RADIOLOGIA – PRAKTIKA

ISSN 2713-0118 (Online)

ООО «Центральный научно-исследовательский
институт лучевой диагностики»

РАДИОЛОГИЯ – ПРАКТИКА

Научно-практический журнал для работников медицинской радиологической службы России

RADIOLOGY – PRACTICE

№ 4 2025

Научный рецензируемый журнал / Scientific Peer-reviewed Journal

РАДИОЛОГИЯ — ПРАКТИКА / RADIOLOGY — PRACTICE

№ 4, 2025

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, УЗД, 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, dosimetricians, 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
+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 с/ф НОИ стоматологии им. А. И. Евдокимова ФГБОУ ВО «Российский университет медицины» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Москва).

Vasil'ev Alexandr Yur'evich, M. D. Med., Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Professor of Department of Radiology, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Russian University of Medicine» of the Ministry of Health of the Russian Federation (Moscow).
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 «Приволжский исследовательский университет» 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 г. Нижнего Новгорода.

Petrova Ekaterina Borisovna, M. D. Med., Associate Professor. Associate Professor of the Department of Radiology 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 Health of Russian Federation. NizhnyNovgorod. 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/0000-0002-2829-515X; 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 Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет "МИФИ"», профессор кафедры лучевой диагностики с/ф НОИ стоматологии им. А. И. Евдокимова ФГБОУ ВО «Российский университет медицины» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Москва).

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, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Russian University of Medicine» of the Ministry of Health of the Russian Federation (Moscow).
https://orcid.org/0000-0002-0385-3864

Дергилев Александр Петрович, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой лучевой диагностики ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

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 Медико-биологического университета инноваций и непрерывного образования ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А. И. Бурназяна ФМБА России Министерства здравоохранения Российской Федерации (Москва).

Kapustin Vladimir Viktorovich, M. D. Med., Associated Professor, Professor of Department of Radiology, Medico-Biological University of Innovation and Continuing Education of the Federal State Budgetary Educational Institution GNC FMBC named after A. I. Burnazyan FMBA of the Ministry of Health of the Russian Federation (Moscow).
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 НОИ стоматологии им. А. И. Евдокимова ФГБОУ ВО «Российский университет медицины» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Москва).

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, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Russian University of Medicine» of the Ministry of Health of the Russian Federation (Moscow).
https://orcid.org/0000-0002-2381-4213
Scopus

Лежнев Дмитрий Анатольевич, доктор медицинских наук, профессор, заслуженный врач РФ, заведующий кафедрой лучевой диагностики с/ф НОИ стоматологии им. А. И. Евдокимова ФГБОУ ВО «Российский университет медицины» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Москва).

Lezhnev Dmitry Anatol'evich, M. D. Med., Honored Scientist of the Russian Federation, Head of Department of Radiology, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Russian University of Medicine» of the Ministry of Health of the Russian Federation (Moscow).
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 с/ф НОИ стоматологии им. А. И. Евдокимова ФГБОУ ВО «Российский университет медицины» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва, заведующая отделением ультразвуковой диагностики ГБУЗ «ДГКБ св. Владимира Департамента здравоохранения г. Москвы».

Olkhova Elena Borisovna, M. D. Med., Professor, Professor of Department of Radiology, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Russian University of Medicine» of the Ministry of Health of the Russian Federation; the Head of Department of the Ultrasound Diagnostic Moscow Clinical Municipal Children Hospital St. Vladimir, Moscow of Healthcare Department, Moscow, Russia.
https://orcid.org/0000-0003-3757-8001

Петрова Екатерина Борисовна, доктор медицинских наук, доцент, доцент кафедры лучевой диагностики ФДПО, доцент кафедры эндокринологии и внутренних болезней ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» 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 г. Нижнего Новгорода.

