocn.2018.02.023>
  8. Yarnykh V. L. Time-Efficient, High-Resolution, whole Brain Three-Dimensional Macromolecular Proton Fraction Mapping. *Magn. Reson. Med.* 2016;75(5): 2100-2106. <https://doi.org/10.1002/mrm.25811>
  9. Melbourne A., Toussaint N., Owen D., Simpson I., Anthopoulos T., De Vita E., Atkinson D., Ourselin S. NiftyFit: a Software Package for Multi-Parametric Model-Fitting of 4D Magnetic Resonance Imaging Data. *Neuroinformatics*. 2016;14 (3):319-337. <https://doi.org/10.1007/s12021-016-9297-6>
  10. MacKay A. L., Laule C. Magnetic Resonance of Myelin Water: An in vivo Marker for Myelin. *Brain. Plast.* 2016;2(1):71-91. <https://doi.org/10.3233/BPL-160033>
  11. Heule R., Ganter C., Bieri O. Variable Flip Angle T1 Mapping in the Human Brain with Reduced T2 Sensitivity Using Fast Radiofrequency-Spoiled Gradient Echo Imaging. *Magn. Reson. Med.* 2016;75(4):1413-1422. <https://doi.org/10.1002/mrm.25668>
  12. Arnholt J. C., Hanson D. P., Robb R. A. «NIFTY (NeuroImaging Functional Toolkit): an Interactive Program

- for Functional MRI Data Processing and Visualization», Proc. SPIE 2433, Medical Imaging 1995: Physiology and Function from Multidimensional Images, (24 May 1995). <https://doi.org/10.1117/12.209701>
13. Yarnykh V. L., Bowen J. D., Samsonov F., Repovic P, Mayadev A., Qian P., Gangadharan B., Keogh B. P., Maravilla K. R., Jung L. K. Henson Fast Whole-Brain Three-Dimensional Macromolecular Proton Fraction Mapping in Multiple Sclerosis. *Radiol.* 2015;274(1):210-220. <https://doi.org/10.1148/radiol.14140528>
14. Barz H., Schreiber A., Barz U. Demyelinating Diseases as a Result of Cerebral Edema? *Med. hypotheses.* 2017;104:10-14. <https://doi.org/10.1016/j.mehy.2017.05.010>
15. Lyubimova Z. V. Age-Related Anatomy and Physiology in 2 Vol. Vol. 1 The Human Body, its Regulatory and Integrative Systems. 2nd ed. M.: Yurayt, 2016. P. 447. (in Russ.).
16. Atlas «Human Nervous System. Structure and Volations». Edited by V. M. Astapov and Yu. V. Mikaze. 4th Edition, Revised and Additional. M.: PER SE, 2004. P. 80. (In Russ.).
17. Functional Anatomy of the Central Nervous System: Textbook / comp.: V. Sh. Vagapova, O. Kh. Borzilova, D. Yu. Rybalko, O. R. Shangina. 2nd ed.; corr. and additional. Ufa: Publishing House of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education BSMU of the Ministry of Health of Russia. P. 111. (In Russ.).
18. Kulyova S. A., Belogurova M. B., Kolygin B. A. Tardive Neurotoxicity of Antineoplastic Therapy in Children: Part 1. *Oncopediatrics.* 2014;2:11-16. (In Russ.).
19. Shim J-M., Cho S-E., Kang C-K., Kang S-G. Low Myelin-related Values in the Fornix and Thalamus of 7 Tesla MRI of Major Depressive Disorder Patients. *Front. Mol. Neurosci.* 2023;16:1214738. <https://doi.org/10.3389/fnmol.2023.1214738>
20. Guo Ju., Ji Q., Reddick W. E. Multislice Myelin Water Imaging for Practical Clinical Applications at 3.0 T. *Magn. Reson. Med.* 2013;70(3):813-822. <https://doi.org/10.1002/mrm.24527>
21. Liu H., Xiang Q-S., Tam R. Myelin Water Imaging Data Analysis in Less than one Minute. *NeuroImage.* 2020;210. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2020.116551>

## Сведения об авторах / Information about the authors

**Бондаренко Владислав Павлович**, врач-рентгенолог ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр детской гематологии, онкологии и иммунологии им. Дмитрия Рогачева» Минздрава России, Москва, Россия.

117997, г. Москва, ул. Саморы Машела, 1.

+7 (495) 287-65-70 (доб. 4508)

Вклад автора: подготовка и редактирование статьи, подбор пациентов.

**Bondarenko Vladislav Pavlovich**, radiologist Dmitry Rogachev National Medical Research Center of Pediatric Hematology, Oncology and Immunology, Ministry of Healthcare of Russia, Moscow, Russia.

1, st. Samory Mashela, Moscow, 117997, Russia.

+7 (495) 287-65-70 (add. 4508)

Author contributions: article preparation and editing, patient selection.

**Куприянов Дмитрий Алексеевич**, кандидат физико-математических наук, научный сотрудник ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр детской гематологии, онкологии и иммунологии им. Дмитрия Рогачева» Минздрава России, Москва, Россия.

117997, г. Москва, ул. Саморы Машела, 1.

Старший специалист по поддержке научных исследований ООО «Филипс Здравоохранение», Москва, Россия.

123022, г. Москва, ул. Сергея Макеева, 13, 4-й этаж; БЦ «Марп Плаза».

+7 (495) 287-65-70 (доб. 4508)

Вклад автора: создание и апробация протоколов получения T1, T2, MPF и WMF.

**Kupriyanov Dmitry Alekseevich**, PhD, Researcher, Dmitry Rogachev National Medical Research Center of Pediatric Hematology, Oncology and Immunology, Ministry of Healthcare of Russia, Moscow, Russia.

1, st. Samory Mashela, Moscow, 117997, Russia.

Senior Research Support Specialist, Philips Healthcare, Moscow, Russia.

13, st. Sergei Makeev, Moscow, 123022, Russia.

+7 (495) 287-65-70 (add. 4508)

Author's contribution: creation and testing of protocols for receiving T1, T2, MPF and WMF.

**Артемов Антон Владимирович**, врач-рентгенолог ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр детской гематологии, онкологии и иммунологии им. Дмитрия Рогачева» Минздрава России, Москва, Россия.

117997, г. Москва, ул. Саморы Машела, 1.

+7 (495) 287-65-70 (доб. 4508)

Вклад автора: подготовка и редактирование статьи, подбор пациентов.

**Artemov Anton Vladimirovich**, radiologist Dmitry Rogachev National Medical

Research Center of Pediatric Hematology, Oncology and Immunology, Ministry of Healthcare of Russia, Moscow, Russia.

1, st. Samory Mashela, Moscow, 117997, Russia.

+7 (495) 287-65-70 (add. 4508)

Author contributions: article preparation and editing, patient selection.

**Терещенко Галина Викторовна**, кандидат медицинских наук, заведующая рентгенологическим отделением ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр детской гематологии, онкологии и иммунологии им. Дмитрия Рогачева» Минздрава России, Москва, Россия.

117997, г. Москва, ул. Саморы Машела, 1.

+7 (495) 287-65-70 (доб. 1220)

Вклад автора: формирование идеи исследования, общее руководство, редактирование статьи.

**Tereshchenko Galina Viktorovna**, PhD. Med., Head of the Radiology Department, Dmitry Rogachev National Medical Research Center of Pediatric Hematology, Oncology and Immunology, Ministry of Healthcare of Russia, Moscow, Russia.

1, st. Samory Mashela, Moscow, 117997, Russia.

+7 (495) 287-65-70 (add. 1220)

Author's contribution: formation of the research idea, general guidance, editing the article.

Статья поступила в редакцию 24.12.2023;  
одобрена после рецензирования 13.02.2024;  
принята к публикации 13.02.2024.

The article was submitted 24.12.2023;  
approved after reviewing 13.02.2024;  
accepted for publication 13.02.2024.



## ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

Оригинальная статья

УДК 616-006.31

<https://doi.org/10.52560/2713-0118-2024-2-90-106>

# Возможности мультиспиральной компьютерной томографии в предоперационной диагностике и планировании хирургического лечения ювенильной ангиофибromы носоглотки и основания черепа

А. С. Краснов<sup>1</sup>, П. А. Левин<sup>2</sup>, И. Н. Ворожцов<sup>3</sup>,  
Н. С. Грачев<sup>4</sup>, Г. В. Терещенко<sup>5</sup>

<sup>1–5</sup> Национальный медицинский исследовательский центр детской гематологии, онкологии и иммунологии им. Дмитрия Рогачева, Москва, Россия

<sup>1</sup> alexey.krasnov@fccho-moscow.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1099-9332>

<sup>2</sup> pavel.levin@fccho-moscow.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2410-1223>

<sup>3</sup> igor.vorozhtsov@fccho-moscow.ru, <https://orcid.org/000-0003-3986-3770>

<sup>4</sup> nikolay.grachev@fccho-moscow.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4451-3233>

<sup>5</sup> Galina.Tereshenko@fccho-moscow.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7317-7104>

Автор, ответственный за переписку: Алексей Сергеевич Краснов,  
alexey.krasnov@fccho-moscow.ru

### Резюме

**Цель работы.** Определение МСКТ характеристик первичной ювенильной ангиофибromы носоглотки и основания черепа (ЮАН) в условиях контрастирования, а также определение характерных для опухоли путей распространения, поиск тех из них, которые статистически значимо связаны с кровопотерей в ходе последующего хирургического лечения, и поиск путей моделирования возможной кровопотери на их основе.

**Материалы и методы.** Ретроспективно были проанализированы данные 60 пациентов с ангиофибromой носоглотки в возрасте от 8 до 17 лет. Все пациенты были мальчиками. Медиана возраста составила 14 лет. Медиана продолжительности заболевания на момент операции составляла 7 месяцев. Для пациентов в исследуемой группе определялась взаимосвязь каждого из 45 критериев оценки и интраоперационной кровопотери.

**Результаты.** Установлены МСКТ характеристики ЮАН. Установлены факторы, выявляемые с помощью МСКТ, статистически значимо влияющие на интраоперационную кровопотерю при лечении ангиофибromы. Предложен способ моделирования потенциальной интраоперационной кровопотери на основе данных визуализации.

© Краснов А. С., Левин П. А., Ворожцов И. Н., Грачев Н. С., Терещенко Г. В., 2024

**Заключение.** МСКТ с контрастным усилением позволяет определять характерные рентгенологические признаки ЮАН, а также наличие характеристик опухоли, значимо влияющих на кровопотерю в ходе оперативного лечения. На основе данных МСКТ возможно моделирование потенциала кровопотери.

**Ключевые слова:** ангиофиброма, хирургия, планирование, МСКТ, контрастирование, дети, педиатрия, диагностика

**Для цитирования:** Краснов А. С., Левин П. А., Ворожцов И. Н., Грачев Н. С., Терещенко Г. В. Возможности мультиспиральной компьютерной томографии в предоперационной диагностике и планировании хирургического лечения ювенильной ангиофибромы носоглотки и основания черепа // Радиология — практика. 2024;2:90-106. <https://doi.org/10.52560/2713-0118-2024-2-90-106>

#### **Источники финансирования**

Исследование не финансировалось какими-либо источниками.

#### **Конфликт интересов**

Авторы заявляют, что данная работа, ее тема, предмет и содержание не затрагивают конкурирующих интересов. Мнения, изложенные в статье, принадлежат авторам рукописи. Авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

#### **Соответствие принципам этики**

Работа соответствует этическим нормам Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека» с поправками 2008 года и «Правилами клинической практики в Российской Федерации», утвержденными Приказом Минздрава РФ от 19.06.2003.

## **ORIGINAL RESEARCH**

Original research

# **Possibilities of Computer Tomography in Preoperative Diagnosis and Surgical Treatment Planning of Juvenile Angiofibroma of the Nasopharynx and Skull Base**

**Alexey S. Krasnov<sup>1</sup>, Pavel A. Levin<sup>2</sup>, Igor N. Vorozhtsov<sup>3</sup>,  
Nikolay S. Grachev<sup>4</sup>, Galina V. Tereshchenko<sup>5</sup>**

<sup>1–5</sup> Dmitry Rogachev National Medical Research Center for Pediatric Hematology, Oncology, and Immunology, Moscow, Russia

<sup>1</sup> alexey.krasnov@fccho-moscow.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1099-9332>

<sup>2</sup> pavel.levin@fccho-moscow.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2410-1223>

<sup>3</sup> igor.vorozhtsov@fccho-moscow.ru, <https://orcid.org/000-0003-3986-3770>

<sup>4</sup> nikolay.grachev@fccho-moscow.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4451-3233>

<sup>5</sup> Galina.Tereshenko@fccho-moscow.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7317-7104>

Corresponding author: Alexey S. Krasnov, [alexey.krasnov@fccho-moscow.ru](mailto:alexey.krasnov@fccho-moscow.ru)

## Abstract

The purpose of work was to determine CECT characteristics of primary juvenile angiofibroma of the nasopharynx and skull base (JNA), as well as determination of the paths of spread for the tumor, search for those of them, which are statistically significantly associated with surgical blood loss of subsequent treatment and search for ways to model possible blood loss on their basis.

**Materials and methods.** The data of 60 patients aged from 8 to 17 years were analyzed retrospectively. All patients were boys. The median age was 14 years. The median duration of the disease at the time of surgery was 7 months. The correlation between each of 45 evaluation criteria and intraoperative blood loss was determined for patients in the study group.

**Results.** CT characteristics of JNA were established. The factors, detected by CECT, statistically significantly influencing intraoperative blood loss in angiofibroma treatment were established. A method for modeling intraoperative blood loss based on imaging data was presented.

**Conclusion.** CT with contrast enhancement allows determining of characteristic radiological signs of JNA as well as its characteristics influencing blood loss during surgical treatment. Based on CT data it is possible to model blood loss potential during the JNA treatment.

**Keywords:** Angiofibroma, Surgery, Planning, CECT, Contrast, Children, Pediatrics, Diagnosis, Planning, CT

**For citation:** Krasnov A. S., Levin P. A., Vorozhtsov I. N., Grachev N. S., Tereshchenko G. V. Possibilities of computer tomography in preoperative diagnosis and surgical treatment planning of juvenile angiofibroma of the nasopharynx and skull base. *Radiology – Practice*. 2024; 2:90-106. (In Russ.). <https://doi.org/10.52560/2713-0118-2024-2-90-106>

## Funding

The study was not funded by any sources.

## Conflicts of Interest

The authors state that this work, its topic, subject and content do not affect competing interests. The opinions expressed in the article belong to the authors of the manuscript. The authors confirm the compliance of their authorship with the international ICMJE criteria (all authors have made a significant contribution to the development of the concept, the preparation of the article, read and approved the final version before publication).

## Compliance with Ethical Standards

The work complies with the ethical standards of the Helsinki Declaration of the World Medical Association «Ethical Principles of conducting scientific medical research with human participation» as amended in 2008 and the «Rules of Clinical Practice in the Russian Federation» approved by the Order of the Ministry of Health of the Russian Federation dated 06/19/2003.

## Актуальность

Ювенильная ангиофиброма носоглотки и основания черепа (ЮАН) — это редкая опухоль детского возраста, ее доля колеблется в диапазоне от 0,05

до 0,5 % от всех опухолей ЧЛЮ. Частота встречаемости, по данным различных авторов, колеблется от 1 на 150 000 до 1 на 1 500 000, она вызывает деформации лицевого черепа, приводит к нару-

шению носового дыхания и может сопровождаться грозными осложнениями в виде профузных трудно купируемых кровотечений, как непосредственно, вследствие случайного повреждения пациентом или лор-врачом, так и в ходе удаления опухоли хирургом. В последнем случае кровопотеря зачастую составляет от 500 мл и более крови. Подходы к интерпретации опухоли, такие как лучевая оценка ее расположения, объема, особенностей роста, оценка остаточной опухоли и прогноз вероятности рецидива, изучены мало либо не изучены. Вероятно, это связано с редкостью данной опухоли. Научные исследования по ЮАН в России представлены рядом научных трудов. Это диссертации Яблонского (1995), Сабирова (2010), Ворожцова (2017), Нерсисян (2019). Кроме того, за последние 5 лет было опубликовано несколько работ, посвященных ЮАН [1–5]. Все эти работы посвящены хирургическим аспектам лечения и не касаются вопросов лучевой диагностики. Отсутствие отечественных научных работ, посвященных актуальным методам лучевой диагностики ЮАН, делает эту тему актуальной для проведения исследовательской работы.

## Материалы и методы

В ходе подготовки работы были проанализированы все пациенты с подтвержденным диагнозом ЮАН, проходившие лечение в НМИЦ им. Д. Рогачева в период с 2014 по 2022 год включительно. Всего было проанализировано 147 пациентов в возрасте от 7 до 18 лет. Из их числа в соответствии с критериями включения была сформирована исследуемая группа пациентов.

Критерии включения были следующими: отсутствие предшествующего хирургического лечения в анамнезе; наличие полной предоперационной эмболизации питающих опухоль сосудов; наличие данных КТ-исследования с контрастным усилением на доопера-

ционном этапе, выполненных в нашем центре или по месту жительства; радикальное удаление опухоли. Критерием исключения из исследуемой группы было несоответствие одному или нескольким критериям включения.

Всего было включено 60 первичных пациентов с ювенильной ангиофибромой носоглотки и основания черепа в возрасте от 8 до 17 лет. Все пациенты были мальчиками. Медиана возраста составила 14 лет, средний возраст — 13,75 года. Медиана продолжительности заболевания на момент операции составляла 7 мес., средняя продолжительность — 10 мес. ЮАН при поступлении стадировались на основе классификации Fish-Andrews. Распределение по стадиям было следующим: I — 1 человек, II — 27 человек, IIIa — 25 человек, IIIb — 4 человека, IVa — 3 человека. В ходе статистического анализа подгруппы были объединены в рамках своей стадии, I и IV стадии не были статистически обработаны ввиду малого количества пациентов.

Для каждого из отобранных пациентов проводился анализ по 44 критериям оценки (табл. 1).

Наличие каждого критерия сопоставлялось с объемом послеоперационной кровопотери с целью поиска возможной взаимосвязи как между отдельными признаками, так и в сочетании. Объем кровопотери фиксировался в истории болезни после операции. Он измерялся в миллилитрах, с помощью визуальной оценки наполнения емкости с мерной шкалой, в которую сливалась кровь, полученная из отсоса в ходе операции. Далее цифра округлялась до значений кратных пятидесяти миллилитрам. Ретроспективные данные об интраоперационной кровопотере в ходе лечения включенных в исследование пациентов были использованы в ходе данной научной работы.

Субъективные характеристики опухоли (контур, форма, структура и т. п.)

Таблица 1

**Характеристики опухоли и опухолевого роста, которые оценивались  
для каждого пациента в ходе исследования**

| <b>Анатомо-топографические характеристики</b>                                                                                      | <b>Рентгенологические характеристики</b>                     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Опухоль распространяется на преддверие носа                                                                                        | Объем опухоли                                                |
| Опухоль занимает до 50 % полости носа                                                                                              | Плотность опухоли в артериальную фазу контрастирования С1    |
| Опухоль занимает более 50 % полости носа                                                                                           | Плотность опухоли в венозную фазу контрастирования С2        |
| Опухоль подрастает к основанию клиновидной пазухи или разрушает ее                                                                 | Нативная плотность опухоли                                   |
| Капсула опухоли подрастает по задней стенке НГ до ее нижнего края                                                                  | Отклонение плотности в артериальную фазу контрастирования С1 |
| Опухоль распространяется в окологлоточное пространство                                                                             | Отклонение плотности в венозную фазу контрастирования С2     |
| Опухоль занимает более 50 % верхнечелюстной пазухи                                                                                 | Отклонение нативной плотности                                |
| Тотальное поражение ячеек решетчатого лабиринта опухолью                                                                           | Количество опухолевых узлов                                  |
| Опухоль прорастает в лобную пазуху                                                                                                 | Структура, однородность                                      |
| Латеральное углубление крыловидной пазухи заполнено опухолью                                                                       | Форма                                                        |
| Крыловидная пазуха заполнена опухолью, разрушена верхняя и/или боковые стенки                                                      | Локализация                                                  |
| Опухоль распространяется через глоточный карман до хряща рваного отверстия                                                         | Ровность контура                                             |
| Большое крыло клиновидной кости разрушено, в проекции находится ткань опухоли                                                      | Четкость контура                                             |
| Видиев канал расширен и/или разрушен опухолью                                                                                      | Отграничение                                                 |
| Опухоль распространяется в подвисочную ямку                                                                                        | Окружающие структуры истончены                               |
| Опухоль расположена в проекции крыловидных мышц                                                                                    | Окружающие структуры смещены                                 |
| Опухоль распространяется в щечную область                                                                                          | Окружающие структуры разрушены                               |
| Крыловидные отросток (-ки) и/или его (их) основания разрушены опухолью                                                             | Крупные видимые сосуды на С1 в проекции опухоли              |
| Опухоль распространяется через нижнюю глазничную щель, в орбиту или выходит через верхнюю глазничную щель, присутствует экзофтальм | Накопление контраста интенсивное                             |
| Опухоль распространяется в переднюю черепную яму                                                                                   | Накопление контраста равномерное                             |
| Опухоль распространяется в среднюю черепную яму                                                                                    | Периостальная реакция                                        |
| Опухоль окутывает хиазму, гипофиз                                                                                                  |                                                              |
| Опухоль прилежит к внутренней сонной артерии                                                                                       |                                                              |

оценивались рентгенологом по факту наличия или отсутствия признака. Например, при наличии четкого контура ставилась отметка ДА, в противном случае — НЕТ.

Объем опухоли определялся методом ручной сегментации в артериальную фазу контрастирования. Опухоль отчетливо видна в эту фазу контрастирования и визуально существенно отличается от окружающих ее тканей. Кисты в толще опухоли размечались как опухоль.

### Статистические методы

Симметрично распределенные данные описывались средним, несимметричные — медианой, первым и третьим квартилями, а также, где необходимо, минимумом и максимумом. Нормальность распределения данных определялась глазомерно или с помощью тестов Шапиро — Уилка или Анскомба-Глинна. Различия непрерывных показателей между двумя группами устанавливались с помощью теста Манна — Уитни. Уровень значимости принимался равным 0,05. Было использовано следующее программное обеспечение: Microsoft Excel 2016 и RStudio Server, версии 1.3.959.

### Результаты и их обсуждение

В результате исследовательской работы были установлены следующие МСКТ характеристики ЮАН: одиночное (100 %); однородной структуры (88,3 %); преимущественно округлой (57 %) или неправильной формы (43 %); с локализацией в носоглотке (98,3 %); расширяющее клиновидно-небное отверстие (98,3 %); с преимущественно четким (76,7 %), ровным (85 %) контуром при оценке в артериальную фазу контрастирования; не имеющее отграничения от окружающих мягких тканей в нативную фазу исследования (100 %); истончающее (86,7 %), разрушающее (86,7 %) и сме-

щающее (96,7 %) окружающие структуры; не вызывающее периостальной реакции (100 %); в толще которого при контрастировании могут определяться крупные сосуды (62 %); интенсивно (100 %) неравномерно (93,3 %) накапливающее контрастный препарат; плотность в нативную фазу контрастирования — медиана 38 HU, Q1 35 HU, Q3 42 HU; плотность в артериальную фазу контрастирования — медиана 90 HU, Q1 75 HU, Q3 119 HU; плотность в венозную фазу контрастирования — медиана 92 HU, Q1 76 HU, Q3 113 HU.

### Результаты однофакторного анализа для кровопотери

В табл. 2 представлен перечень факторов, для которых было установлено статистически значимое различие уровня кровопотери у пациентов с данным фактором и без него.

Среди рентгенологических факторов только объем опухоли имел значимую ассоциацию с кровопотерей ( $p < 0,001$ ) и значимо различался у пациентов с II и III стадиями ( $p < 0,001$ ). Медиана объема опухоли по данным исследования составила 34,8 IQR [21,7–54,5] мл.

### Результаты двухфакторного анализа для кровопотери

На рис. 1 показана линия регрессии. Линейная регрессия логарифма кровопотери на объем опухоли имела небольшую предсказывающую силу ( $r^2 = 0,28$ ). Поскольку влияние объема на кровопотерю в ходе удаления фиброзно-сосудистой опухоли представлялось нам очевидным, в ходе исследования было решено проверить, дает ли двухфакторная линейная регрессионная модель зависимости кровопотери от объема опухоли и какого-либо анатомического фактора хороший прогноз, лучший, чем просто с одним объемом.

Таблица 2

**Различия уровня кровопотери между пациентами с наличием  
и отсутствием характеристики опухоли**

| Характеристика распространения опухоли                                           | р – значение<br>теста Манна – Уитни |
|----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| Большое крыло клиновидной кости разрушено,<br>в проекции находится ткань опухоли | 0,001                               |
| Опухоль занимает более 50 % верхнечелюстной пазухи                               | 0,015                               |
| Опухоль расположена в проекции крыловидных мышц                                  | < 0,001                             |
| Крыловидный отросток (-ки) и/или его (их) основание<br>разрушены опухолью        | < 0,001                             |
| Крыловидная пазуха заполнена опухолью, разрушена<br>верхняя и/или боковые стенки | 0,001                               |
| Латеральное углубление крыловидной пазухи<br>заполнено опухолью                  | 0,005                               |
| Опухоль занимает более 50 % полости носа                                         | 0,008                               |
| Опухоль распространяется в подвисочную ямку                                      | 0,005                               |
| Опухоль распространяется в среднюю черепную яму                                  | 0,003                               |
| Опухоль распространяется в щечную область                                        | 0,02                                |

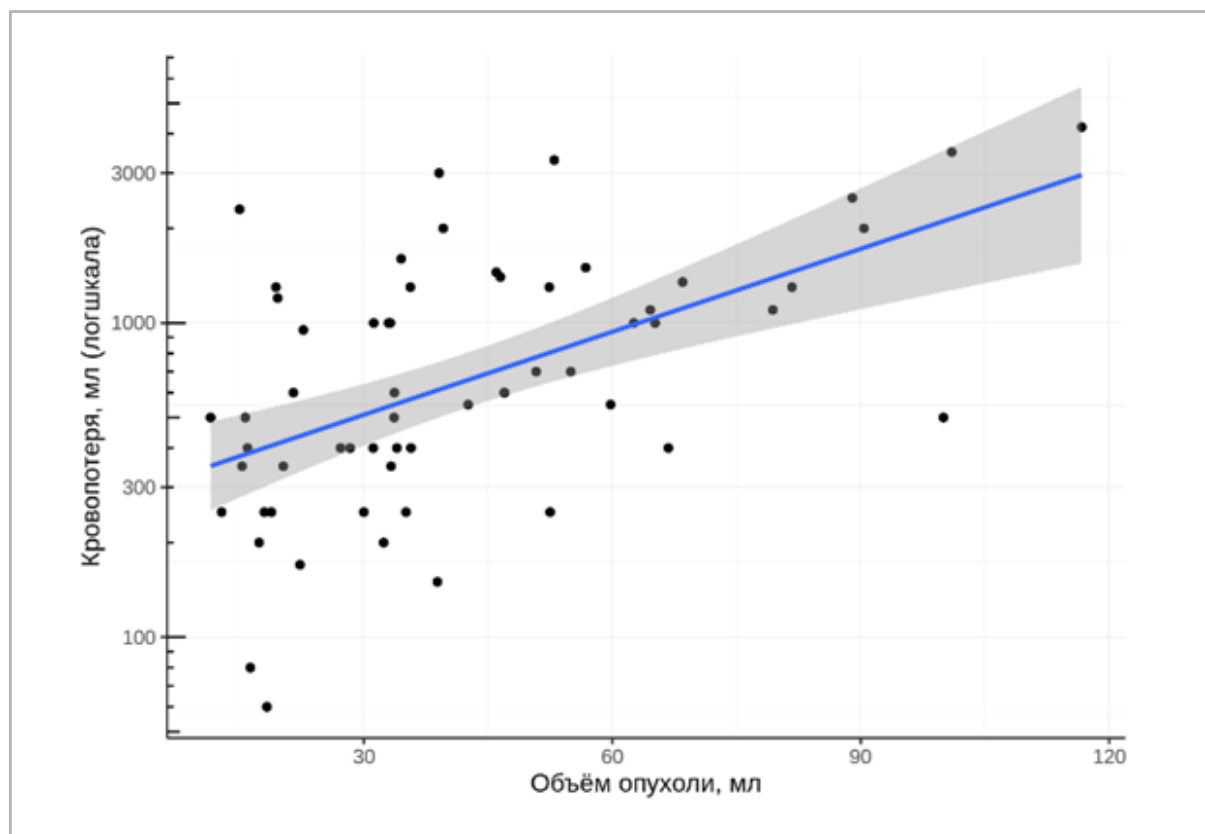


Рис. 1. Зависимость объема опухоли и кровопотери в исследуемой группе пациентов

Модели кровопотери строились с логарифмами кровопотери, поскольку в отличие от оригинальных эти значения были распределены нормально. Линейная регрессионная модель с логарифмом в общем виде была следующей:

$$\log_{10} [\text{Объем кровопотери}] = \alpha + SS_1 \times [\text{Анатомический фактор}] + SS_2 \times [\text{Объем опухоли}] + \epsilon,$$

где [Анатомический фактор] принимает значения 0 или 1 в зависимости от его наличия, а  $\epsilon$  – случайный шум (нормальная случайная величина со средним 0).

Из 10 исходных анатомических критериев, давших статистически значимые различия в уровне кровопотери в ходе предварительного анализа, 6 показали значимые различия в кровопотере при двухфакторном регрессионном анализе (рис. 2). Сами факторы и оценка влияния на кровопотерю, полученная в результате применения модели линейной регрессии, представлены ниже.

1. Опухоль занимает более 50 % полости носа — при наличии критерия объем кровопотери в среднем больше в 1,6 раза, чем без него, при прочих равных.
2. Клиновидная пазуха, верхняя и/или боковые стенки разрушены — объем кровопотери в среднем больше в 1,9 раза при прочих равных.
3. Опухоль в проекции средней черепной ямки — объем кровопотери в среднем больше в 1,6 раза при прочих равных.
4. Крыловидный отросток разрушен опухолью — объем кровопотери в среднем больше в 2 раза при прочих равных.
5. Опухоль в проекции крыловидных мышц — объем кровопотери в среднем больше в 2,1 раза при прочих равных.
6. Большое крыло клиновидной кости разрушено, в проекции присутствует ткань опухоли — объем кровопо-

тери в среднем больше в 1,6 раза при прочих равных.

## Результаты многофакторного анализа и построение моделей для кровопотери

Для дальнейшего моделирования из факторов, давших значимые коэффициенты при двухфакторной регрессии, были выбраны те, остатки которых были нормально распределенными по результатам тестов Шапиро — Уилка и визуальной оценки графиков квантиль-квантиль. Нормально распределенные остатки имели следующие факторы: опухоль занимает более 50 % полости носа; крыловидная пазуха заполнена опухолью, разрушена верхняя и/или боковые стенки; крыловидный отросток (-ки) и/или его (их) основание разрушены опухолью; опухоль расположена в проекции крыловидных мышц; большое крыло клиновидной кости разрушено, в проекции находится ткань опухоли. Со всеми из вышеуказанных факторов были сформированы все возможные пары и к каждой паре также был добавлен третий фактор в виде объема опухоли. Для каждого сочетания были построены линейные регрессионные модели зависимости логарифма кровопотери от трех факторов. Целью построения многофакторных моделей являлась оценка вероятности превышения величинами интереса критических значений при различных значениях факторов, входящих в модель. Для кровопотери критическим было выбрано значение в 1000 мл. Его превышение считалось авторами значительной кровопотерей в ходе данного исследования. Предсказательная сила каждой модели была исследована с помощью ROC-анализа, а именно для события «кровопотеря превысит 1000 мл» были рассчитаны показатели площади под кривой (AUC), характеризующие чувствительность и специфичность моделей (рис. 3).

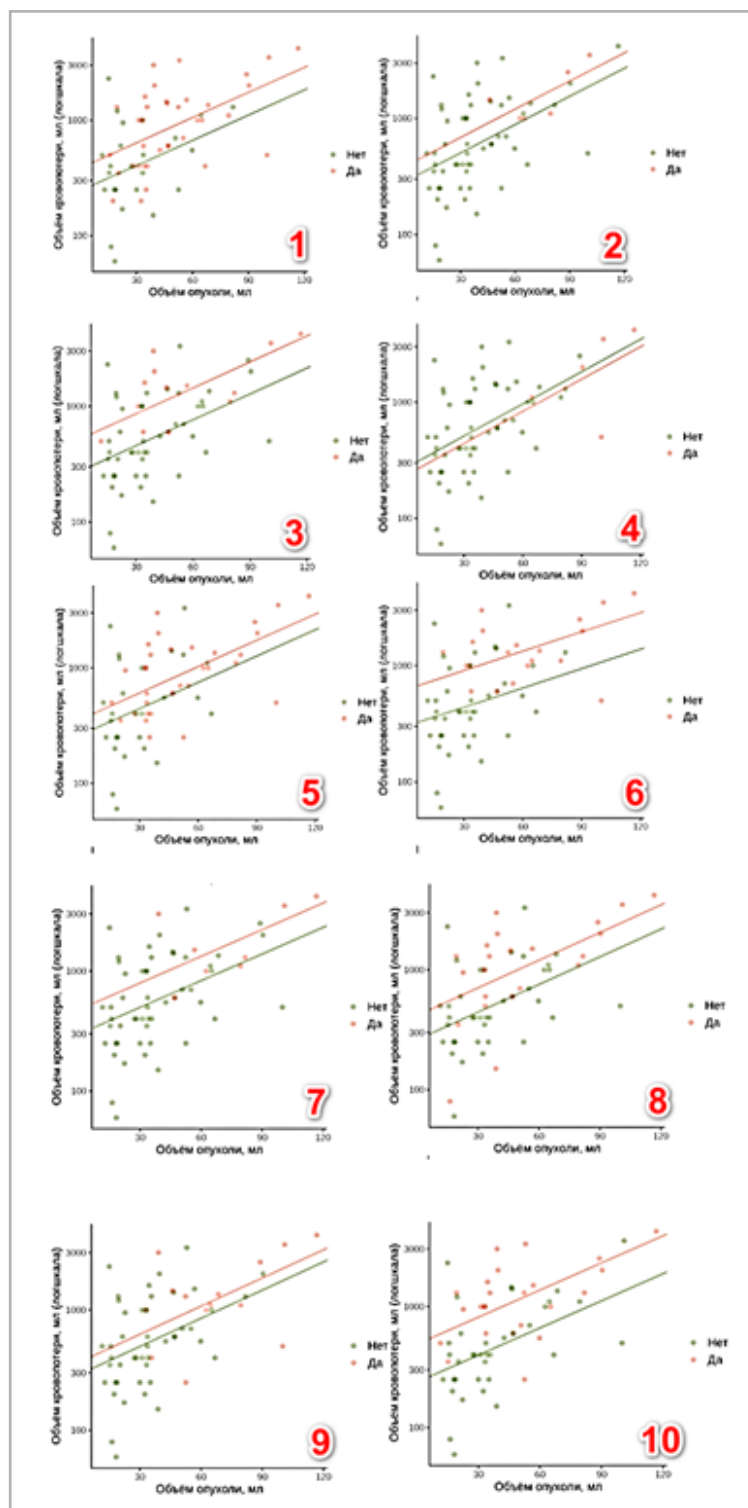


Рис. 2. Графики совместного распределения объема опухоли и кровопотери с линиями двухфакторной регрессии, иллюстрирующие зависимость средней кровопотери от объема опухоли для пациентов с наличием определенного анатомического фактора и без такового. 1 — опухоль занимает более 50 % полости носа; 2 — опухоль занимает более 50 % верхнечелюстной пазухи; 3 — крыловидная пазуха заполнена опухолью, разрушена верхняя и/или боковые стенки; 4 — опухоль распространяется в щечную область; 5 — латеральное углубление крыловидной пазухи заполнено опухолью; 6 — опухоль расположена в проекции крыловидных мышц; 7 — опухоль распространяется в среднюю черепную яму; 8 — большое крыло клиновидной кости разрушено, в проекции находится ткань опухоли; 9 — опухоль распространяется в подвисочную ямку; 10 — крыловидный отросток (-ки) и/или его (-их) основание разрушены опухолью

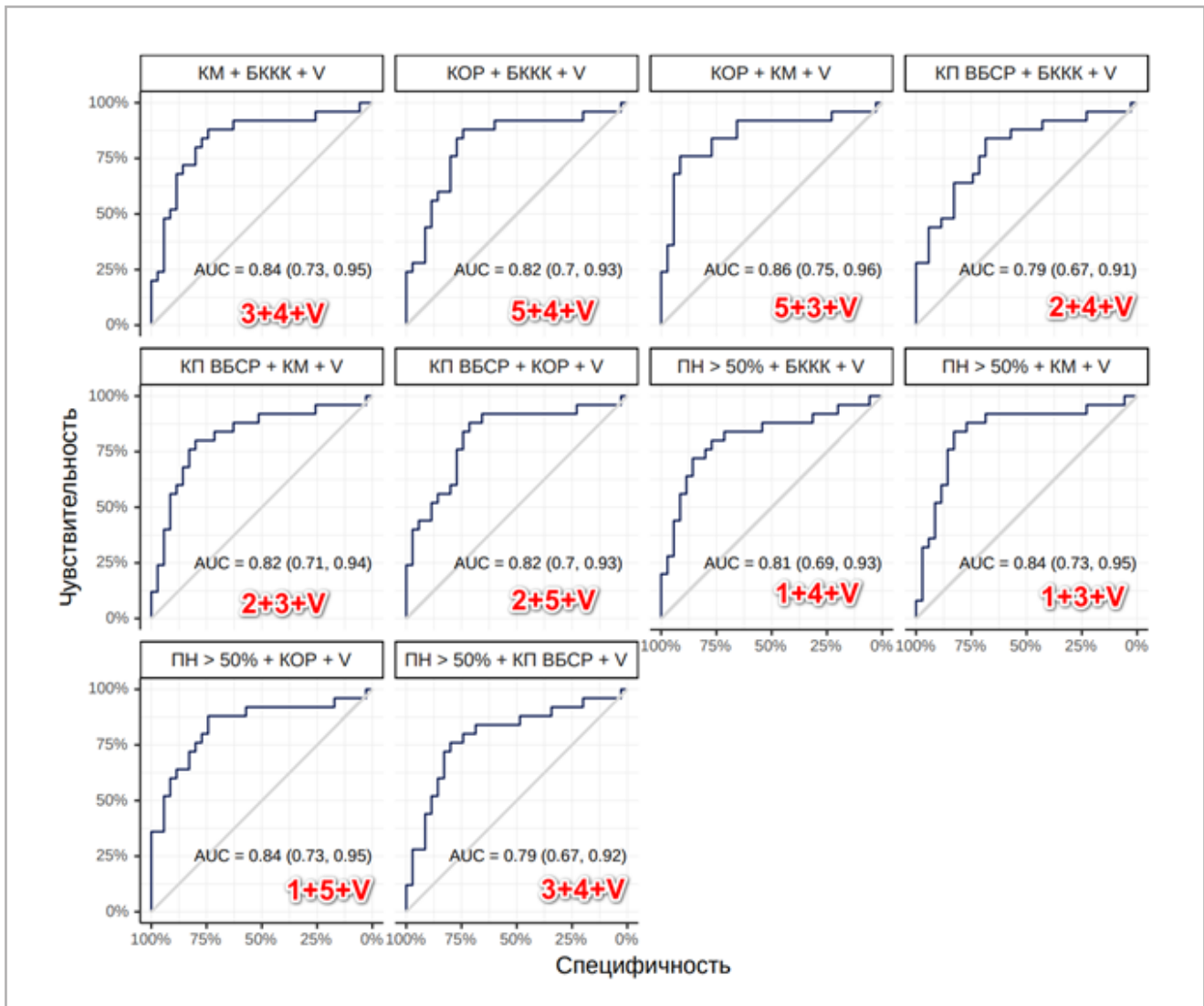


Рис. 3. ROC-кривые для всех возможных сочетаний факторов. 1 — опухоль занимает более 50 % полости носа; 2 — крыловидная пазуха заполнена опухолью, разрушена верхняя и/или боковые стенки; 3 — опухоль расположена в проекции крыловидных мышц; 4 — большое крыло клиновидной кости разрушено, в проекции находится ткань опухоли; 5 — крыловидный отросток (-ки) и/или его (их) основание разрушены опухолью; V — объем опухоли

Чтобы убедиться, что полученные результаты не случайны и могут быть воспроизведены на расширенных выборках, была проведена кросс-валидация результатов на существующей выборке. Кросс-валидация (перекрестная проверка) заключается в том, что существующая выборка из 60 пациентов делится несколько раз случайным образом на две неравные части — на одной части строится линейная модель, дающая коэффициенты, а на другой части полученная модель тестируется. Тест

заключается в том, чтобы проверить, насколько точно полученная линейная модель предсказывает превышение кровопотерей 1000 мл на тестовой выборке.