Petrova Ekaterina Borisovna, M. D. Med., Associate Professor. Associate Professor of the Department of Radiology 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 Health of Russian Federation. NizhnyNovgorod. 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/0000-0002-2829-515X; https://orcid.org/0009-0001-2849-1185
Scopus

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

Petrovskaya Victoriya Vasil'yevna, M. D. Med., Professor of Department of Radiology, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Russian University of Medicine» of the Ministry of Health of the Russian Federation (Moscow).
https://orcid.org/0000-0001-8298-9913
Scopus

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

Pronin Igor' Nikolaevich, M. D. Med., Academician the Russian Academy of Sciences, Deputy Director for Scientific Work, 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 / The Appeal of the Editor-in-Chief 8

Обращение редакции к авторам
The Editorial Board's Appeal to the Authors 9

ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ
ORIGINAL RESEARCH

Экспресс-рентгенодиагностика минно-взрывной травмы черепа
Александр Юрьевич Васильев, Сергей Валерьевич Леонов,
Николай Николаевич Блинов (мл.), Николай Николаевич Потрахов

Express X-Ray Diagnostics of Mine-Blast Trauma of the Skull
Aleksandr Yu. Vasil'yev, Sergey V. Leonov, Nikolai N. Blinov (j.),
Nikolai N. Potrakhov 10

Оценка сократительной деятельности сердца плода на фоне пароксизма НЖТ и при восстановлении синусового ритма во время одного исследования
Н. Е. Яннаева, Е. Л. Бокерия, А. Н. Сенча, И. В. Тимошина, О. В. Юрченко

Evaluation of Contractile Activity of the Fetal Heart During Paroxysms of SVT and During Restoration of Sinus Rhythm During one Study
Natalia E. Yannaeva, Ekaterina L Bokerija, Aleksandr N. Sencha,
Irina V. Timoshina, Oxana V Yurchenko 24

ПРОДОЛЖЕННОЕ МЕДИЦИНСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ
THE CONTINUED MEDICAL EDUCATION

Современное состояние вопроса МРТ в диагностике нейротоксических осложнений полихимиотерапии у детей (обзор литературы и серия клинических случаев)
Сакина Джамалатдин кызы Гадиева, Наталия Александровна Шолохова,
Майя Владимировна Полянская

Current State of MRI in Diagnostics of Neurotoxic Complications of Polychemotherapy in Children (Literature Review and Case Series)
Sakina D. k. Hadiyeva, Nataliya A. Sholokhova, Mayya V. Polyanskaya 44

Юношеский эпифизеолиз головки бедренной кости с позиции врача-рентгенолога
Екатерина Алексеевна Губик, Юлия Андреевна Достовалова,
Евгений Ерболович Байке

Slipped Capital Femoral Epiphysis from a Radiologist's Perspective
Ekaterina A. Gubik, Yulia A. Dostovalova, Eugeny E. Bayke 64

Применение искусственного интеллекта при заболеваниях опорно-двигательного аппарата (обзор литературы)
Юлия Алексеевна Ушакова

Application of Artificial Intelligence in Diseases of the Musculoskeletal Systems (Literature Review)
Yulia A. Ushakova 81

КЛИНИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ И КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ
CLINICAL REVIEWS AND SHORT REPORTS

Возможности конусно-лучевой компьютерной томографии при планировании хирургической коррекции возрастных изменений мягких тканей лица и шеи (клиническое наблюдение)
Секина Мурадовна Алимова, Омар Надирович Адигезалов, Виктор Павлович Трутень, Татьяна Сергеевна Гусева

Possibilities of Cone Beam Computed Tomography in Planning Surgical Correction of Age-related Changes in Soft Tissues of the Face and Neck (Clinical Case)
Sekina M. Alimova, Omar N. Adigezalov, Victor P. Truten, Tatiana S. Guseva 92

Феномен «ликворного факела» как маркер внутричерепного давления у младенца с внутрижелудочковым кровоизлиянием. Клиническое наблюдение
Елена Борисовна Ольхова, Руслан Аликович Васин, Анна Геннадьевна Шандра, Максим Александрович Красников

Cerebrospinal Fluid Flow Jet Phenomenon as a Mark of Intracranial Pressure in an Infant with Intraventricular Hemorrhage. Clinical Observation
Elena B. Olkhova, Ruslan A. Vasin, Anna G. Shandra, Maxim A. Krasnikov 101

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

Отчет о научно-практической конференции «Лучевая диагностика заболеваний челюстно-лицевой области в педиатрии»
Report on the Scientific and Practical Conference «Radiation Diagnostics of Diseases of the Maxillofacial Region in Pediatrics» 111

Отчет о Международном монгольском конгрессе, посвященном 30-летию создания радиологической ассоциации
Report on Mongolian Congress of Radiology 2025 the 30th Annular Meeting of the Mongolian Society of Radiology 113

Правила подачи и оформления статей в электронный журнал «Радиология — практика»
Rules for Submitting and Formatting Articles to an Electronic Journal «Radiology — Practice» 117

Дорогие коллеги!