Из итоговых моделей были отобраны три модели со значением медианы, равным и превышающим 0,85. Ими стали следующие модели: «опухоль занимает более 50 % полости носа», «крыловидный отросток (-ки) и/или его (их) основание разрушены опухолью», «объем опухоли»; «опухоль занимает более 50 % полости носа», «опухоль располо-

жена в проекции крыловидных мышц», «объем опухоли»; «опухоль расположена в проекции крыловидных мышц», «крыловидный отросток (-ки) и/или его (их) основание разрушены опухолью», «объем опухоли». На основе этих моделей создан способ прогнозирования объема интраоперационной кровопотери на основе данных МСКТ визуализации.

В ходе исследования были проанализированы возможные направления распространения ЮАН. Они были оформлены в виде схемы (рис. 4).

Во всех случаях было выявлено отсутствие поражения решетчатой кости и лобной пазухи в исследуемой группе. В исследовании был один пациент, у которого рост был не похож на все остальные случаи. Опухоль исходила из зоны клиновидно-небного отверстия, но росла в латеральную от него сторону и не

распространялась в носоглотку совсем, при том что объем опухоли был значительный (рис. 5). Мы не встретили вариантов билатерального распространения опухоли, хотя подобные случаи описаны в литературе. Крыловидная пазуха является типичной зоной, которая вовлекается в рост ЮАН. Ее поражение в том или ином виде встречалось практически у всех исследованных пациентов. Важным направлением роста является распространение опухоли по области клиновидной кости, ее толще и крыловидным отросткам. Расширение и разрушение видиева канала является частым вариантом распространения при ЮАН. Среди наших пациентов данная находка отмечалась у 40 человек (66,7 %).

При планировании исследования мы ожидали, что повреждение видиева канала станет важным фактором, свя-

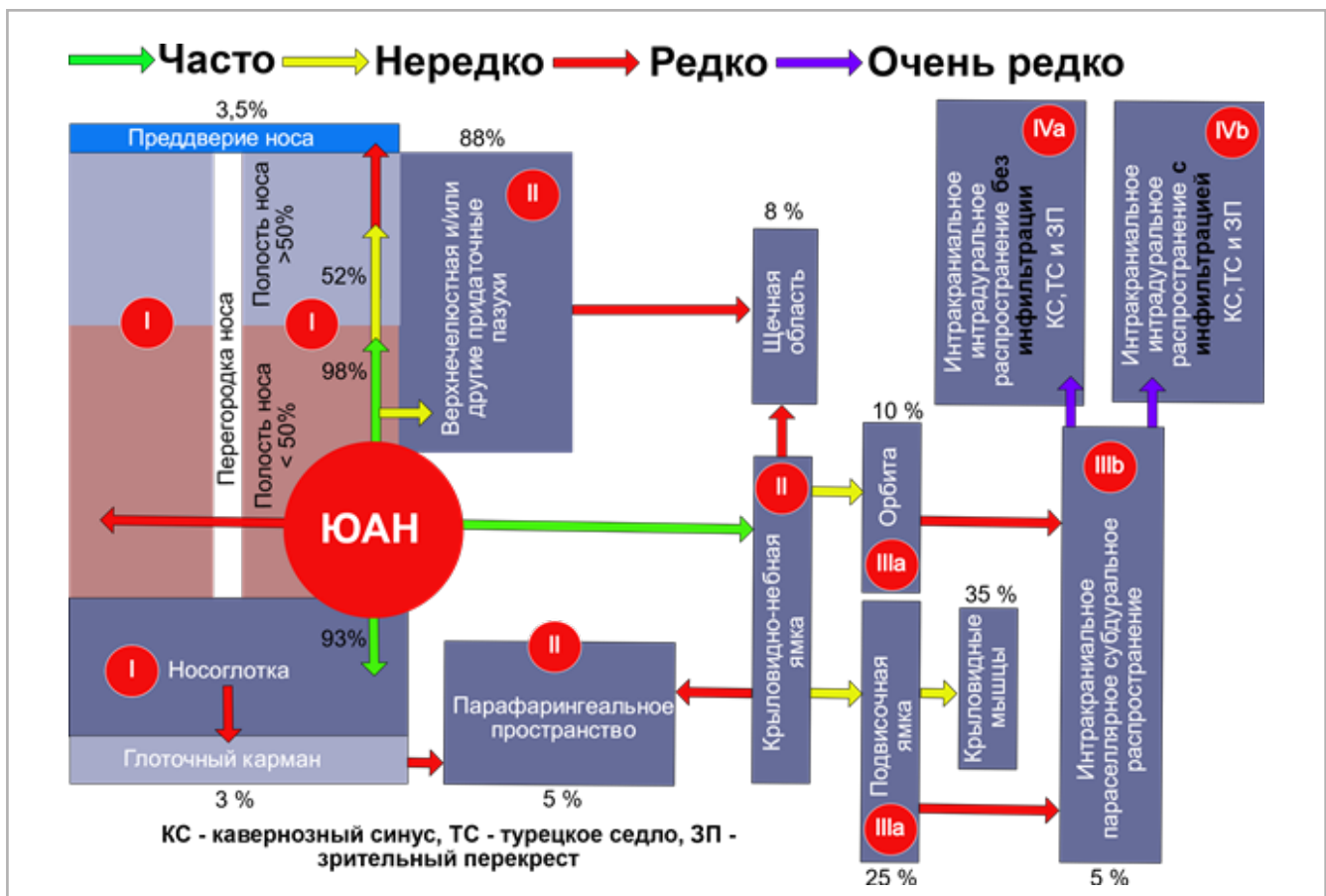


Рис. 4. Схема распространения ЮАН через естественные анатомические пространства из исходной локализации с указанием частоты распространения в указанные области по данным исследования

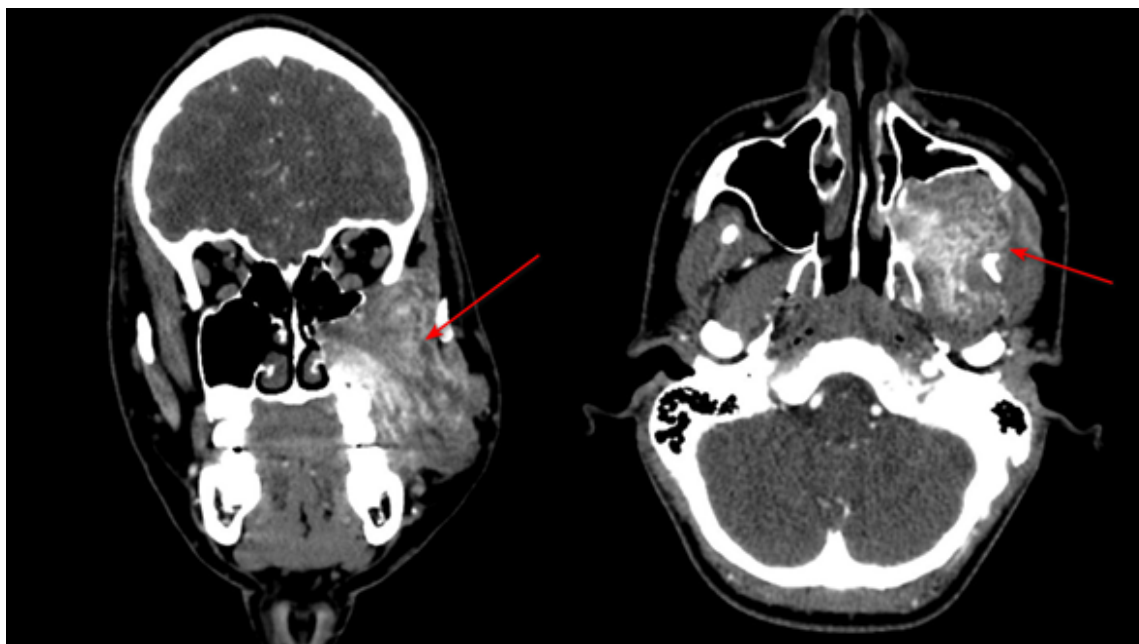


Рис. 5. Ангиофиброма с нетипичным ростом. МСКТ головы с контрастным усилением. Корональная и аксиальная проекции. Артериальная фаза контрастирования. Экстраназофарингеальная форма ЮАН (стрелками указана опухоль)

занным с кровопотерей, однако данная гипотеза не нашла статистического подтверждения в нашем исследовании. Поскольку опухоль расположена на основании черепа, доступ к ней через ограниченные пространства полости носа затруднен. Инструментально удалить узлы целиком становится сложнее, чаще происходят разрывы и фрагментация опухолевого узла. Это приводит к увеличению времени операции и, таким образом, усилению кровопотери. Поэтому объем предполагался одним из ключевых факторов, влияющих на кровопотерю, что и было подтверждено нами в ходе исследования. При разрушении большого крыла клиновидной кости, при инструментальном удалении опухолевого узла, часто происходит значительное венозное кровотечение из губчатой ткани кости. До полного удаления объема опухолевой ткани не получается убедиться в отсутствии там остаточного компонента опухоли, который продолжает все это время кровоточить, и установить туда гемостатические материалы, что с учетом наличия в этой области

обширных коллатералей артериального кровоснабжения из бассейна внутренней сонной артерии приводит к возникновению более интенсивного артериально-венозного кровотечения. Вероятно, эти обстоятельства объясняют, почему этот фактор также оказался одним из основных. Объем опухоли, занимающий более половины полости носа, осложняет течение операции на начальном этапе. Если опухоль занимает меньший объем, к ней легче обеспечить доступ. Гораздо легче обеспечить опухолевый гемостаз. Таким образом первый этап получается «сухим» и не приводит к значительной кровопотере. В противном случае оперативный простор и поле зрения ограничены, необходимым этапом становится частичная фрагментация опухоли, что сразу приводит к интенсивному кровотечению из опухоли. Последнее обуславливает необходимость промежуточных гемостатических манипуляций, что удлиняет время операции и приводит к дополнительному увеличению интраоперационной кровопотери. Парафарингеальный компонент, как правило,

расположен либо позади крыловидных отростков, либо в проекции, разрушая латеральную пластинку. Часто этот фактор встречается при большом объеме опухоли. Удаление этого компонента часто сопряжено с кровотечением из поврежденных венозных сплетений крыловидной и подвисочной ямок, что требует дополнительной компрессии и использования гемостатических материалов, что затрудняет хирургические манипуляции в данной области, приводя к увеличению времени операции и кровопотере. Основание крыловидного отростка при повреждении опухолью дает схожие проблемы с теми, которые наблюдаются при проникновении опухоли в основание клиновидной кости. Это венозное кровотечение и затрудненный обзор для контроля переднего и нижнего компонентов опухоли на наличие возможных остаточных компонентов. Само по себе наличие узла в клиновидной пазухе редко приводит к проблемам во время операции, за исключением случаев, когда происходит истончение или разрушение латеральных или верхней стенок. В таких случаях при тракции опухолевого узла происходит травмирование внутричерепных коллатеральных источников кровоснабжения опухоли и возникает дополнительное трудно купируемое кровотечение. При заполнении опухолью латерального углубления пазухи без сопутствующих изменений стенок и основания клиновидной кости редко наблюдаются какие-либо проблемы. Узел опухоли вывихивается без каких-либо проблем. Результаты по данному фактору в нашем исследовании, по-видимому, обусловлены конкретной выборкой пациентов с наличием большого количества сочетаний с озвученными выше факторами, что и привело к положительной ассоциации данного фактора с кровопотерей. Тем не менее считаем целесообразным учитывать его в протоколах заключения, поскольку фактор в сочетании с другими достовер-

но увеличивал кровопотерю по данным исследования.

Вопросы лучевой диагностики ЮАН последние годы в профессиональных журналах освещаются скупо. Так, за последние 5 лет на Pubmed удалось обнаружить лишь одну зарубежную публикацию на эту тему, посвященную МРТ в диагностике ЮАН.

Там на основе анализа данных 47 пациентов обобщаются данные по МРТ семиотике и локализации первичной опухоли. Так, по данным авторов, в 98,2 случая опухоль расположена в носоглотке [6], что совпадает с результатами нашего исследования.

В отечественной литературе, по данным ресурса E-library.ru, за последние 5 лет было опубликовано 23 статьи на темы, связанные с ЮАН. Из них лучевой диагностики напрямую не касалась ни одна из них, за исключением нашего обзора литературы 2020 года. Все они были посвящены хирургическим аспектам ее лечения. Однако вопросы лучевой диагностики ЮАН исследовали раньше. Так, в 2010 году была опубликована работа Щуровой И. Н. и соавт., представляющими ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н. Н. Бурденко» Минздрава России, Москва, которые на примере 14 пациентов исследовали возможности КТ перфузии в диагностике продолженного роста ангиофибромы [7].

В нашем исследовании на группе из 60 пациентов мы установили МСКТ признаки первичной неоперированной ангиофибромы в условиях контрастирования, определили типичные пути ее роста и характеристики опухоли, которые влияют на интраоперационную кровопотерю в условиях предварительной эмболизации питающих ее сосудов. Исследование является одним из крупнейших на тему лучевой диагностики ЮАН за последние годы не только в России, но и за рубежом. Мы собираемся продолжать изучать этот вопрос. Планируется увеличение количества пациентов в

выборке с целью проверки и улучшения качества моделей, полученных нами, а также изучение МРТ признаков ЮАН на репрезентативной выборке пациентов. Отдельно мы планируем изучать изменчивость опухоли на фоне предоперационной противоопухолевой терапии, а также совместно с радиологами центра изучить возможность диагностики остаточного компонента ЮАН с помощью  $^{68}\text{Ga}$ -PSMA ПЭТ/КТ.

## Выводы

Таким образом, у ЮАН есть ряд рентгенологических признаков, которые встречались в большинстве наблюдений. Имеется достоверная связь между объемом опухоли и рядом характеристик ее роста и объемом интраоперационной кровопотери. Необходимо дальнейшее изучение влияния предоперационного моделирования на изменение фактической кровопотери, а также дальнейшее совершенствование полученных моделей за счет включения в них данных из других лечебных учреждений.

## Список источников

1. Грачев Н. С., Ворожцов И. Н., Фролов С. В., Терещенко Г. В. Опыт трансназальной эндоскопической хирургии ювенильной ангиофибromы основания черепа и носоглотки без выполнения предоперационной эмболизации // Вестник оториноларингологии. 2020. Т. 85, № 4. С. 85–88. <https://doi.org/10.17116/otorino20208504185>
2. Бекпан А. Ж., Ауталипов Д. Х., Дженилаев Д. Б. Первый опыт эндоскопического удаления юношеской ангиофибromы носоглотки у детей // Российский вестник детской хирургии, анестезиологии и реаниматологии. 2022. Т. 12, № 5. С. 28. <https://doi.org/10.17816/psaic.2022>
3. Щурова И. Н., Нерсисян М. В., Прошин И. Н., Корниенко В. Н., Капитанов Д. Н. Применение перфузионной КТ в диагностике юношеских ангиофибром

основания черепа // Медицинская визуализация. 2010. № 1. С. 17–25.

4. Зябкин И. В., Яременко Е. Ю., Юнусов А. С., Гаращенко Т. И., Грачев Н. С. Фармакоэкономический анализ хирургического лечения ювенильной ангиофибromы носоглотки и основания черепа в зависимости от степени предоперационной эмболизации // Медицинский совет. 2022. Т. 16, № 12. С. 160–172. <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2022-16-12-1>
5. Грачев Н. С., Ворожцов И. Н., Фролов С. В., Полев Г. А. Хирургические методы лечения ювенильной ангиофибromы носоглотки // Педиатрия. Журнал им. Г. Н. Сперанского. 2019. Т. 98, № 4. С. 205–209. <https://doi.org/10.24110/0031-403X-2019-98-4-205-209>
6. Грачев Н. С., Ворожцов И. Н., Полев Г. А., Фролов С. В. Хирургическое лечение ювенильной ангиофибromы носоглотки и основания черепа // Современные аспекты хирургии головы и шеи: Научно-практическая конференция, Тюмень, 20–21 сентября 2019 года. Тюмень: Общество с ограниченной ответственностью «Издательство «Мир науки»», 2019. С. 50–51. Режим доступа: <https://izd-mn.com/PDF/34MNNPK19.pdf> ISBN 978-5-6043306-4-7
7. Baba A., Kurokawa R., Kurokawa M., Srinivasan A. MRI Features of Sinonasal Tract Angiofibroma / Juvenile Nasopharyngeal Angiofibroma: Case Series and Systematic Review. J. Neuroimaging. 2023 Sep-Oct;33(5):675-687. <https://doi.org/10.1111/jon.13116>. Epub 2023 May 10.

## References

1. Grachev N. S., Vorozhtsov I. N., Frolov S. V., Tereshchenko G. V. Experience of Transnasal Endoscopic Surgery of Juvenile Angiofibroma of the Skull Base and Nasopharynx Without Preoperative Embolization. *Otorhinolaryngology Bul.* 2020; 85(4):85-88. (In Russ.). <https://doi.org/10.17116/otorino20208504185>

2. Bekpan A. J., Autalipov D. H., Djenalae D. B. The First Experience of Endoscopic Removal of Juvenile Nasopharyngeal Angiofibroma in Children. *Russian Messenger of Pediatric Surgery, Anesthesiol. and Reanimatol.* 2022;12(S):28. (In Russ.). <https://doi.org/10.17816/psaic.2022>
3. Shchurova I. N., Nersesyan M. V., Pronin I. N., Kornienko V. N., Kapitanov D. N. Application of Perfusion CT in the Diagnosis of Juvenile Angiofibromas of the Skull Base. *Medical Visualization.* 2010; 1:17-25. (In Russ.).
4. Zhabkin I. V., Yaremenko E. Yu., Yunusov A. S., Garaschenko T. I., Grachev N. S. Pharmacoeconomic Analysis of Surgical Treatment of Juvenile Angiofibroma of the Nasopharynx and Skull Base Depending on the Degree of Preoperative Embolization. *Meditsinskiy Sovet.* 2022; 16(12):160-172. (In Russ.). <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2022-16-12-1>
5. Grachev N. S., Vorozhtsov I. N., Frolov S. V., Polev G. A. Surgical Methods of Treatment of Juvenile Angiofibroma of the Nasopharynx. *Pediatria n.a. G. N. Speransky.* 2019;98(4):205-209. (In Russ.). <https://doi.org/10.24110/0031-403X-2019-98-4-205-209>
6. Grachev N. S., Vorozhtsov I. N., Polev G. A., Frolov S. V. Surgical Treatment of Juvenile Angiofibroma of the Nasopharynx and Skull Base. Modern aspects of head and neck surgery: A Scientific and Practical Conference, Tyumen, September 20–21, 2019. Tyumen: Limited Liability Company «Publishing House «World of Science»». 2019. P. 50–51. (In Russ.). Access mode: <https://izd-mn.com/PDF/34MNNPK19.pdf> ISBN 978-5-6043306-4-7
7. Baba A., Kurokawa R., Kurokawa M., Srinivasan A. MRI Features of Sinonasal Tract Angiofibroma / Juvenile Nasopharyngeal Angiofibroma: Case Series and Systematic Review. *J. Neuroimaging.* 2023 Sep-Oct;33(5):675-687. <https://doi.org/10.1111/jon.13116>. Epub 2023 May 10.

## Сведения об авторах / Information about the authors

**Краснов Алексей Сергеевич**, врач-рентгенолог, научный сотрудник отдела лучевой диагностики, ассистент кафедры лучевой диагностики с курсом ультразвуковой и функциональной диагностики. Национальный медицинский исследовательский центр детской гематологии, онкологии и иммунологии им. Дмитрия Рогачева, Москва, Россия.

117997, г. Москва, ул. Саморы Машела, д. 1.  
+7 (495) 287-65-70

Вклад автора: выполнение научно-исследовательской работы, сбор и обработка данных исследования, оценка полученных данных в соответствии с целями и задачами исследования, статистический анализ, написание текста рукописи, подготовка к публикации, создание схем и картинок, принятие ответственности за все аспекты работы, целостность всех частей статьи и ее окончательный вариант.

**Krasnov Alexey Sergeevich**, radiologist, researcher of the Department of Radiologic Diagnostics, assistant of the Department of Radiologic Diagnostics with a course of ultrasound and functional diagnostics. Dmitry Rogachev National Medical Research Center of Children's Hematology, Oncology and Immunology, Moscow, Russia.

1, st. Samora Mashela, Moscow, 117997, Russia.

Author's contribution: performing research work, collection and processing of research data, evaluation of the obtained data in accordance with the goals and objectives of the study, statistical analysis, writing the manuscript, preparation for publication, creating schemes and pictures, taking responsibility for all aspects of the work, integrity of all parts of the article and its final version.

**Грачев Николай Сергеевич**, доктор медицинских наук, врач-хирург, заместитель генерального директора, директор Института детской хирургии и онкологии. Национальный медицинский исследовательский центр детской гематологии, онкологии и иммунологии им. Дмитрия Рогачева, Москва, Россия.

117997, г. Москва, ул. Саморы Машела, д. 1.  
+7 (495) 287-65-70

Вклад автора: непосредственное хирургическое лечение пациентов, включенных в исследование. Консультирование по хирургическим аспектам исследовательской работы.

**Grachev Nikolay Sergeevich**, Doctor of Medical Sciences, Surgeon, Deputy Director General, Director of the Institute of Pediatric Surgery and Oncology. Dmitry Rogachev National Medical Research Center of Pediatric Hematology, Oncology and Immunology, Moscow, Russia.

1, st. Samora Mashela, Moscow, 117997, Russia.

+7 (495) 287-65-70

Author's contribution: direct surgical treatment of the patients included in the study. Consulting on surgical aspects of the research work.

**Ворожцов Игорь Николаевич**, кандидат медицинских наук, врач-хирург, заведующий отделением хирургии головы и шеи. Национальный медицинский исследовательский центр детской гематологии, онкологии и иммунологии им. Дмитрия Рогачева, Москва, Россия.

117997, г. Москва, ул. Саморы Машела, д. 1.

+7 (495) 287-65-70

Вклад автора: непосредственное хирургическое лечение пациентов, включенных в исследование, консультирование по хирургическим аспектам исследовательской работы.

**Vorozhtsov Igor Nikolaevich**, Candidate of Medical Sciences, Surgeon, Head of Head and Neck Surgery Department, Dmitry Rogachev National Medical Research Center for Children's Hematology, Oncology and Immunology, Moscow, Russia.

1, st. Samora Mashela, Moscow, 117997, Russia.

+7 (495) 287-65-70

Author's contribution: direct surgical treatment of the patients included in the study. Consulting on surgical aspects of the research work.

**Терещенко Галина Викторовна**, кандидат медицинских наук, врач-рентгенолог, руководитель научного отдела лучевой диагностики, заведующая кафедрой лучевой диагностики с курсом ультразвуковой и функциональной диагностики. Национальный медицинский исследовательский центр детской гематологии, онкологии и иммунологии им. Дмитрия Рогачева, Москва, Россия.

117997, г. Москва, ул. Саморы Машела, д. 1.

+7 (495) 287-65-70

Вклад автора: научное руководство над исследовательской работой, финальное утверждение целей, задач и методов исследования. Оценка итогов исследования, редактирование и окончательное утверждение публикации.

**Tereshchenko Galina Viktorovna**, Candidate of Medical Sciences, radiologist, head of the Scientific Department of Radiologic Diagnostics, Head of the Department of Radiologic Diagnostics with a course of ultrasound and functional diagnostics. Dmitry Rogachev National Medical Research Center of Pediatric Hematology, Oncology and Immunology, Moscow, Russia.

1, st. Samora Mashela, Moscow, 117997, Russia.

+7 (495) 287-65-70

Author's contribution: scientific supervision of the research work, final approval of the goals, objectives and methods of research. Evaluation of the research results, editing and final approval of the publication.

**Левин Павел Александрович**, медико-биологический статистик. Национальный медицинский исследовательский центр детской гематологии, онкологии и иммунологии им. Дмитрия Рогачева, Москва, Россия.

117997, г. Москва, ул. Саморы Машела, д. 1.

+7 (495) 287-65-70

Вклад автора: определение объема и инструментов статистической обработки, консультирование по вопросам статистического анализа, помощь в создании математических моделей на основе данных исследовательской работы.

**Levine Pavel Aleksandrovich**, Biomedical statistician. Dmitry Rogachev National Medical Research Center for Pediatric Hematology, Oncology and Immunology, Moscow, Russia.

1, st. Samora Mashela, Moscow, 117997, Russia.

+7 (495) 287-65-70

Author's contribution: defining the scope and tools of statistical processing. Advice on statistical analysis, assistance in creating mathematical models based on the data of the research work.

Статья поступила в редакцию 22.11.2023;  
одобрена после рецензирования 22.11.2023;  
принята к публикации 12.03.2024.

The article was submitted 22.11.2023;  
approved after reviewing 22.11.2023;  
accepted for publication 12.03.2024.



## КЛИНИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ И КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

Краткое сообщение

УДК 616.61-008.64

<https://doi.org/10.52560/2713-0118-2024-2-107-118>

### Доклиническая ультразвуковая диагностика гемолитико-уремического синдрома у ребенка. Клиническое наблюдение

Елена Борисовна Ольхова<sup>1</sup>, Виктория Олеговна Соболева<sup>2</sup>,  
Мария Михайловна Федосеева<sup>3</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Российский университет медицины» Минздрава России, Москва, Россия

<sup>1,2,3</sup> ГБУЗ «Детская городская клиническая больница святого Владимира Департамента  
здравоохранения города Москвы», Москва, Россия

<sup>1</sup> elena-olchova@bk.ru, <http://orcid.org/0000-0003-3757-8001>

<sup>2</sup> soboleva.vo@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0002-8252-2632>

<sup>3</sup> m.m\_fedosееva@bk.ru, <http://orcid.org/0000-0002-0382-5425>

Автор, ответственный за переписку: Елена Борисовна Ольхова, elena-olchova@bk.ru

#### Резюме

Гемолитико-уремический синдром (ГУС) — одно из наиболее тяжелых состояний в детской практике. Острое почечное повреждение (ОПП), являющееся компонентом ГУС, обуславливает необходимость максимально ранней диагностики и оказания экстренной медицинской помощи. Большинство пациентов раннего детского возраста страдают от диссеминированного (Д+) ГУС, что определяет значимость эхографического поиска признаков поражения почек у пациентов раннего возраста с тяжелым гемоколитом. В статье приводится наблюдение доклинической диагностики ОПП у ребенка 2 лет 11 мес. с гемоколитом, когда признаки ГУС в виде изменений эхоструктуры почечной паренхимы и критических нарушений ренальной гемодинамики были обнаружены до клинических проявлений ОПП. Наблюдение иллюстрировано эхограммами и сопровождается кратким обзором литературы.

**Ключевые слова:** ультразвуковая диагностика, гемолитико-уремический синдром, дети

**Для цитирования:** Ольхова Е. Б., Соболева В. О., Федосеева М. М. Доклиническая ультразвуковая диагностика гемолитико-уремического синдрома у ребенка. Клиническое наблюдение // Радиология — практика. 2024;(2):107-118. <https://doi.org/10.52560/2713-0118-2024-2-107-118>

#### Источники финансирования

Исследование не финансировалось какими-либо источниками.

© Ольхова Е. Б., Соболева В. О., Федосеева М. М., 2024

### Конфликт интересов

Авторы заявляют, что данная работа, ее тема, предмет и содержание не затрагивают конкурирующих интересов. Мнения, изложенные в статье, принадлежат авторам рукописи. Авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

### Соответствие принципам этики

Работа соответствует этическим нормам Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека» с поправками 2008 года и «Правилами клинической практики в Российской Федерации», утвержденными Приказом Минздрава РФ от 19.06.2003.

## CLINICAL REVIEWS AND SHORT REPORTS

### Short report

## Preclinical diagnostics hemolytic-uremic syndrome in a child. Clinical observation

Elena B. Olkhova<sup>1</sup>, Viktoriya O. Soboleva<sup>2</sup>, Maria M. Fedoseeva<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Russian University of Medicine» of the Ministry of Healthcare of the Russia, Moscow, Russia

<sup>1,2,3</sup> Clinical Municipal Children Hospital St. Vladimir of the Department of Healthcare of Moscow, Russia

<sup>1</sup> elena-olchova@bk.ru, <http://orcid.org/0000-0003-3757-8001>

<sup>2</sup> soboleva.vo@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0002-8252-2632>

<sup>3</sup> m.m\_fedoseeva@bk.ru, <http://orcid.org/0000-0002-0382-5425>

Corresponding author: Elena B. Olkhova, elena-olchova@bk.ru

### Abstract

Hemolytic – uremic syndrome (HUS) is one of the most severe conditions in pediatric practice. Acute kidney failure (AKF), which is a component of HUS, requires the earliest diagnosis and emergency medical care. Most of the young patients suffer from diarrhea-associated (D+) HUS, so ultrasound marks of kidney injury very important for young patients with severe hemocolitis. In this article we present the observation of preclinical diagnostics AKF the child 2 years and 11 month old with hemocolitis, when HUS's marks (such as structure's changes of the renal parenchyma and critical changes of renal hemodynamics) were detected before clinical manifestation AKF. This observation is illustrated with echograms and accompanied by a brief review of the literature.

**Keywords:** Ultrasonography, Hemolytic-uremic syndrome, Children

**For citation:** Olkhova E. B., Soboleva V. O., Fedoseeva M. M. Preclinical diagnostics hemolytic-uremic syndrome in a child. Clinical observation. *Radiology – Practice*. 2024;2:107-118. (In Russ.). <https://doi.org/10.52560/2713-0118-2024-2-107-118>

## Funding

The study was not funded by any sources.

## Conflicts of Interest

The authors state that this work, its topic, subject and content do not affect competing interests. The opinions expressed in the article belong to the authors of the manuscript. The authors confirm the compliance of their authorship with the international ICMJE criteria (all authors have made a significant contribution to the development of the concept, the preparation of the article, read and approved the final version before publication).

## Compliance with Ethical Standards

The work complies with the ethical standards of the Helsinki Declaration of the World Medical Association «Ethical Principles of conducting scientific medical research with human participation» as amended in 2008 and the «Rules of Clinical Practice in the Russian Federation» approved by the Order of the Ministry of Health of the Russian Federation dated 06/19/2003.

## Актуальность

Гемолитико-уремический синдром (ГУС) — одно из наиболее тяжелых острых заболеваний детского возраста, требующее реанимационного уровня оказания медицинской помощи. Ранняя диагностика ГУС позволяет максимально эффективно оказать медицинскую помощь и предотвратить развитие полиорганных осложнений в дебюте заболевания. Диагностика ГУС основана на клинико-лабораторных методах, при этом обычно сначала диагностируется анурия, после чего лабораторные методы подтверждают гиперазотемию, выявляют анемию и гемолиз. Собственно клиническая оценка олиго/анурии у пациентов раннего возраста с колитом бывает крайне затруднена: многократный жидкий стул не позволяет дифференцировать отсутствие мочи, тем более у детей «памперсного» возраста. Таким образом, на практике часто приходится сталкиваться с ситуациями, когда дебют заболевания остался нераспознанным, и диагноз ГУС ставится уже на стадии возникновения полиорганных изменений (отек мозга, отек легких и пр. на фоне острого почечного повреждения). Среди методов медицинской визуализации и оценки состояния почек у детей

с гемолитико-уремическим синдромом может быть использована только ультразвуковая диагностика, что определяет значимость метода в выявлении факторов риска развития острого почечного повреждения. В настоящее время на практике УЗИ почек выполняется только при поставленном диагнозе ГУС.

**Цель:** демонстрация возможностей эхографии в доклинической диагностике острого почечного повреждения при диарея-ассоциированном гемолитико-уремическом синдроме у ребенка.

## Обзор литературы

Гемолитико-уремический синдром является наиболее частой причиной острого почечного повреждения (ОПП) у детей. Частота ГУС невелика — до 1,5 на 100 000 человек в год, однако тяжесть течения и вероятность инвалидизации определяет значимость максимальной ранней диагностики заболевания [5, 9]. Для ГУС типично мультисистемное поражение с триадой ведущих симптомов: тромбоцитопенией, гемолитической анемией и ОПП [1, 9]. Более чем в половине случаев ГУС тяжесть ОПП требует проведения диализа, до 7 % пациентов сразу после острой стадии заболевания развивают терминальную

стадию хронического почечного поражения, летальность в последние годы составляет 3–5 % [10]. Этим симптомам часто предшествует продромальный период в виде гемоколита, рвоты, гипертермии. Гемоколит, типичный в дебюте ГУС, наблюдается в 90 % заболевания (диарея-ассоциированный ГУС — Д+ГУС) и обусловлен воздействием шигатоксина [5, 6, 8, 10]. Частым и грозным компонентом ГУС является поражение центральной нервной системы, частота которого достигает 20–50 % случаев и часто проявляется судорогами, изменением уровня сознания и симптомами поражения ствола мозга, являясь основной причиной инвалидизации и смертности [9].

Диагностика и прогнозирование течения ГУС основаны на клинико-лабораторных данных. Прогностическая ценность лабораторных показателей касательно тяжести течения ГУС может быть оценена только ретроспективно. Так, имеет значение длительность продромального периода (клинических проявлений гемоколита): чем быстрее развивается полная симптоматика ГУС, тем тяжелее он будет протекать [4]. Доказано, что в группах детей с Д+ГУС при длительности продромального периода в 1–2 сут частота тяжелого течения ГУС составила 75,8 %, при длительности продрома 3–7 сут — 29,6 %, а при длительности гемоколита более 8 сут — 11,4 % [4]. Также доказано, что при Д+ГУС более высокий уровень гемоглобина при поступлении (т. е. выраженность гиповолемии и гемоконцентрации), особенности азотемии, лейкоцитоз и ранее перенесенная респираторная инфекция с антибактериальной терапией прямо коррелируют с тяжестью течения ОПП [2, 3, 10].

УЗИ выполняется в подавляющем большинстве случаев уже при поставленном диагнозе «ГУС» для оценки состояния почек. Фундаментальные исследования в области оценки серо-

шкальных и доплеровских изменений почек при ГУС выполнены еще в конце прошлого столетия [1, 11]. Было доказано типичное для ГУС повышение эхогенности паренхимы почек и значительное повышение резистивных характеристик артериального ренального кровотока [1, 11]. В последующем были предприняты попытки компьютерной оценки эхогенности почечной паренхимы, однако сложность методики с необходимостью уникального программного обеспечения предопределила отсутствие ее широкого практического применения [7]. Через 10–15 лет, в начале XXI века, были выполнены исследования объемного кровотока почек при ГУС: было доказано резко выраженное снижение перфузии почек на единицу площади поверхности тела [12]. Это интересное исследование, к сожалению, избыточно трудоемко и недостаточно точно, так что практического применения не нашло [12]. При этом прогностическое значение УЗИ почек при гемоколите в плане оценки риска развития ОПП не изучено: только в единичном исследовании М. Glatstein (2010) упоминается о 2 случаях выполнения УЗИ почек на 2-е сут течения гемоколита. При этом у детей было зафиксировано повышение эхогенности паренхимы почек, в то время как в анализах у детей было зафиксировано только небольшое повышение креатинина и мочевины без снижения гемоглобина и без тромбоцитопении [6]. В среднем же в исследованной группе УЗИ почек назначалось на 13-е сутки от начала гемоколита на фоне клинической картины типичного Д+ГУС [6]. Авторы делают справедливое заключение о ценности эхографического обнаружения повышенной эхогенности паренхимы почек у детей с гемоколитом как признака риска развития ОПП, что одновременно помогает исключить кишечную инвагинацию как причину крови в стуле [6]. К сожалению, автора-

ми данной публикации анализируется только серошкальное представительство почек: анализа нарушений ренального кровотока в исследовании нет.

Таким образом, на сегодняшний день эхографическое представительство ГУС, его клинических вариантов, осложнений и полиорганных проявлений исследовано достаточно полно [1, 6, 11, 12]. В то же время предсказательные возможности метода практически не изучены, не определены показания к превентивному УЗИ и основные эхографические критерии риска развития ОПП.

### Собственное наблюдение

Мальчик N., 2 г. 11 мес., поступил в состоянии средней тяжести с жалобами на жидкий стул со слизью, сильные схваткообразные боли в животе в течение последних 6 сут. Раннее развитие по возрасту, телосложение астеническое. Госпитализирован с диагнозом «другой и неуточненный гастроэнтерит и колит инфекционного происхождения».

Через 10 ч после поступления при УЗИ выявлено, что вся толстая киш-

ка на протяжении спавшаяся, с резко утолщенной (до 5–7 мм) пониженной эхогенности, малоструктурной стенкой, незначительно гиперемированной при доплеровском исследовании (синдром пораженного полого органа). Обнаружено умеренное количество свободного жидкостного содержимого в брюшной полости, неизменный червеобразный отросток и множественные мезентериальные лимфоузлы до 14 мм в диаметре (рис. 1).

Одновременно при УЗИ почек определялось только умеренно выраженное диффузное повышение эхогенности кортикального слоя паренхимы при нормальных размерах почек ( $67 \times 28$  мм справа и  $65 \times 30$  мм слева) и нормальных параметрах ренального кровотока (на магистральных почечных артериях (МПА):  $V_{\max}$  около 0,6 м/с, RI около 0,64 с обеих сторон).

Учитывая эхографическую картину тяжелого колита и диффузные изменения паренхимы почек, было рекомендовано повторить УЗИ кишечника и почек через сутки. Примечательно, что в это время диурез у ребенка был сохранен,

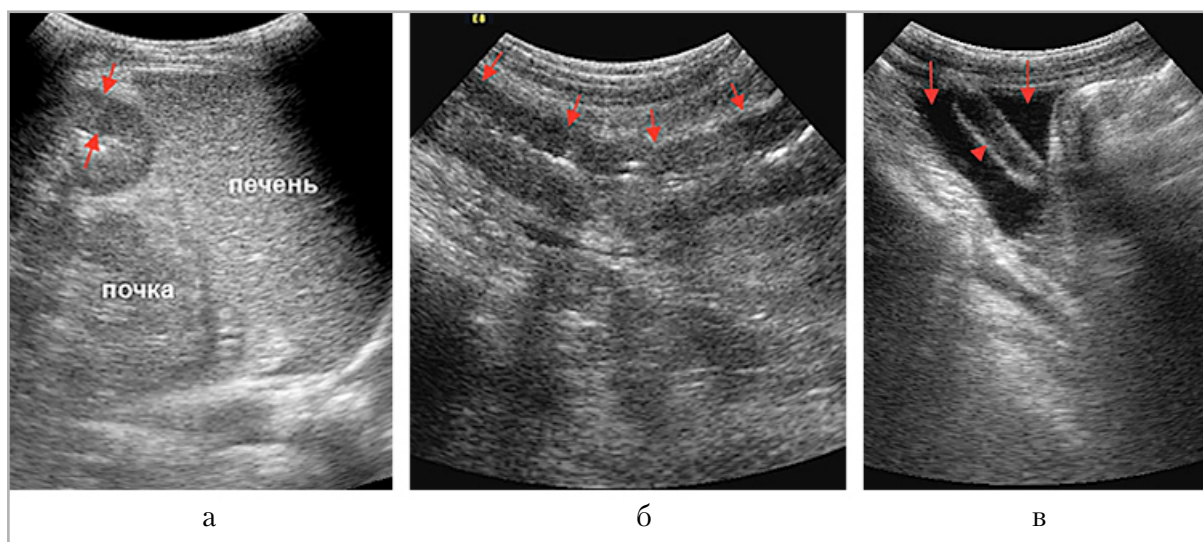


Рис. 1. Изменения органов брюшной полости у ребенка в продроме Д+ГУС: а — сканирование справа в подпеченочной области: между стрелками — толщина стенки толстой кишки в печеночном углу; б — сканирование выше пупка: поперечно-ободочная кишка на протяжении (стрелки); в — косопролонгальное сканирование справа в подвздошной области: неизменный червеобразный отросток (короткая стрелка) на фоне выпота (стрелки) в брюшной полости

лабораторное исследование азотемии не выявляло: мочевины — 5,24 ммоль/л, креатинин — 51,30 мкмоль/л (норма).

Через сутки размеры почек (66 × 29 мм справа и 68 × 33 мм слева) и повышение эхогенности кортикального слоя паренхимы оставались практически без изменений, но при доплеровском исследовании выявлены критические нарушения ренального кровотока: интратрениальный сосудистый рисунок был резко обеднен, прослеживался только в проекции медуллярного слоя паренхимы почек в виде единичных цветовых локусов, «мерцал» при наблюдении в режиме реального времени. Прослеживалось попеременное окрашивание потока в области почечных ворот в красные и синие тона. V<sub>max</sub> на МПА с обеих сторон была снижена до 0,3 м/с при критическом повышении RI на МПА до 1,0 при полном отсутствии антеградного диастолического компонента потока (пикообразный паттерн доплеровской кривой). Венозный ренальный кровоток имел маятникообразный характер с обеих сторон (рис. 2).

Эхографическая картина была однозначно расценена как дебют ОПП

(предположительно — ГУС). После УЗИ экстренно выполнено лабораторное обследование и выявлено умеренное повышение показателей азотемии: мочевины: 14,76 ммоль/л, креатинин — 129,68 мкмоль/л. Отмечено снижение диуреза: обильно мочился ночью, но с утра до 15.00 выделил всего 55 мл мочи.

Ребенок сразу переведен в отделение гемодиализа. На следующее утро значительно выросли показатели азотемии: мочевины — 29,09 ммоль/л, креатинин — 219 мкмоль/л, диурез за сутки составил 111 мл на фоне стимуляции. Стул в виде слизи с прожилками крови. Отмечена прибавка в весе, нарастание периферических отеков, снижение уровня тромбоцитов, нарастание выраженности внутрисосудистого гемолиза. Принято решение о начале заместительной почечной терапии методом перитонеального диализа.