Новое обсуждение интересной информации затронет новость о направлении врачей московских больниц в рамках эксперимента на работу в городские поликлиники. Планируется, что такой мультидисциплинарный подход будет способствовать более отлаженной работе специалистов скорой помощи, поликлиник и стационаров. Пилотный проект уже начался. Кто это придумывает? Представим себе, что врач-рентгенолог травматологического стационара направляется на работу в районную поликлинику на флюорографию. Парадокс. Я бы точно не пошел. Приходится только сожалеть о таких решениях.

Вторая, и не менее интересная новость о том, что в одном из регионов есть новый проект, и медицинские учреждения обяжут за свой счет покупать аудиооборудование для контроля за врачами. Ранее губернатор Вологодской области Георгий Филимонов анонсировал начало борьбы с хамством медработников: «Мы говорим об искоренении неэтичного отношения к пациентам и хамского общения со стороны сотрудников медучреждений». А мне кажется, что сама постановка вопроса хамская.

Есть даже проект приказа Минздрава области: все медорганизации региона должны будут закупить аудиобейджи за собственный счет. Ориентировочная стоимость аудиобейджа, согласно открытым данным, от 6 до 30 тыс. руб. Надо еще за счет врачей и медсестер закупить.

Ура, и вот апофеоз: аудиоконтроль общения сотрудников регистратуры, а также приемов участковых терапевтов, педиатров, ВОПов, фельдшеров (в случае возложения на них функций врачей), стоматологов, зубных врачей будет проводиться со 2 июня. Медики получат речевые инструкции, а в конце рабочего дня записи проанализируют, если обнаружат некорректные с точки зрения инструкции фразы, «провинившегося» доктора вызовут на разборки к главврачу.

Документ также обязует назначить ответственных «за ежедневную оценку и анализ аудиозаписей».

А вот кто будет осуществлять аудиоконтроль за хамством пациентов и чиновников? В приказе ничего об этом не сказано. Что таких нет, вот уж поистине парадокс. Так и живем.

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

Уважаемые авторы и коллеги!

С 2025 года вся переписка с членами редакционной коллегии и авторами осуществляется через электронную почту журнала: radiology-practice@yandex.ru. Номера телефонов и адреса электронной почты являются персональными данными авторов и находятся в редакции.

С уважением,
редакция журнала «Радиология — практика»

Check for updates

ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

Оригинальная статья
УДК 616.314-073.75
https://doi.org/10.52560/2713-0118-2025-4-10-23

Экспресс-рентгенодиагностика минно-взрывной травмы черепа

Александр Юрьевич Васильев[1], Сергей Валерьевич Леонов[2], Николай Николаевич Блинов (мл.)[3], Николай Николаевич Потрахов[4]

[1, 2] ФГБОУ ВО «Российский университет медицины», Москва, Россия

[1] ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России, Москва, Россия

[2] ФГКУ «Военный университет им. князя Александра Невского» Минобороны России, Москва, Россия

[3] ГБУЗ МО «Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М. Ф. Владимирского», Москва, Россия

[4] Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» имени В. И. Ульянова (Ленина), Санкт-Петербург, Россия

[1] auv62@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-0635-4438

[2] sleonoff@inbox.ru, https://orcid.org/0000-0003-4228-8973

[3] nicolay.blinov@yandex.ru, https://orcid.org/0009-0000-0435-5085

[4] kzhamova@gmail.com, https://orcid.org/0000-0001-8806-0603

Автор, ответственный за переписку: Николай Николаевич Блинов, nicolay.blinov@yandex.ru

Аннотация

В современных вооруженных конфликтах большая часть потерь приходится на минно-взрывную травму, в том числе травму черепа, диагностика которой стала новой проблемой для судебной медицины. Частичным решением этой задачи может стать экспресс-диагностика портативными рентгеновскими аппаратами, сочетающими мобильность и быстроту использования.

Цель исследования. Изучить возможности малогабаритного портативного рентгеновского аппарата для экспресс-диагностики минно-взрывной травмы черепа.

Материалы и методы. При помощи портативного рентгеновского аппарата «с рук» была произведена экспресс-диагностика черепа у 51 трупа. В связи с большим количеством замороженных тел и тел в стадии трупного окоченения широко использовались атипичные укладки.