На следующие сутки на фоне проведения перитонеального диализа отмечено нарастание азотемии: мочевины до 45,35 ммоль/л, креатинин — 465 мкмоль/л. Примерно такие показатели азотемии сохранялись на протяжении недели.

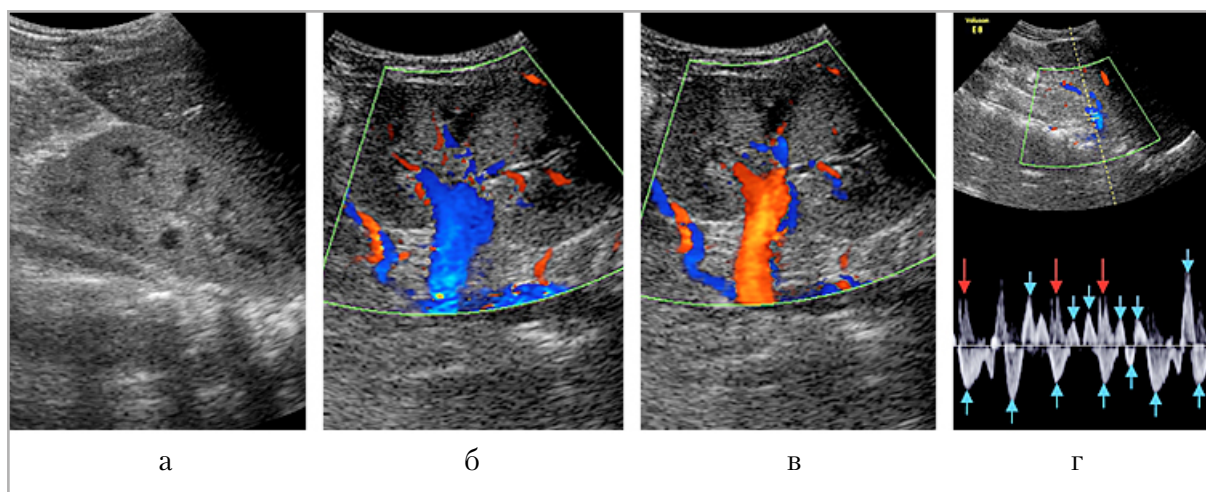


Рис. 2. УЗИ почек на 2-е сутки пребывания в стационаре: *а* — сканирование в В-режиме, правый латеральный доступ; *б, в* — цветное доплеровское сканирование, доступ со спины: чередования окрашивания почечной вены с красного на синие тона и наоборот, соответственно маятникообразному паттерну кровотока в ней; *г* — доплерограмма: наложение артериального (красные стрелки) и маятникообразного венозного (голубые стрелки) спектров кровотока

Через 6 сут на фоне сохраняющейся анурии эхографически зафиксировано увеличение размеров почек до  $77 \times 33$  мм справа и  $76 \times 39$  мм слева, эхогенность кортикального слоя паренхимы оставалась высокой, интраорганный сосудистый рисунок прослеживался только в проекции медуллярного слоя паренхимы почек в виде единичных цветовых локусов,  $V_{\max}$  на МПА оставался сниженным до 0,4 м/с при повышении RI на МПА до 1,0 с обеих сторон. Венозный кровоток приобрел монофазный характер.

В течение последующих дней состояние ребенка существенно не менялось, продолжался перитонеальный диализ, гиперазотемия сохранялась: мочевины около 45–50 ммоль/л, креатинин — 460–510 мкмоль/л.

При УЗИ еще через 4 суток (13-е сутки пребывания в стационаре) выявлено дальнейшее увеличение размеров почек ( $82 \times 40$  мм справа и  $87 \times 44$  мм слева) с сохранением эхогенного кортикального слоя и выраженное улучшение ренальной гемодинамики: в медуллярном слое почки восстановился сосудистый рисунок. Значительно изменились количественные параметры артериального ренального кровотока:  $V_{\max}$

на МПА повысились до 0,77 м/с, а RI снизилась до 0,91 на МПА с обеих сторон (рис. 3). В тот же день к вечеру отмечено появление первых порций мочи (25 мл за сут) и постепенное медленное снижение азотемии (на следующий день мочевины около 25 ммоль/л, креатинин около 350 мкмоль/л).

Течение заболевания было тяжелым, но благоприятным, диализ продолжался в общей сложности в течение 14 сут. На 30-е сут после поступления ребенок выписан домой с восстановлением функции почек: структура и размеры почек нормализовались ( $66 \times 32$  мм справа и  $68 \times 30$  мм слева), параметры ренального кровотока восстановились в пределах возрастной нормы.

## Обсуждение

Представленное наблюдение является казуистически редким. Собственный многолетний опыт работы с пациентами отделения гемодиализа насчитывает всего 3 случая доклинической диагностики ОПП (ГУС). Во всех случаях это были пациенты, поступившие в педиатрические отделения нашего стационара на 3–5-е сут заболевания с клиникой тяжелого колита: девочка

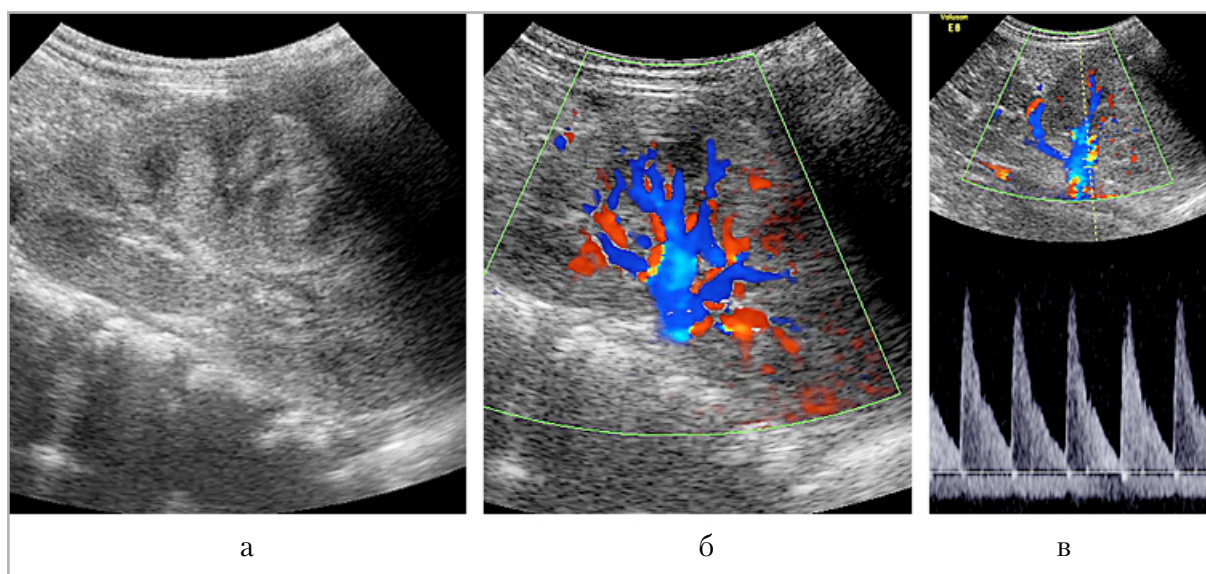


Рис. 3. УЗИ на 13-е сут пребывания в стационаре: *а* — исследование в В-режиме, левый латеральный доступ; *б* — тот же доступ, цветное доплеровское сканирование; *в* — доплерограмма потока в МПА слева

6 лет, мальчик 3 лет и выше приведенное наблюдение. Во всех случаях УЗИ органов брюшной полости и почек было выполнено при поступлении и в связи с тяжестью гемоколита выполнялось в динамике; у всех пациентов эхографическая картина соответствовала панколиту: синдрому пораженного полого органа на протяжении всей толстой кишки. Толщина стенки пораженной кишки достигала 5–10 мм, сосудистый рисунок в ней был усилен в различной степени, структурность стенки снижена за счет отека, просвет был относительно нешироким (1–2 см) с гетерогенным содержимым и газом. Примечательно, что у девочки родной брат год назад также перенес Д+ГУС с неблагоприятным исходом, о чем мать сразу же предупредила врачей, но, несмотря на максимальную бдительность (максимально возможную коррекцию водно-электролитных нарушений, антибактериальную и посиндромную терапию) и доклиническую диагностику, предотвратить развитие тяжелого ГУС не удалось. Во всех случаях типичные для ОПП эхографические изменения почек возникали примерно за 1–1,5 сут до развития полной клинико- лабора-

торной картины анурической формы ГУС. В приведенном наблюдении посуточный УЗ-контроль состояния почек позволил зафиксировать сначала только повышение эхогенности паренхимы без специфических нарушений ренального кровотока. В совокупности с эхографическим симптомом пораженного полого органа это заставило проявить максимальную настороженность в плане риска развития ГУС и рекомендовать УЗИ через 24 часа, при котором уже была выявлена типичная для дебюта ГУС картина.

## Выводы

1. Эхографические признаки ОПП при Д+ГУС развиваются как минимум за сутки до манифестации клинико-лабораторной картины анурической формы ГУС.
2. Повышение эхогенности паренхимы почек с типичными изменениями артериального ренального кровотока в виде снижения  $V_{\max}$  и резкого повышения  $RI$  должны быть расценены как свидетельство развития ОПП, несмотря на сохраняющийся диурез и отсутствие/невысокие показатели азотемии.

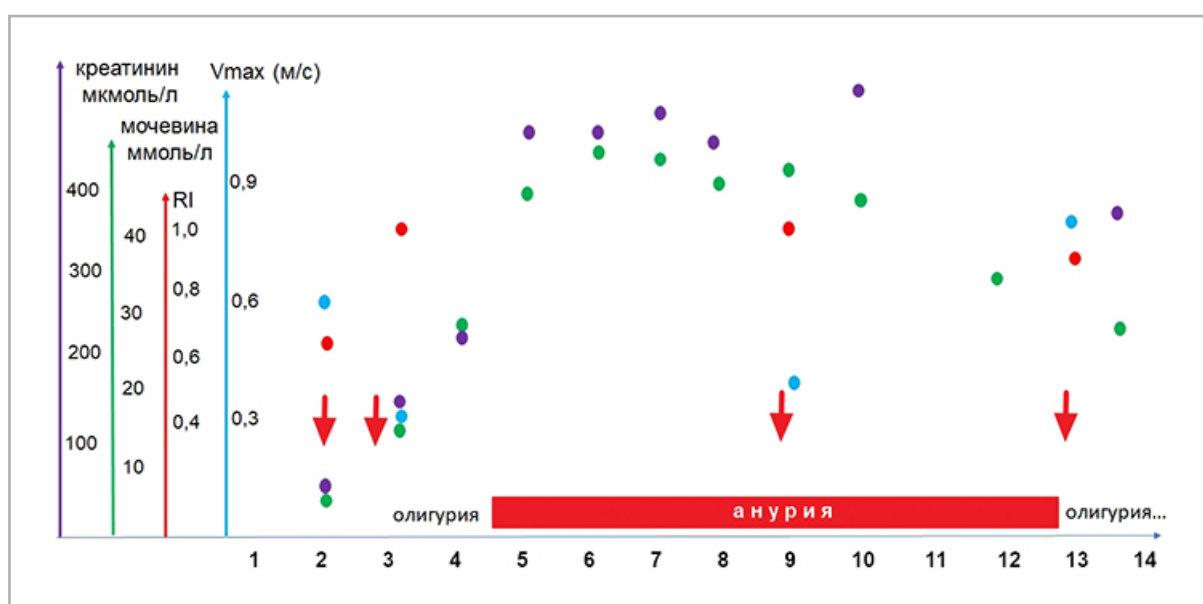


Рис. 4. Схема течения заболевания: ось ординат — сутки пребывания в стационаре; красные стрелки — УЗИ

3. Посуточный эхографический контроль состояния почек и ренальной гемодинамики целесообразно выполнять всем детям с клиникой гемоколита, эхопризнаками панколита в виде распространенного синдрома пораженного полого органа и диффузным повышением эхогенности почечной паренхимы.
4. Максимально ранняя диагностика нарушений ренального кровотока должна быть основанием для экстренного лабораторного дообследования и коррекции терапии (предотвращение метаболических нарушений, отека синдрома). Предотвратить развитие ОПП при Д+ГУС даже при максимально ранней диагностике на сегодняшний день не представляется возможным, но своевременная коррекция терапии позволяет избежать фатальных метаболических нарушений в дебюте заболевания.
4. Balestracci A., Battaglia L. M., Toledo I., Martin S. M., Beaudoin L. Duration of prodromal phase and severity of hemolytic uremic syndrome *Pediatr. Nephrol.* 2024 Jan;39(1):213-219. <https://doi.org/10.1007/s00467-023-06104-8>
5. Bianchi L., Gaiani F., Vincenzi F., Kayali S., Di Mario F., Leandro G., De' Angelis G. L., Ruberto C. Hemolytic uremic syndrome: differential diagnosis with the onset of inflammatory bowel diseases. *Acta Biomed.* 2018 Dec 17;89(9-S):153-157. <https://doi.org/10.23750/abm.v89i9-S.7911>
6. Glatstein M., Miller E., Garcia-Bournissen F., Scolnik D. Timing and utility of ultrasound in diarrhea-associated hemolytic uremic syndrome: 7-year experience of a large tertiary care hospital *Clin Pediatr (Phila)*. 2010 May; 49(5):418-21. <https://doi.org/10.1177/000922809342582>
7. Hafer R. C., Hiss M., Kielstein J. T., Menne J., Gueler F., Beneke J., Linnenweber-Held S., Haller H., Einecke G. Ultrasound findings in EHEC-associated hemolytic-uremic syndrome and their clinical relevance. *Int Urol Nephrol.* 2016 Apr;48(4):561-70. <https://doi.org/10.1007/s11255-015-1194-7>
8. Liu Y., Thaker H., Wang Ch., Xu Zh., Dong M. Diagnosis and Treatment for Shiga Toxin-Producing Escherichia coli Associated Hemolytic Uremic Syndrome. *Toxins (Basel)*. 2022 Dec 23;15(1):10. <https://doi.org/10.3390/toxins15010010>
9. Mansour M. A., Dyana F. Khalil, Hasham M. A., Youssef A., Rashad M., Awadallah M., Ali H. Hemolytic uremic syndrome with central nervous system manifestations, a case report and literature review. *Radiol. Case Rep.* 2023 Apr 18;18(6):2268-2273. <https://doi.org/10.1016/j.radcr.2023.02.035>
10. Mody R. K., Gu W., Griffin P. M., Jones T. F., Rounds J., Shiferaw B., Tobin-D'Angelo M., Smith G., Spina N., Hurd S., Lathrop S., Palmer A., Boothe E., Luna-Gierke R. E., Hoekstra R. M. Postdiarrheal

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Васильев А. Ю., Ольхова Е. Б.. Ультразвуковая диагностика в неотложной детской практике. М. ГЭОТАР-Медиа. 2023. Т. 2. С. 240–252. ISBN 978-5-9704-7043-5
2. Ardissino G., Daccò V., Testa S., Civitillo C. F., Tel F., Possenti I., Belingheri M., Castorina P., Borsa-Ghiringhelli N., Tedeschi S., Paglialonga F., Salardi S., Consonni D., Zoia E., Salice P., Chidini G. Hemoconcentration: a major risk factor for neurological involvement in hemolytic uremic syndrome. *Pediatr. Nephrol.* 2015;30:345-352. <https://doi.org/10.1007/s00467-014-2918-0>
3. Balestracci A., Battaglia L. M., Toledo I., Martin S. M., Alvarado C. Blood urea nitrogen to serum creatinine ratio as a prognostic factor in diarrhea-associated hemolytic uremic syndrome: a validation study. *Eur. J. Pediatr.* 2018 Jan;177(1): 63-68. <https://doi.org/10.1007/s00431-017-2999-4>

hemolytic uremic syndrome in United States children: clinical spectrum and predictors of in-hospital death. *J. Pediatr.* 2015;166:1022-1029. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2014.12.064>

11. Patriquin H. B., O'Regan S., Robitaille P., Paltiel H. Hemolytic-uremic syndrome: intrarenal arterial Doppler patterns as a useful guide to therapy *Radiology.* 1989 Sep;172(3):625-8. <https://doi.org/10.1148/radiology.172.3.2672090>
12. Scholbach T. M. Changes of renal flow volume in the hemolytic-uremic syndrome color Doppler sonographic investigations. *Pediatr. Nephrol.* 2001 Aug;16(8):644-7. <https://doi.org/10.1007/s004670100638>

## References

1. Vasil'ev A. Yu., Ol'khova E. B. Ul'trazvukovaya diagnostika v neotlozhnoy detskoy praktike. M. GEOTAR-Media. 2023. T. 2. S. 240–252. (In Russ.). ISBN 978-5-9704-7043-5
2. Ardissino G., Daccò V., Testa S., Civitillo C. F., Tel F., Possenti I., Belingheri M., Castorina P., Borsa-Ghiringhelli N., Tedeschi S., Paglialonga F., Salardi S., Consonni D., Zoia E., Salice P., Chidini G. Hemoconcentration: a major risk factor for neurological involvement in hemolytic uremic syndrome. *Pediatr. Nephrol.* 2015;30:345-352. <https://doi.org/10.1007/s00467-014-2918-0>
3. Balestracci A., Battaglia L. M., Toledo I., Martin S. M., Alvarado C. Blood urea nitrogen to serum creatinine ratio as a prognostic factor in diarrhea-associated hemolytic uremic syndrome: a validation study. *Eur. J. Pediatr.* 2018 Jan;177(1):63-68. <https://doi.org/10.1007/s00431-017-2999-4>
4. Balestracci A., Battaglia L. M., Toledo I., Martin S. M., Beaudoin L. Duration of prodromal phase and severity of hemolytic uremic syndrome *Pediatr. Nephrol.* 2024 Jan;39(1):213-219. <https://doi.org/10.1007/s00467-023-06104-8>
5. Bianchi L., Gaiani F., Vincenzi F., Kayali S., Di Mario F., Leandro G., De' Angelis G. L., Ruberto C. Hemolytic uremic syndrome: differential diagnosis with the onset of inflammatory bowel diseases. *Acta Biomed.* 2018 Dec 17;89(9-S):153-157. <https://doi.org/10.23750/abm.v89i9-S.7911>
6. Glatstein M., Miller E., Garcia-Bournissen F., Scolnik D. Timing and utility of ultrasound in diarrhea-associated hemolytic uremic syndrome: 7-year experience of a large tertiary care hospital. *Clin Pediatr (Phila).* 2010 May; 49(5):418-21. <https://doi.org/10.1177/000922809342582>
7. Hafer R. C., Hiss M., Kielstein J. T., Menne J., Gueler F., Beneke J., Linnenweber-Held S., Haller H., Einecke G. Ultrasound findings in EHEC-associated hemolytic-uremic syndrome and their clinical relevance. *Int Urol. Nephrol.* 2016 Apr;48(4):561-70. <https://doi.org/10.1007/s11255-015-1194-7>
8. Liu Y., Thaker H., Wang Ch., Xu Zh., Dong M. Diagnosis and Treatment for Shiga Toxin-Producing Escherichia coli Associated Hemolytic Uremic Syndrome. *Toxins (Basel).* 2022 Dec 23;15(1):10. <https://doi.org/10.3390/toxins15010010>
9. Mansour M. A., Dyana F. Khalil, Hasham M. A., Youssef A., Rashad M., Awadallah M., Ali H. Hemolytic uremic syndrome with central nervous system manifestations, a case report and literature review. *Radiol. Case Rep.* 2023 Apr 18;18(6):2268-2273. <https://doi.org/10.1016/j.radcr.2023.02.035>
10. Mody R. K., Gu W., Griffin P. M., Jones T. F., Rounds J., Shiferaw B., Tobin-D'Angelo M., Smith G., Spina N., Hurd S., Lathrop S., Palmer A., Boothe E., Luna-Gierke R. E., Hoekstra R. M. Postdiarrheal hemolytic uremic syndrome in United States children: clinical spectrum and predictors of in-hospital death. *J. Pediatr.* 2015;166:1022-1029. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2014.12.064>
11. Patriquin H. B., O'Regan S., Robitaille P., Paltiel H. Hemolytic-uremic syndrome: intrarenal arterial Doppler patterns as

- a useful guide to therapy. *Radiol.* 1989 Sep;172(3):625-8. <https://doi.org/10.1148/radiology.172.3.2672090>
12. Scholbach T. M. Changes of renal flow volume in the hemolytic-uremic syndrome color Doppler sonographic investigations. *Pediatr. Nephrol.* 2001 Aug;16(8):644-7. <https://doi.org/10.1007/s004670100638>

## Сведения об авторах / Information about the authors

**Ольхова Елена Борисовна**, доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры лучевой диагностики ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А. И. Евдокимова» Минздрава России, заведующая отделением ультразвуковой диагностики ГБУЗ «Детская городская клиническая больница святого Владимира Департамента здравоохранения г. Москвы», Москва, Россия. 127206, г. Москва, ул. Вучетича, д. 9а.  
+ 7 (495) 611-01-77

Вклад автора: создание концепции научного направления; анализ литературы, написание текста; участие в сборе материала; одобрение окончательной версии статьи перед ее подачей для публикации; приняла на себя ответственность за все аспекты работы и готова подтвердить, что вопросы, относящиеся к достоверности и цельности любой части исследования, должным образом изучены и решены.

**Olkhova Elena Borisovna**, M. D. Med., Professor, Professor of Department of Radiology, Moscow State University of Medicine and Dentistry named after A. I. Evdokimov, Department of Radiology, Ministry of Healthcare of Russia; the Head of Department of the Ultrasound Diagnostic Moscow Clinical Municipal Children Hospital St. Vladimir, Moscow of Healthcare Department, Moscow, Russia.  
9a, st. Vucheticha, Moscow, 127206, Russia.  
+7 (495) 611-01-77

Author's contribution: creation of the concept of the scientific direction; literature analysis, text writing; participation in the collection of material; approval of the final version of the article before submitting it for publication; I have assumed responsibility for all aspects of the work and am ready to confirm that issues related to the reliability and integrity of any part of the study have been properly studied and resolved.

**Соболева Виктория Олеговна**, врач отделения ультразвуковой диагностики ГБУЗ «ДГКБ святого Владимира Департамента здравоохранения города Москвы», Москва, Россия. 107014, г. Москва, ул. Рубцовско-Дворцовая, д. 1/3.  
+7 (499) 268-83-87

Вклад автора: поиск публикаций по теме; анализ литературы; сбор материала; участие в обработке материала; работа с различными изображениями и подписанными подписями; написание первой версии статьи или ее критический пересмотр на предмет важного интеллектуального содержания.

**Soboleva Viktoriya Olegovna**, Radiologist of Department of Ultrasound Diagnostic, Moscow Clinical Municipal Children Hospital St. Vladimir, Moscow Healthcare Department, Moscow, Russia.  
1/3, st. Rubtsovsko-Dvortsovaya, Moscow, 107014, Russia.  
+7 (499) 268-83-87

Author's contribution: search for publications on the topic; literature analysis, collection of material; participation in the processing of the material; work with various images and captions; writing the first version of the article or its critical revision for important intellectual content.

**Федосеева Мария Михайловна**, врач отделения ультразвуковой диагностики ГБУЗ «ДГКБ святого Владимира Департамента здравоохранения города Москвы», Москва, Россия. 107014, г. Москва, ул. Рубцовско-Дворцовая, д. 1/3.  
+7 (499) 268-83-87

Вклад автора: поиск публикаций по теме; сбор материала; участие в обработке материала; написание первой версии статьи или ее критический пересмотр на предмет важного интеллектуального содержания.

**Fedoseeva Maria Michailovna**, Radiologist of Department of Ultrasound Diagnostic, Moscow Clinical Municipal Children Hospital St. Vladimir, Moscow Healthcare Department, Moscow, Russia.

1/3, st. Rubtsovsko-Dvortsovaya, Moscow, 107014, Russia.  
+7 (499) 268-83-87

Author's contribution: search for publications on the topic; literature analysis, collection of material; work with various images and captions; writing the first version of the article or its critical revision for important intellectual content.

Статья поступила в редакцию 20.01.2024;  
одобрена после рецензирования 01.02.2024;  
принята к публикации 20.02.2024.

The article was submitted 20.01.2024;  
approved after reviewing 01.02.2024;  
accepted for publication 20.02.2024.



## Отчет о проведении научно-практической конференции «Актуальные вопросы лучевой диагностики Русского Севера»

### Report on the Scientific and Practical Conference «Topical Issues of Radiation Diagnostics of the Russian North»

В период 21–22 февраля 2024 г. в г. Архангельске проведена научно-практическая конференция «Актуальные вопросы лучевой диагностики Русского Севера».

Организаторами конференции выступили Министерство здравоохранения Архангельской области, Фонд развития лучевой диагностики и Центральный научно-исследовательский институт лучевой диагностики.

Мероприятие было организовано при содействии ведущих отечественных и зарубежных производителей и дистрибьюторов медицинской техники. Спонсорами конференции выступи-

ли компании АО «МТЛ», ЗАО «Меди-эйс», НΠΑО «АМИКО», АО «НИПК «Электрон», АО «Р-Фарм» и ООО «ТД «Пульс». Информационная поддержка осуществлялась журналом «Радиология — практика» и интернет-порталом [www.unionrad.ru](http://www.unionrad.ru).

**Первый день конференции** был посвящен программе по специальности «рентгенология».

К участию в работе конференции были приглашены руководители медицинских, научных и образовательных учреждений, врачи-рентгенологи и ультразвуковой диагностики. География

участников была представлена несколькими регионами Российской Федерации: г. Архангельск, г. Северодвинск, пос. Березник Виноградовского района Архангельской области, Республика Коми (пгт. Троицко-Печерская ЦРБ), г. Новодвинск, г. Мурманск, г. Санкт-Петербург.

Всего в конференции приняло участие более 120 чел., из них в первый день участвовали 60 специалистов в очном формате и 7 в дистанционном, во второй день 43 очно и 12 в дистанционном формате.

Конференция открылась приветствием министра здравоохранения Архангельской области Герштанского Александра Сергеевича с пожеланием участникам творческого взаимодействия и получения новых знаний.

Первый доклад традиционно был представлен главным специалистом Архангельской области Панкратьевой А. Ю. и был посвящен анализу работы службы за 2023 год с представлением данных по оснащенности лечебных учреждений, нерешенными вопросами и перспективами развития.

В докладе члена-корреспондента РАН, профессора Васильева А. Ю. врачам ознакомили с новыми методиками рентгеновского исследования, разработанными и внедренными на территории РФ отечественными производителями. Слушателям рассказали о применении томосинтеза, двухэнергетической рентгенографии и конусно-лучевой компьютерной томографии.

Доклад профессора РАН Захаровой Н. Е. «Современные стандарты диагностики опухолевых поражений головного мозга» был посвящен применению стандартного протокола МРТ у пациентов с опухолями головного мозга, необходимого для точной диагностики, планирования нейрохирургических вмешательств, а также лучевой терапии и химиотерапии. Повсеместное внедрение предложенного и клинически апроби-

рованного унифицированного подхода уменьшит время от обнаружения опухоли или выявления изменений при динамическом контроле до принятия решения о тактике ведения пациента.

В выступлении профессора Шолоховой Н. А. были представлены приоритетные направления развития лучевой диагностики в педиатрии, акцентировано внимание на возможностях интонационных рентгеновских методик.

Доклад Шокиной С. Ю. был посвящен маммографическим аппаратам МТЛ на новой штативной платформе, которые дают возможность реализовать практически все известные на данный момент режимы исследований, особенностям программного обеспечения рабочей станции врача для просмотра маммографических изображений, а также программному продукту с использованием искусственного интеллекта для автоматического анализа маммографических исследований.

Во втором докладе профессора РАН Захаровой Н. Е. «Диагностика глиобластом» рассмотрены современные методики визуализации и дифференциальной диагностики при исследовании пациентов с наиболее распространенной злокачественной опухолью мозга — глиобластомой.

Лекция профессора Сперанской А. А. «Вокруг сурфактанта» состояла из двух докладов, посвященных лучевой диагностике взаимно противоположных состояний, связанных с избытком и недостатком сурфактанта (последствия перенесенной бронхолегочной дисплазии и легочный альвеолярный протеиноз). Обсуждались клинико-лабораторные проявления, лучевые паттерны и их прогностическое значение для исхода заболеваний. Приведены варианты клинико-лучевого мультидисциплинарного разбора больных.

Вечернее заседание первого дня конференции началось с доклада профессора Валькова М. Ю., в котором в рам-

ках эпидемиологического исследования АРИЛИС представлены данные о распределении предикторов сердечно-сосудистых заболеваний у онкологических больных, выявленных на компьютерных томограммах с помощью алгоритма искусственного интеллекта.

Доклад доцента Перфильевой О. М. «МСКТ при опухолях орофарингеальной зоны. Показания к исследованию и ограничения» отразил всю сложность диагностики опухолей орофарингеальной зоны. В настоящий момент наиболее часто используемый метод диагностики опухолей данной области — МСКТ с внутривенным болюсным контрастированием. Слушатели были проинформированы о преимуществах методики: доступность, скорость проведения, высокая точность, возможность оценить как мягкотканые изменения, так и поражения костных структур.

Профессор Потрахов Н. Н. в докладе рассказал о результатах многолетних исследований, проводимых сотрудниками СПбГЭТУ «ЛЭТИ», с целью создания нового класса медицинской рентгеновской техники — портативных рентгеновских аппаратов для проведения диагностических исследований в неспециализированных условиях. Описаны конструкция и основные области применения семейства портативных аппаратов, включая оперативную диагностику боевой травмы. Приведены примеры получаемых рентгеновских изображений.

Во втором докладе профессор Шолохова Н. А. поделилась первым в Российской Федерации опытом применения конусно-лучевой компьютерной томографии в условиях многопрофильного скоромощного детского стационара.

В завершающем выступлении доцента Перфильевой О. М. «Лучевая диагностика в динамическом контроле после ЛТ опухолей орофарингеальной зоны» представлена авторская техноло-

гия динамического контроля за лечением опухолей орофарингеальной зоны с учетом мультимодальности применения методов и методик на основе принципов доказательной медицины.

Первый день конференции завершился научной дискуссией с обсуждением интересующих практическое здравоохранение вопросов.

**Второй день конференции** был полностью посвящен актуальным вопросам ультразвуковой диагностики.

Профессор Степанова Ю. А. представила особенности ультразвуковой анатомии и сложности визуализации надпочечников в норме и при очаговой патологии, привела дифференциально-диагностические признаки при выявлении образований. Доклад вызвал повышенный интерес и множество вопросов.

Алгоритм ультразвукового исследования при поступлении у пациентов с гематурией был озвучен в докладе доцента Васильевой М. А. Обсуждались вопросы микро- и макрогематурии, рассмотрены некоторые патологические состояния, недооценка которых вызывает наибольшее количество диагностических ошибок.

Доклад кандидата медицинских наук Анисимова А. В. об искусственном интеллекте в новой линейке сканеров компании Samsung Medison заинтересовал аудиторию демонстрацией современных возможностей ультразвуковых сканеров в диагностике сердца, сосудов, поверхностных органов, органов брюшной полости и гинекологии.

Во втором докладе профессора Степановой Ю. А. озвучены методики контрастного усиления и функция «TIC-analysis» (анализ кривой времени интенсивности), применяющиеся в ультразвуковой дифференциальной диагностике аденокарциномы поджелудочной железы.

Возможности эхокардиографии в диагностике легочной гипертензии об-



Лекторы и организаторы конференции

суждались в лекции доцента Петровой Е. Б. Автор уделила внимание современным рекомендациям, прогностическим критериям и методикам расчета давления в легочной артерии с помощью ультразвуковых параметров.

Второе сообщение доцента Васильевой М. А. «Возможности ультразвукового исследования в диагностике перфораций желудочно-кишечного тракта» содержало большое количество иллюстраций и видеоклипов, которые наглядно демонстрировали сопоставление клинической и ультразвуковой картины.

Возможности исследования сосудов на ультразвуковом сканере «УЗИ-Электрон» были продемонстрированы Орловой М. Г.

Вечернее заседание второго дня началось лекцией кандидата медицинских наук Кабина Ю. В., в котором была проведена ультразвуковая дифференциальная диагностика опухолей молочных желез. Обсуждались вопросы современных ультразвуковых методик и особенности классификаций.

Клинический случай лимфангиомы брыжейки тонкой кишки был проде-

монстрирован врачом ультразвуковой диагностики ГБУЗ АО «Архангельская детская клиническая поликлиника» (г. Архангельск) Самодрал Т. П. Особый интерес у аудитории вызвали вопросы клинического течения и актуальности использования ультразвукового исследования.

Лекция доцента Постновой Н. А. «Ультразвуковое исследование вен нижних конечностей: потребности флебологов и возможности диагностов» сочетала в себе методики и ультразвуковую семиотику заболеваний вен нижних конечностей, а также делала акцент на показатели, являющиеся наиболее важными для сосудистых хирургов. Сообщение вызвало интерес у аудитории.

Доцент Капустин В. В. представил методику мультипараметрической ультразвуковой диагностики в распознавании метастатического поражения периферических лимфатических узлов. В докладе продемонстрирован алгоритм использования двухмерного режима, цветовой, энергетической доплерографии и методик эластографии в выявлении метастазов в лимфоузлы.

Ультразвуковая дифференциальная диагностика опухолей щитовидной железы была продемонстрирована кандидатом медицинских наук Кабиным Ю. В. Наглядные иллюстрации, обсуждение особенностей ультразвуковой семиотики и современной классификации вызвали дискуссию у аудитории.

Методика ультразвуковой эластографии, ее виды, основы и диагностические возможности применительно к образованиям разного генеза обсуждались доцентом Постновой Н. А. в лекции «Эластография в клинической

практике — сегодня и завтра». Наряду с современным состоянием вопроса были представлены новые диагностические возможности и перспективы использования.

В заключительной лекции «Биопсии простаты: настоящее и будущее» доцент Капустин В. В. напомнил слушателям о методике, показаниях и противопоказаниях к биопсии простаты, а также представил перспективы развития данного направления.

Второй день конференции завершился дискуссией и ответами на вопросы слушателей.

## Отчет о проведении X Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых и студентов с международным участием «ВолгаМед»

### Report on the X All-Russian Scientific and Practical Conference of Young Scientists and Students with International Participation «VolgaMed»

27–29 марта 2024 года в г. Нижний Новгород на базе ФГБОУ ВО «При-  
волжский исследовательский медицин-  
ский университет» Минздрава России  
(г. Нижний Новгород) состоялась X  
Всероссийская научно-практическая  
конференция молодых ученых и студен-  
тов с международным участием «Волга-  
Мед». В мероприятии приняли участие  
более 350 человек в очном и дистанци-  
онном формате, 226 участников выступи-  
ли с устными докладами в 11 секциях,  
к печати принято 365 тезисов (по дан-  
ным отчета «НОМУС ПИМУ»).

Секцию «Лучевая диагностика, луче-  
вая терапия и онкология» посетили  
39 человек (14 слушателей – очно, 25 –  
online). В президиуме присутствовали  
специалисты по лучевой диагностике,  
онкологии и рентгеноэндovasкулярным  
методам диагностики и лечения. Науч-  
ный секретарь секции и представитель  
Научного общества молодых ученых и  
студентов обеспечивали трансляцию за-  
седания и работу с документацией.

На заседании было заслушано 14  
устных докладов из Москвы (Бусыги-  
на Ю. С., Щедрина К. А., Гадиева С. Д.,

**9**

**ЛУЧЕВАЯ ДИАГНОСТИКА,  
ЛУЧЕВАЯ ТЕРАПИЯ И ОНКОЛОГИЯ**

**Председатели**



**Масленникова Анна  
Владимировна**  
д.м.н., профессор, зав.  
кафедрой онкологии,  
лучевой терапии и лучевой  
диагностики



**Сафонов Дмитрий  
Владимирович**  
д.м.н., профессор,  
зав. кафедрой лучевой  
диагностики ФДПО



**Петрова (Шахова)  
Екатерина Борисовна**  
д.м.н., доцент  
кафедры лучевой  
диагностики ФДПО



**Нагаев Роман Юрьевич**  
эндоваскулярный хирург  
ГБУЗ НО "НИИ - СКБ им.  
академика Б.А.  
Королёва"

**14**

**ДОКЛАДОВ**  
(Нижний Новгород,  
Москва, Тверь,  
Смоленск, Сургут)



**Научный секретарь**  
**Потемкина Татьяна  
Валентиновна**  
ординатор кафедры  
лучевой диагностики  
ФДПО



**Староста СНО  
по онкологии**  
**Иванова Екатерина  
Юрьевна**  
студентка  
педиатрического  
факультета

Грипп М. Р.), Твери (Моисеев Д. А.), Смоленска (Шестакова Д. Ю.), Сургута (Рамзина А. О.) и Нижнего Новгорода (Власова П. Н., Андреева А. И., Миронова А. Л., Кокурошников Е. А., Безвугляк О. О., Заречнова Е. В., Слепцова Е. Е.).

Докладчики представляли ведущие медицинские университеты страны:

- ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И. М. Сеченова» Минздрава России (г. Москва);
- ФГБОУ ВО «Российский университет медицины» Минздрава России (г. Москва);
- ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного медицинского образования» Минздрава России (г. Москва);
- ФГБОУ «Тверской государственный медицинский университет» Минздрава России (г. Тверь);
- ФГБОУ ВО «Смоленский государственный медицинский университет» Минздрава России (г. Смоленск);
- БУ ВО «Сургутский государственный университет» (г. Сургут);
- ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России (г. Нижний Новгород);
- ФГАОУ «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского» (г. Нижний Новгород);
- ГАУЗ НО «Нижегородский областной клинический онкологический диспансер» (г. Нижний Новгород).

Все сообщения были представлены на высоком уровне, вызвали интерес, вопросы и дискуссию со стороны слушателей и президиума.

Единогласным решением комиссии дипломом I степени награжден Моисеев Денис Александрович, представлявший доклад «Роль искусственного интеллекта в лучевой диагностике очаговых и диффузных изменений молочных желез» (г. Тверь, ФГБОУ «Тверской ГМУ» Минздрава России).

## Поздравление профессора Труфанова Геннадия Евгеньевича

### Congratulations to Gennady E. Trufanov



Редакция журнала «Радиология — практика» и коллеги поздравляют доктора медицинских наук, профессора Труфанова Геннадия Евгеньевича с присвоением почетного звания **«Заслуженный деятель науки РФ»** и желают ему дальнейших творческих успехов в нашей специальности.



**ВСЁ ДЛЯ РЕНТГЕНОДИАГНОСТИКИ**



**НПАО «АМИКО» — один из ведущих российских разработчиков и производителей медицинского рентгенодиагностического оборудования и аксессуаров для рентгенодиагностики.**

**1994**

**год  
основания**

**6**

**производственных  
площадок**

**25**

**стран  
экспорта**

**30+**

**медицинских выставок  
и научных конференций  
в год**

**ISO**

**международные  
стандарты  
качества**



**поставки  
во все регионы  
России**



**amico.ru**

## **Правила подачи и оформления статей в электронный журнал «Радиология — практика»**

### **Rules for submitting and formatting articles to an electronic journal «Radiology — practice»**

#### **Информация для авторов**

В научный рецензируемый журнал «Радиология — практика» включаются статьи по специальности 3.1.25 — Лучевая диагностика:

- рентгенодиагностика,
- компьютерная томография,
- магнитно-резонансная томография,
- ультразвуковая диагностика,
- радионуклидная диагностика,
- организационные вопросы, связанные с лучевой диагностикой.

Журнал публикует:

- оригинальные (научные) статьи по диссертационным, клиническим и экспериментальным исследованиям,
- обзоры литературы,
- образовательные (учебные) материалы по специальности «лучевая диагностика» (лекции, семинары, презентации, контрольно-измерительные материалы и др.),
- клинические наблюдения (краткие сообщения из практики).

Журнал «Радиология — практика» включен ВАК РФ в перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата и доктора наук по научной специальности 3.1.25 — Лучевая диагностика (Медицинские науки).

#### **Общие правила**

Материалы поступают в редакцию через сайт журнала [www.radp.ru](http://www.radp.ru) при помощи кнопки «Отправить статью».

На сайт журнала загружается:

- сопроводительное письмо от организации, где выполнялась работа (см. правила оформления);
- справка антиплагиата (при невозможности оформления проверка на антиплагиат проводится редакцией. Редакция оставляет за собой право проверки любой рукописи на антиплагиат);
- файл с полной версией статьи;
- файл без выходных данных (без Ф.И.О. авторов) для возможности «слепого рецензирования»;
- иллюстрации (каждая отдельным файлом, см. требования к иллюстрациям).

Представленные в работе данные должны быть оригинальными. Не допускается направление в редакцию работ, которые уже напечатаны в других изданиях или посланы для публикации в другие редакции.

## **Правила оформления сопроводительного письма**

Сопроводительное письмо пишется на имя главного редактора научного рецензируемого журнала «Радиология — практика» или ответственного секретаря.

Текст письма должен содержать следующую информацию:

Уважаемый Ф.И.О.! Просим Вас принять к рассмотрению статью «название статьи» (авторы: Ф.И.О. авторов) в научном рецензируемом журнале «Радиология — практика».

Настоящим письмом гарантируем, что опубликование научной статьи не нарушает ничьих авторских прав. Автор (авторы) передает (-ют) на неограниченный срок учредителю журнала неисключительные права на использование научной статьи путем размещения полнотекстовых сетевых версий номеров на интернет-сайте журнала. Автор (авторы) несет (-ут) ответственность за неправомерное использование в научной статье объектов интеллектуальной собственности, объектов авторского права в полном объеме в соответствии с действующим законодательством РФ.

Автор (авторы) подтверждает (-ют), что направляемая статья нигде ранее не была опубликована, не направлялась и не будет направляться для опубликования в другие научные издания.

Также удостоверяем, что автор (авторы) согласен (-ны) с правилами подготовки рукописи к изданию, утвержденными редакцией журнала «Радиология — практика», опубликованными и размещенными на официальном сайте журнала.

Сопроводительное письмо подписывает руководитель структурного подразделения (кафедры) или другое должностное лицо.

Сопроводительное письмо сканируется и загружается на сайт журнала (рекомендован формат PDF).

## **Справка антиплагиата**

Отчет «Антиплагиата» содержит три раздела — заимствования, цитирования, оригинальный текст. Большой объем цитирований снижает показатель оригинальности текста.

Редколлегия приветствует работы, уровень оригинального текста которых более 70 %, уровень заимствования менее 10 %. Работа не принимается к публикации, если уровень оригинального текста менее 60 %, а уровень заимствования более 20 %.

Проверку на антиплагиат может выполнить сам автор или организация, которая дает сопроводительное письмо, воспользовавшись программой (<https://www.antiplagiat.ru/>). В этом случае на сайт журнала загружается результат проверки (справка антиплагиата) с указанием уровня оригинальности, цитирования и заимствования.

При рассмотрении статьи редакция оставляет за собой право проведения проверки материала с помощью системы «Антиплагиат». Особенно это касается тех статей, которые поступили в редакцию без справки антиплагиата. В случае обнаружения многочисленных заимствований редакция действует в соответствии с правилами COPE (The Committee on Publication Ethics, <https://publicationethics.org/>).

Результаты первичной проверки отсылаются авторам для возможного улучшения качества рукописи статьи.

## **Правила оформления статьи**

Текст должен быть набран формате Word, шрифт Times New Roman с полуторным межстрочным интервалом; используется кегль шрифта в 14 пунктов, для выделения используется курсив, а не подчеркивание (за исключением интернет-адресов).

сов); все иллюстрации, графики и таблицы расположены в соответствующих местах в тексте, а не в конце документа. Страницы должны быть пронумерованы, номер страницы ставится в правом нижнем углу.

Объем оригинальной статьи не более 10 страниц.

Обзорные статьи не более 15 страниц.

Краткие сообщения и клинические наблюдения не более 4 страниц.

## **Титульный лист статьи (на русском языке)**

### **Образец оформления**

- **Тип статьи** (оригинальная статья/обзорная статья/краткое сообщение)
  - **Код УДК**  
В связи с выходом ГОСТ Р 7.0.7-2021 для всех видов публикаций, направляемых в журнал «Радиология – практика», с 2022 года обязательно указание кода УДК для каждой публикации (ставится над заголовком в правом верхнем углу). Справочник УДК: <https://www.teacode.com/online/udc/>
  - **Название статьи**  
Названия научных статей должны быть информативными (международные базы данных Web of Science и Scopus это требование рассматривают в экспертной системе как одно из основных), недопустимо использовать сокращения.
  - **Имя, отчество, фамилия авторов (полностью)**  
В публикации допускается не более 5 соавторов. Над фамилиями авторов ставятся цифры по порядку.  
*Например:*  
Иван Михайлович Иванов<sup>1</sup>, Михаил Иванович Сидоров<sup>2</sup>
  - **Место работы авторов**  
Полное название организации (с указанием формы собственности, ведомственной принадлежности в виде аббревиатур, название учреждения полное с указанием города и страны). Например: ФГБОУ ВО «Российский университет медицины» Министерства здравоохранения Российской Федерации НОИ стоматологии им. А. И. Евдокимова, Москва, Россия.  
**Очень важно указывать название места работы авторов в соответствии с актуальным названием учреждения, опубликованным на официальном сайте.**
- Если авторов несколько и работают они в разных учреждениях (городах), то приводится список этих учреждений с цифровыми ссылками принадлежности авторов к определенному учреждению.
- Например:*  
Иван Михайлович Иванов<sup>1</sup>, Михаил Иванович Сидоров<sup>2</sup>  
<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Российский университет медицины» Министерства здравоохранения Российской Федерации НОИ стоматологии им. А. И. Евдокимова, Москва, Россия  
<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России, Нижний Новгород, Россия
- **Электронная почта каждого автора и ORCID** (при отсутствии номера ORCID его необходимо получить, зарегистрировавшись на сайте <https://orcid.org>)  
*Например:*  
<sup>1</sup> электронная почта, [https://orcid.org/...](https://orcid.org/)  
<sup>2</sup> электронная почта, [https://orcid.org/...](https://orcid.org/)
  - **Автор, ответственный за переписку**  
Имя, отчество, фамилия (полностью), адрес электронной почты

— **Аннотация**

Должна быть структурированной и содержать следующие разделы: цель исследования; материалы и методы; результаты; заключение или выводы. Объем не более 300 слов.

— **Ключевые слова**

5–6 слов, сокращения не допускаются. Ключевые слова преимущественно должны быть по специальности «лучевая диагностика»

— **Для цитирования**

Фамилия И. О., Фамилия И. О. Название статьи // Радиология — практика. Год.;Номер журнала:Страницы. <https://doi.org/...>

*Например:*

Иванов И. М., Сидоров М. И. Ультразвуковая диагностика объемных образований печени // Радиология — практика. 2024;х:xx-xx. <https://doi.org/...>

— **Источники финансирования**

Исследование не финансировалось какими-либо источниками.

Если исследование финансировалось или проводилось в рамках гранта, указать.

*Например:*

Исследование проведено в рамках выполнения государственного задания Министерства здравоохранения Российской Федерации или Исследование выполнено при поддержке гранта Российского научного фонда № xxxxx.

— **Благодарности**

Автор выражает благодарность... (в том числе и за финансирование работы).

— **Конфликт интересов**

Авторы заявляют, что данная работа, ее тема, предмет и содержание не затрагивают конкурирующих интересов. Мнения, изложенные в статье, принадлежат авторам рукописи. Авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE.

Если соавторы являются членами редакционной коллегии: Фамилия И. О., ученая степень, ученое звание... является председателем (членом) редакционного совета журнала «Радиология — практика». Авторам неизвестно о каких-либо других потенциальных конфликтах интересов, связанных с этой рукописью.

— **Соответствие принципам этики**

Работа соответствует этическим нормам Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека» с поправками 2008 года и «Правилами клинической практики в Российской Федерации», утвержденными приказом Минздрава РФ от 19.06.2003.

**План оформления титульного листа статьи на русском языке**

Тип статьи: оригинальная статья, обзорная статья, краткое сообщение

DOI (в редакции)

УДК 616.711-021

**Название статьи без сокращений**

Имя, отчество, фамилия<sup>1</sup>, имя, отчество, фамилия<sup>2</sup>, имя, отчество, фамилия<sup>3</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Название учреждения» Минздрава России, Москва, Россия

<sup>2,3</sup> ФГБОУ ВО «Название учреждения» Минздрава России, Пенза, Россия

<sup>1</sup> электронная почта автора, <https://orcid.org/...>

<sup>2</sup> электронная почта автора, <https://orcid.org/...>

<sup>3</sup> электронная почта автора, <https://orcid.org/...>

Автор, ответственный за переписку: Имя, отчество, фамилия (полностью), адрес электронной почты

#### **Аннотация**

**Цель исследования.** Далее с прописной буквы.

**Материалы и методы.** Далее с прописной буквы.

**Результаты.** Далее с прописной буквы.

**Заключение или выводы.** Далее с прописной буквы.

**Ключевые слова:** далее со строчной буквы.

**Для цитирования:** Фамилия И. О., Фамилия И. О., Фамилия И. О. Название статьи. *Радиология — практика*. 2024;х:xx-xx. <https://doi.org/...>

**Источники финансирования** (без точки)

Текст с новой строки с прописной буквы.

**Благодарности** (без точки)

Текст с новой строки с прописной буквы.

**Конфликт интересов** (без точки)

Текст с новой строки с прописной буквы.

**Соответствие принципам этики** (без точки)

Текст с новой строки с прописной буквы.

### **Титульный лист статьи на английском языке**

**Образец оформления** (перевод информации на английский язык)

— **Тип статьи** (Original article/Review article/Clinical case/Short report)

— **Название статьи**

Название статьи переводится на английский язык без сокращений. В переводе не должно быть транслитерации, кроме непереводаемых названий собственных имен, приборов и других объектов, имеющих собственные названия. Каждое слово в названии, кроме предлогов, должно начинаться с прописной (заглавной) буквы.

*Например:*

Magnetic Resonance Relaxometry in Assessment of Morphological Properties of Brain Gliomas: State of the Art

— **Имя, отчество, фамилия автора (-ов)**

В публикации допускается не более 5 соавторов. Над фамилиями авторов ставятся цифры по порядку.

Имя и фамилию автора (-ов) приводят в транслитерированной форме на латинице полностью, отчество сокращают до одной буквы (в отдельных случаях, обусловленных особенностями транслитерации, — до двух букв). Транслитерация по системе BGN (Board of Geographic Names), см. <http://www.translit.ru>.

*Например:*

Ivan M. Ivanov<sup>1</sup>, Sergey Yu. Sidorov<sup>2</sup>

— **Место работы авторов**

Полное название организации (при переводе на английский язык форма собственности не указывается, аббревиатуры не допускаются, дается полное название организации и ведомственная принадлежность в том виде, в котором их профиль идентифицирован в БД SCOPUS).

*Например:*

<sup>1</sup> Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russia

<sup>2</sup> Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Privolzhsky Research Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation, Nizhny Novgorod, Russia

- **Электронная почта** каждого автора и **ORCID** (при отсутствии номера ORCID его необходимо получить, зарегистрировавшись на сайте <https://orcid.org>)

*Например:*

<sup>1</sup> электронная почта, <https://orcid.org/...>

<sup>2</sup> электронная почта, <https://orcid.org/...>

- **Автор, ответственный за переписку (Corresponding author)**

Имя, О. фамилия, адрес электронной почты

*Например:*

Corresponding author: Ivan M. Ivanov, ivAn@login.ru

- **Аннотация (Abstract)**

Точный перевод аннотации с русского языка на английский

*Например:*

Abstract: Objective или Aim, Materials and Methods, Results, Conclusion.

- **Ключевые слова (Keywords) на английском языке**

Сокращения не допускаются, перевод с русского на английский.

*Например:*

**Keywords:** Liver Elastometry, Shear Wave Dispersion, Strain

- **Для цитирования (For citation)**

Фамилия И. О., Фамилия И. О. (все авторы на английском). Название статьи на английском. Radiology — Practice. 2024;x:xx-xx. (In Russ.). <https://doi.org/...>

- **Источники финансирования (Funding)**

The study was not funded by any sources.

Если исследование финансировалось или проводилось в рамках гранта, указать это.

*Например:*

The study was carried out within the framework of the state assignment of the Ministry of Health of the Russian Federation. This research was funded by Russian Science Foundation grant № xxxxxx.

- **Благодарности (Acknowledgments)**

The author is grateful to...

- **Конфликт интересов (Conflicts of Interest)**

The authors state that this work, its topic, subject and content do not affect competing interests. The opinions expressed in the article belong to the authors of the manuscript. The authors confirm the compliance of their authorship with the international ICMJE criteria (all authors have made a significant contribution to the development of the concept, the preparation of the article, read and approved the final version before publication).

Если соавторы являются членами редакционной коллегии: the author, Prof. Ivan M. Ivanov, is a member of the Editorial Board of «Radiology — Practice». The authors are not aware of any other potential conflict of interest relating to this manuscript

- **Соответствие принципам этики (Compliance with Ethical Standards)**

The work complies with the ethical standards of the Helsinki Declaration of the World Medical Association «Ethical Principles of conducting scientific medical research with human participation» as amended in 2008 and the «Rules of Clinical Practice in the Russian Federation» approved by the Order of the Ministry of Health of the Russian Federation dated 06/19/2003.

## План оформления титульного листа статьи на английском языке

Тип статьи: Original article/Review article/Clinical case/Short report

### Название Статьи без Сокращений на Английском

Ivan I. Ivanov<sup>1</sup>, Egor Yu. Petrov<sup>2</sup>, Sergey Yu. Sidorov<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russia

<sup>2,3</sup> Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Privolzhsky Research Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation, Nizhny Novgorod, Russia

<sup>1</sup> электронная почта автора, <https://orcid.org/...>

<sup>2</sup> электронная почта автора, <https://orcid.org/...>

<sup>3</sup> электронная почта автора, <https://orcid.org/...>

Corresponding author: Имя, О., Фамилия, адрес электронной почты

### Abstract

**Objective или Aim.** Далее с прописной буквы.

**Materials and Methods.** Далее с прописной буквы.

**Results.** Далее с прописной буквы.

**Conclusion.** Далее с прописной буквы.

**Keywords:** далее со строчной буквы.

**For citation:** Фамилия И. О., Фамилия И. О. (все авторы на английском) Название статьи на английском. *Radiology – Practice*. 2024;x:xx-xx. (In Russ.). <https://doi.org/...>

**Funding** (без точки)

Текст с новой строки с прописной буквы.

**Acknowledgments** (без точки)

Текст с новой строки с прописной буквы.

**Conflicts of Interest** (без точки)

Текст с новой строки с прописной буквы.

**Compliance with Ethical Standards** (без точки)

Текст с новой строки с прописной буквы.

## Полный текст статьи на русском языке

### Исследовательская статья

Рекомендуются следующие разделы: Актуальность. Цель. Материалы и методы. Результаты и их обсуждение (можно разделить эти разделы: Результаты. Обсуждение). Выводы. Список источников.

**Актуальность.** Кратко освещается состояние вопроса со ссылками на наиболее значимые публикации, формулируется необходимость проведения исследования. Аббревиатуры включаются в текст лишь после их первого упоминания с полной расшифровкой: например, ишемическая болезнь сердца (ИБС). В аббревиатурах используются заглавные буквы.

**Цель.** Содержит 1–3 предложения, в которых сформулировано, какую проблему или гипотезу решает автор и для чего.

**Материалы и методы.** Включает в себя подробное изложение методик исследования, данные об аппаратуре, на которой оно проводилось (с указанием страны и фирмы-производителя), критерии отбора исследуемых, количество и характеристику пациентов с разбивкой их по полу и возрасту, если требуется для исследования. Обязательно указывается принцип разбиения пациентов на группы, а также дизайн исследования. Следует назвать все используемые в ходе работы лекарственные

препараты и химические вещества, включая их международное непатентованное (общепринятое) название, дозы, пути введения. Данный раздел должен содержать максимальную информацию, это необходимо для последующего возможного воспроизведения результатов другими исследователями, сравнения результатов аналогичных исследований и возможного включения данных статьи в метаанализ.

Здесь же пишется о соблюдении этических принципов (как местных, так и международных: Европейская конвенция по защите позвоночных животных; Хельсинкская декларация) и об информированном согласии больного. Подробнее см. «Этические принципы».

В конце раздела «Материалы и методы» выделяется подраздел «Статистическая обработка данных». В начале подраздела необходимо указать программу и ее версию, использованную для статистической обработки данных (SPSS Statistics, Statistica, MatLab и т. п.). Далее подробно перечисляются методы статистической обработки: в обязательном порядке указываются критерии, по которым оценивалась статистическая значимость полученных результатов, а также методы определения соответствия выборки нормальному распределению. Методы статистики должны быть использованы корректно и обоснованно. Требуется показать, в каком виде представлены данные ( $M \pm \sigma$ , где  $M$  — среднее арифметическое,  $\sigma$  — стандартное отклонение;  $Me$  — медиана и т. д.). При описании в статье качественных признаков следует указывать процентные доли и стандартные отклонения долей ( $P \pm \sigma \%$ ). Необходимым является также указание уровня значимости (например,  $p \leq 0,05$ ).

**Результаты.** Их следует представлять в логической последовательности. Не должно быть никаких литературных ссылок. Данные приводятся очень четко в виде коротких описаний с графиками, таблицами и рисунками. В тексте не следует повторять все данные из таблиц и рисунков, надо упоминать только наиболее важные из них. Величины измерений должны соответствовать Международной системе единиц (СИ).

**Обсуждение.** Следует выделить новые и важные аспекты результатов проведенного исследования, проанализировать возможные механизмы или толкования этих данных, сопоставить их с данными других исследователей. Не нужно повторять сведения, уже приводившиеся в разделе «Актуальность», и подробные данные из раздела «Результаты». В обсуждение можно включить обоснованные рекомендации для клинической практики и возможное применение полученных результатов в предстоящих исследованиях.

**Выводы.** В нескольких предложениях следует подвести итог проделанной работы: что получено, о чем это может свидетельствовать или что может означать, чему служит и какие раскрывает возможности. Необходимо отразить перспективы использования результатов.

**Список источников** (см. раздел «Требования к оформлению списка источников»).

**Вклад авторов** (см. раздел «Требования к оформлению дополнительных сведений об авторах в конце статьи»).

## **Клиническое наблюдение**

Рекомендуются следующие разделы: Актуальность. Цель. Клиническое наблюдение. Обсуждение. Заключение или вывод. Список источников.

Клиническое наблюдение включает клинический пример с достаточным количеством иллюстраций, отражающих суть проблемы, и обсуждением вопроса с использованием данных литературы. Краткий обзор литературы по представленному наблюдению допускается. Ссылки на литературные источники не более 5–7-летней давности.

**Актуальность.** Кратко освещается состояние вопроса со ссылками на наиболее значимые литературные источники, формулируется необходимость настоящей публикации для читателей журнала. Аббревиатуры включаются в текст лишь после их первого упоминания с полной расшифровкой: например: ишемическая болезнь сердца (ИБС). В аббревиатурах используются заглавные буквы.

**Цель.** Содержит 1–3 предложения, в которых сформулировано, с какой целью авторы демонстрируют клиническое наблюдение.

**Клиническое наблюдение.** При описании клинического случая категорически запрещено представлять персональные данные пациентов как в тексте, так и в иллюстративном материале. Редакция оставляет за собой право отклонить публикацию при обнаружении персональных данных обследуемого в каких-либо материалах, направленных в журнал.

При формировании данного раздела целесообразно указать клиническую картину заболевания, данные анамнеза, результаты обследований, использование методов лучевой диагностики с иллюстративным материалом, подтверждающим или опровергающим необходимость использования тех или иных методов лучевой диагностики, описание результатов и исхода клинического наблюдения.

**Обсуждение.** Формируется на основании данных, представленных авторами в клиническом наблюдении. Это может быть обсуждение достоинств или недостатков выбранных методов диагностики, целесообразность назначения дополнительных методов исследования и т. д. Проводится сравнение авторского наблюдения с другими аналогичными публикациями в литературе.

**Заключение.** Приводится краткий итог представленного клинического наблюдения с возможными рекомендациями для клинической практики.

**Список источников** (см. раздел «Требования к оформлению списка источников»).

**Вклад авторов** (см. раздел «Требования к оформлению дополнительных сведений об авторах в конце статьи»).

## **Обзорная статья**

При публикации обзора литературы рекомендуются следующие разделы: Актуальность/Введение. Обзор литературы. Заключение/Выводы. Список источников.

Обзорная статья должна содержать анализ результатов исследований за последние 5 лет с объективной оценкой. Рисунки в обзорах литературы не используются. Допускается публикация таблиц, содержащих обобщенные данные цитируемых исследований.

**Актуальность/Введение.** Характеризует состояние проблемы, которую авторы решили представить в обзоре литературы (например: появление нового метода диагностики; многообразие диагностических методик с недостаточно понятным алгоритмом их использования в различных диагностических случаях, диагностика редкого заболевания и т. д.).

**Обзор литературы.** Обзорная статья должна содержать анализ результатов исследований за последние 5–7 лет с объективной оценкой. Рисунки в обзорах литературы не публикуются. Допускается публикация таблиц, содержащих обобщенные данные цитируемых исследований, ссылка на авторов таблиц обязательна.

**Заключение/Выводы.** Представляется самая важная информация по проблеме, которая может быть использована в практической деятельности, или алгоритм действий.

**Список источников** (см. раздел «Требования к оформлению списка источников»).

**Вклад авторов** (см. раздел «Требования к оформлению дополнительных сведений об авторах в конце статьи»).

## **Лекция**

При публикации лекции рекомендуются следующие разделы: Актуальность/Введение. Лекционный материал (который может не выделяться в самостоятельный раздел). Заключение. Список источников.

**Актуальность/Введение.** Характеризует состояние проблемы, которую автор решил представить в лекции (например: появление нового метода диагностики; новая классификация; современный взгляд на алгоритм диагностики и т. д.).

**Лекционный материал** (можно не выделять в самостоятельный раздел)

Лекция может содержать иллюстрации из собственного архива автора, таблицы или схемы, при заимствовании которых обязательно указывается ссылка на первоисточник. При использовании иллюстраций из других источников ссылка на источники обязательна.

**Заключение/Выводы.** Представляется самая важная информация по проблеме, которая может быть использована в практической деятельности, или алгоритм действий.

**Список источников** (см. раздел «Требования к оформлению списка источников»).

**Вклад авторов** (см. раздел «Требования к оформлению дополнительных сведений об авторах в конце статьи»).

## **Требования к иллюстрациям в тексте статьи**

Каждое изображение должно быть размещено в статье в соответствующем разделе с указанием ссылки на него в тексте (например: рис. 1). На иллюстрациях, демонстрирующих результаты обследования пациента с помощью методов лучевой диагностики, необходимо указать выявленные изменения с помощью стрелки или иных маркеров. На рисунках не должно быть фамилий пациентов и врачей, выполнявших исследования.

Диаграммы, графики и схемы могут быть представлены как в черно-белом, так и в цветном изображении. Все подписи внутри диаграмм, графиков и схем должны быть понятны, переведены на русский язык, а аббревиатуры расшифрованы. В случае невозможности внесения изменений в структуру рисунка (графика, диаграммы или схемы) необходимо расшифровать все параметры в подрисуночной подписи (рис. 2).

Рисунок (диаграммы, графики, схемы) должен иметь нумерацию и название на русском языке. Нумерация и название рисунка размещаются под рисунком. Подрисуночная подпись выполняется шрифтом Times New Roman с полуторным межстрочным интервалом; используется кегль шрифта в 14 пунктов с 1,5 интервалом.

## **Пример оформления иллюстрации, демонстрирующей методику обследования пациента и ее результат**

Если иллюстрация включает несколько изображений, то они должны быть отмечены русскими маленькими буквами — *a*, *b*, *c* и т. д., находящимися под рисунком (см. рис. 1). Буквы на иллюстрациях не ставятся!

На самой иллюстрации стрелкой или иными маркерами отмечаются выявленные изменения (см. рис. 1).

Подрисуночная подпись включает: название метода лучевой диагностики, исследуемую область, выявленные изменения. Если изображений несколько, то затем дается информация о каждом из них (см. рис. 1).

Если на изображении имеются какие-либо аббревиатуры, расчетные показатели, они должны быть расшифрованы в подписной подписи (см. рис. 1).

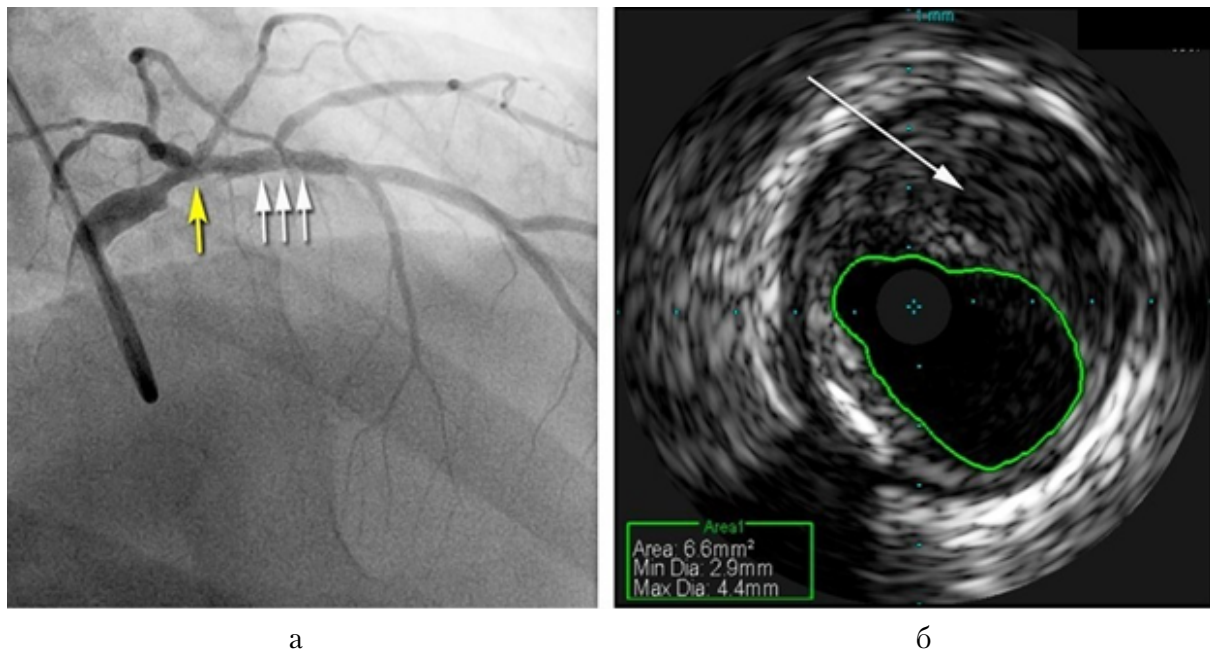


Рис. 1. Внутрисосудистое ультразвуковое исследование ствола левой коронарной артерии выше зоны бифуркации: *а* — массивная атеросклеротическая бляшка в просвете ствола левой коронарной артерии (*стрелка*); *б* — «виртуальная гистология бляшки», на которой при компьютерном анализе визуализируется липидный компонент (*зеленый цвет*), кальциноз стенки сосуда (*белый цвет*) и некротический компонент бляшки (*красный цвет*). Area — площадь просвета; Min Dia — минимальный диаметр; Max Dia — максимальный диаметр

### Пример оформления графика (схемы)

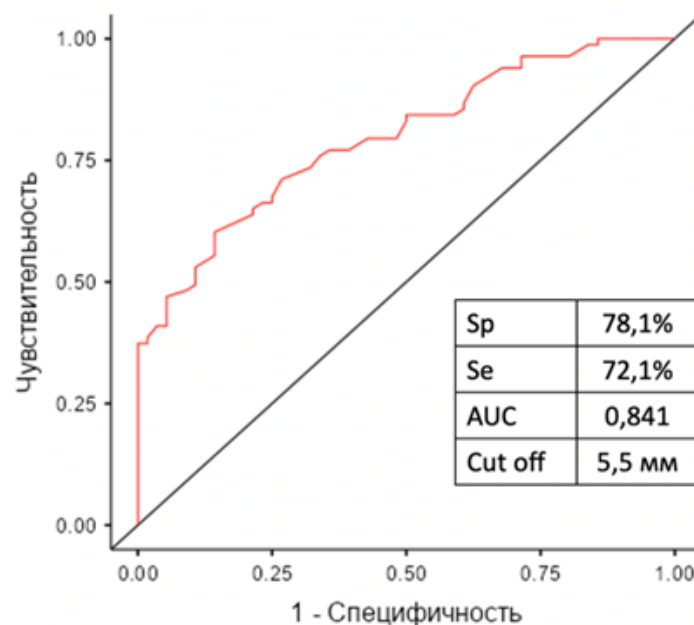


Рис. 2. ROC-анализ: сравнение размера мешотчатых аневризм и патологического контрастирования стенки аневризмы. Sp — специфичность, Se — чувствительность, AUC — площадь под кривой, Cut off — пороговое значение

## **Требования к графическим и видеоматериалам, загружаемым на сайт журнала для статьи**

Графические материалы загружаются на сайт журнала, и название файла должно представлять собой номер рисунка, как он указан в тексте статьи. Если иллюстрация состоит из нескольких фрагментов или снимков, то каждый из них присылается отдельным файлом (например: 1a.jpg, 1б.jpg, 1в.jpg; 2a.png, 2б.png; 3a.eps, 3б.eps и т. д.)

Так как журнал «Радиология — практика» — электронное издание, то требования к файлам отличаются от печатных версий. Изображения с разрешением 300 dpi и выше приниматься не будут во избежание потерь качества при сжатии.

**Векторные иллюстрации, графики, диаграммы** принимаются в исходных векторных форматах или eps. Допустима профессиональная конвертация в jpeg без потери качества с разрешением не более 120 dpi.

**Растровые иллюстрации** принимаются с разрешением 72–120 dpi при физическом размере изображения не более 16 см, в форматах jpeg, tiff, png без предварительного использования в программах с автоматическим сжатием и текстовых редакторах.

Все сопроводительные элементы иллюстрации (стрелки, любые значки, цветовые выделения) должны быть добавлены автором на изображения. А вот буквенная нумерация на самих изображениях (*a, б, в, г, д, е* и т. д.) недопустима.

**Видеоролики** диагностических исследований принимаются в форматах avi, mpeg, mov размером до 250 Мб. Наличие на видеоизображениях фамилий пациентов и врачей, выполнявших исследования, недопустимы.

Однотипные иллюстрирующие материалы должны быть одинаковыми по размеру, масштабу, характеру представления информации. Редакция оставляет за собой право проверки рисунков на плагиат через Google Images.

## **Требования к оформлению таблиц**

Таблицы должны быть наглядными, иметь название и порядковый номер, заголовки должны точно соответствовать содержанию граф.

На каждую таблицу должна быть сделана ссылка в статье (например: табл. 1). Если во всей статье всего одна таблица, то в ссылке в тексте ей не присваивается никакой номер.

Все разъяснения, включая расшифровку аббревиатур, даются в сносках под таблицами. Указываются статистические методы, использованные для представления вариабельности данных и достоверности различий. Если таблица заимствована из других литературных источников (например, в обзорной статье или лекции), необходимо указать авторство.

Данные, представленные в таблицах, не должны дублировать данные рисунков и текста и наоборот.

### **Правила оформления таблиц**

- Шрифт 14
- Таблица 1 (выравнивание по правому краю)
- Название таблицы указывается жирным шрифтом, выравнивание по центру
- Заголовки (названия) столбцов жирным шрифтом, выравнивание по центру. В названиях столбцов могут присутствовать единицы измерения, которые должны соответствовать Международной системе единиц (СИ).
- Содержимое граф таблицы выравнивается по центру, пишется без выделения.

- Статистические методы, использованные для представления вариабельности данных и достоверности различий, могут быть указаны в заголовке таблицы либо в примечании внизу таблицы (см. табл. 2).

### Примеры оформления таблиц

Таблица 1

**Распределение пациентов по полу и возрасту  
(Дьячков К. А. с соавт., 2023 г.) [4]**

| Пол      | Возрастные группы |           |           |
|----------|-------------------|-----------|-----------|
|          | 6–11 лет          | 12–15 лет | 16–18 лет |
| Мальчики | 13                | 5         | 4         |
| Девочки  | 6                 | 3         | 4         |
| Всего    | 19                | 18        | 8         |

*Примечание:* могут быть указаны методы статистической обработки, достоверности различий, использование диагностических методик, расшифровка аббревиатур и т. д.

Таблица 2

**Средние значения  $\pm$  стандартные отклонения фракции жира для трех групп  
исследуемых пациентов для регионов интереса в костях таза справа (Ilium R)  
и слева (Ilium L) и поясничных позвонках (L4 и L5) [Г. В. Терещенко с соавт., 2023]**

| Группа                                            | n  | Фракция жира (%)                       |                                        |                                        |                                        |
|---------------------------------------------------|----|----------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|
|                                                   |    | Ilium L                                | Ilium R                                | L4                                     | L5                                     |
| Здоровые добровольцы                              | 24 | 52 $\pm$ 11                            | 50 $\pm$ 12                            | 31 $\pm$ 9                             | 32 $\pm$ 12                            |
| Острая фаза заболевания                           | 20 | 3,2 $\pm$ 2,7                          | 3,7 $\pm$ 3,3                          | 2,6 $\pm$ 1,9                          | 2,9 $\pm$ 2,5                          |
| На химиотерапии                                   | 20 | 78 $\pm$ 9                             | 78 $\pm$ 7                             | 64 $\pm$ 13                            | 66 $\pm$ 13                            |
| Статистическая значимость различий между группами |    | *p < 0,01<br>**p < 0,01<br>***p < 0,01 | *p < 0,01<br>**p < 0,01<br>***p < 0,01 | *p < 0,01<br>**p < 0,01<br>***p < 0,01 | *p < 0,01<br>**p < 0,01<br>***p < 0,01 |

*Примечание:* \* — разница между группой здоровых добровольцев и пациентами в острой фазе заболевания; \*\* — разница между группой здоровых добровольцев и пациентами на химиотерапии; \*\*\* — разница между группой пациентов в острой фазе заболевания и на химиотерапии.

### Требования к оформлению списка источников

Данный этап работы (оформление библиографической части рукописи) включает:

- использование цитат и ссылок из современных литературных источников, давность издания которых не превышает 5-7 лет. Рекомендуется не использовать источники литературы многолетней давности (> 10 лет), за исключением случаев первого упоминания методики/заболевания, или фундаментальные работы, не имеющие современных аналогов. Статьи с большим количеством литературы многолетней давности (более 10 %) могут быть не допущены к публикации;

- не рекомендуется включать в список источников ссылки на авторефераты, диссертации, учебники, учебные пособия, ГОСТы, распоряжения и т. д.;
- список формируется с приведением фамилий и инициалов всех авторов (что позволяет исключить потерю индексации авторов и снижение уровня цитирования их работ);
- ссылки на литературные источники в списке располагают в алфавитном порядке по фамилии первого автора, сначала приводятся издания на русском языке, затем – на иностранных. Работы одного автора указываются по возрастанию годов издания;
- указывается DOI статьи (<https://doi.org/xxxxxx>). Проверить наличие DOI статьи можно на сайте: <http://search.crossref.org/> или <https://www.citethisforme.com>
- ссылки на неопубликованные работы не допускаются;
- в тексте ссылки на номера источников даются в квадратных скобках [1–3].

После формирования Списка источников на русском языке его представляют на английском языке под заголовком References. Если в списке есть ссылки на иностранные публикации, они должны полностью повторяться и в русско-, и в англоязычном варианте.

Каждое слово, кроме предлогов, в названии статьи на английском языке должно быть с прописной (заглавной) буквы (см. раздел примеры статей в списке).

Русскоязычные работы в References приводятся на английском языке согласно тому переводу, который представлен в оригинальной версии, опубликованной в соответствующем издании. В конце ссылки в круглых скобках указывается страна. (In Russ.).

Транслитерация (в программе <http://www.translit.ru>) допускается только в том случае, если перевода названия и выходных данных статьи на английский язык не было.

## Примеры оформления списка источников

### Статьи на русском языке

Топольник М. В. Ультразвуковая диагностика тестикулярной ишемии без перекрута яичка у детей. Редкие клинические наблюдения // Радиология – практика. 2023. № 5. С. 60–68. <https://doi.org/10.52560/2713-0118-2023-5-60-68>

Юсуфов А. А., Румянцева Г. Н., Горшков А. Ю., Казаков А. Н., Галахова Д. Г., Карташев В. Н. Малоинвазивное лечение абсцессов брюшной полости у детей с использованием ультразвуковой навигации // Радиология – практика. 2023. № 5. С. 45-59. <https://doi.org/10.52560/2713-0118-2023-5-45-59>

Краснов А. С., Кабанов Д. О., Терещенко Г. В. Основы дозиметрии и оптимизации дозовой нагрузки при проведении мультиспиральной компьютерной томографии // Вопросы гематологии/онкологии и иммунопатологии в педиатрии. 2018. Т. 17, № 3. С. 127–132. <https://doi.org/10.24287/1726-1708-2018-17-3-127-132>

### Те же статьи в списке источников на английском языке

Topolnik M. V. Ultrasound Diagnostic of Testicular Ischemia without Torsion in Children. Rare Clinical Observations. *Radiology – Practice*. 2023;5:60-68. (In Russ.). <https://doi.org/10.52560/2713-0118-2023-5-60-68>

Yusufov A. A., Rumyantseva G. N., Gorshkov A. Yu., Kazakov A. N., Galakhova D. G., Kartashev V. N. Minimally Invasive Treatment of Abdominal Abscesses in Children Using Ultrasound Navigation. *Radiology – Practice*. 2023;5:45-59. (In Russ.). <https://doi.org/10.52560/2713-0118-2023-5-45-59>

Krasnov A. S., Kabanov D. O., Tereshchenko G. V. Fundamentals of Dosimetry and Optimization of Dose Load during Multislice Computed Tomography. *Voprosy gematologii/onkologii i immunopatologii v pediatrii*. 2018;17(3):127-132. (In Russ.). <https://doi.org/10.24287/1726-1708-2018-17-3-127-132>

### **Англоязычные статьи**

Calandrelli R., Pilato F., Massimi L., Onesimo R., D'Apolito G., Tenore L., Leoni C., Zampino G., Colosimo C.. Thoracolumbar Stenosis and Neurologic Symptoms: Quantitative MRI in Achondroplasia. *J. Neuroimag.* 2022;5(32):884-893. <https://doi.org/10.1111/jon.13015>

Nadeem A. M., Wahla A. S., Al-Tarifi A. Invasive Mediastinal Mucormycosis with Pulmonary and Cardiac Involvement in an Adult with Chronic Granulomatous Disease: Case Report and Review of the Literature. *Eur. J. Case Rep. Intern. Med.* 2021;8(5):002435. Clinical reviews and short reports. [https://doi.org/10.12890/2021\\_002435](https://doi.org/10.12890/2021_002435).

Проверить наличие DOI статьи можно на сайте <http://search.crossref.org/> или <https://www.citethisforme.com>

### **Ссылки на электронные ресурсы**

Любимова З. В. Возрастная анатомия и физиология в 2 т. Т. 1. Организм человека, его регуляторные и интегративные системы. 2-е изд. М.: Юрайт, 2016. 447 с. ISBN 978-5-534-18025-1. Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. URL: <https://urait.ru/bcode/535734> (дата обращения: 23.03.2024).

Lyubimova Z. V. Age-related Anatomy and Physiology in 2 Volumes. Vol. 1 The Human Body, its Regulatory and Integrative Systems. 2nd ed. M.: Yurayt, 2016. P. 447. (In Russ.). Text: electronic // Transformational platform [website]. URL: <https://urait.ru/bcode/535734> (date of application: 03/23/2024). ISBN 978-5-534-18025-1.

### **Требования к оформлению дополнительных сведений об авторах в конце статьи**

Вначале указываются данные на русском языке, затем на английском:

- Фамилия, имя, отчество автора, ученая степень, ученое звание, занимаемая должность, полное название организации, город, страна.
- Адрес.
- Контактный телефон
- Вклад автора в публикацию.

*Например:*

**Иванов Иван Иванович**, врач-рентгенолог, доктор медицинских наук, доцент кафедры лучевой диагностики Федерального государственного бюджетного учреждения высшего профессионального образования «Полное название учреждения» Министерства здравоохранения Российской Федерации (или России), город, Россия.

Индекс, город, название улицы, дом, корпус.

+7 (951) xxx-xx-xx

Вклад автора: формирование концепции, написание текста статьи.

**Ivanov Ivan Ivanovitch**, radiologist, PhD, associate of professor, Department of radiology. «...Medical University» of the Ministry of Healthcare of Russia, город (на английском языке), Russia.

Номер дома, название улицы, город, индекс, Russia.

+7 (951) xxx-xx-xx

Author's contribution: conceptualization, writing the text draft.

### **Завершающий этап работы авторов**

Перед публикацией готового выпуска редакция рассылает авторам готовые гранки их статей (pdf) для утверждения. Это дает возможность осуществить окончательную проверку статьи. Согласовываются все возникшие вопросы и принимаются остаточные правки, не предполагающие замену больших объемов текста или иллюстраций, значительно отличающихся по пропорциям от первоначальных.

После утверждения автором, ответственным за переписку, статья публикуется в новом выпуске [на сайте «Радиология — практика»](#).

#### **УЧРЕДИТЕЛИ ЖУРНАЛА**

© ООО «Центральный научно-исследовательский институт лучевой диагностики» (ЦНИИЛД), Москва

© НПАО «АМИКО», Москва

Свидетельство о регистрации  
средства массовой информации  
ЭЛ № ФС77-80253 от 19 января 2021 г.  
выдано Федеральной службой по надзору  
в сфере связи, информационных технологий  
и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)  
Министерства цифрового развития, связи  
и массовых коммуникаций РФ

#### **АДРЕС ИЗДАТЕЛЬСТВА**

109431, г. Москва, ул. Авиаконструктора Миля, д. 15/1, помещение XI, комн. 1–12