Результаты. Во время исследования было получено 68 рентгенограмм черепа. Было установлено, что в 11,7 % случаев повреждения были нанесены мелкими осколками,

© Васильев А. Ю., Леонов С. В., Блинов Н. Н. (м.), Потрахов Н. Н., 2025

в 9,8 % — крупными фрагментами ранящих снарядов, а 17,6 % повреждений были обусловлены сочетанным действием осколков различных калибров. Подавляющее большинство обнаруженных ранящих снарядов не имели четкой геометрической формы. Помимо осколочного действия боеприпасов были выявлены множественные переломы костей, полученные из-за воздействия взрывной волны. Подтвердилась возможность определения раневого канала с визуализацией входного и выходного отверстий. В месте непосредственного воздействия ранящего агента визуализировались инородные частицы металлической плотности, а по ходу раневого канала – множественные мельчайшие костные осколки.

Выводы. Рентгенография на малогабаритном (портативном) рентгеновском аппарате «с рук» не оказывает значимого влияния на качество получаемых изображений. При экспресс-диагностике на портативном аппарате визуализируются все признаки огнестрельных ранений — переломы, осколки, пули и их фрагменты, раневые каналы, входные и выходные отверстия, повреждения мягких тканей.

Ключевые слова: рентгенография, минно-взрывная травма, череп

Для цитирования: Васильев А. Ю., Леонов С. В., Блинов Н. Н. (м.), Потрахов Н. Н. Экспресс-рентгенодиагностика минно-взрывной травмы черепа // Радиология — практика. 2025;4:10-23. https://doi.org/10.52560/2713-0118-2025-4-10-23

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.

Васильев А. Ю., доктор медицинских наук, профессор, член-корреспондент РАН, является главным редактором 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.

ORIGINAL RESEARCH

Original research

Express X-Ray Diagnostics of Mine-Blast Trauma of the Skull

Aleksandr Yu. Vasil'yev[1], Sergey V. Leonov[2], Nikolai N. Blinov (j.)[3], Nikolai N. Potrakhov[4]

[1, 2] Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Russian University of Medicine» of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russia

[1] Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education «Russian Medical Academy of Continuous Professional Education» of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russia

[2] Military University of the Ministry of Defense of the Russian Federation named after Prince Alexander Nevsky, Moscow, Russia

[3] State Budgetary Healthcare Institution of the Moscow Region «Moscow Regional Research Clinical Institute named after M. F. Vladimirskiy», Moscow, Russia

[4] Saint Petersburg State Electrotechnical University «LETI» named after V. I. Ulyanov (Lenin), Saint Petersburg, Russia

[1] https://orcid.org/0000-0002-0635-4438

[2] https://orcid.org/0000-0003-4228-8973

[3] https://orcid.org/0009-0000-0435-5085

[4] https://orcid.org/0000-0001-8806-0603

Corresponding author: Nikolai N. Blinov, nicolay.blinov@yandex.ru

Abstract

In modern armed conflicts, most casualties are caused by mine-explosive trauma, including cranial trauma, the diagnosis of which has become a new problem for forensic medicine. A partial solution to this problem may be express diagnostics with portable X-ray machines, which combine high speed of examination with ease of use and mobility.

Aim. To study the capabilities of a small-sized portable X-ray machine for express diagnostics of mine-explosive trauma to the skull.

Materials and Methods. Using a portable handheld X-ray machine, in atypical positions, an express diagnosis of 51 corpses was performed.

Results. During the study, 68 skull X-rays were obtained. It was found that in 11.7 % of cases the injuries were caused by small fragments, in 9.8 % by large fragments of wounding shells, and 17.6 % of the injuries were caused by the combined action of fragments of different calibers. The vast majority of the wounding projectiles found had no a clear geometric shape. In addition to the fragmentation effect of the ammunition, multiple bone fractures were detected due to the impact of the blast wave. The possibility of determining the wound channel with visualization of the entry and exit holes was confirmed. At the site of direct impact of the wounding agent, foreign particles of metallic density were visualized, and along the wound channel multiple tiny bone fragments were detected.

Conclusion. Radiography on a small-sized (portable) X-ray machine handheld does not have a significant effect on the quality of the images obtained. Express diagnostics on a portable machine visualizes all signs of gunshot wounds - fractures, shrapnel, bullets and their fragments, wound channels, entry and exit holes, damage to soft tissues.

Keywords: Neurosonography, Extracerebral Fluid Collections, Infants

For citation: Vasil'yev A. Yu., Leonov S. V., Blinov N. N. (j.), Potrakhov N. N. Express X-Ray Diagnostics of Mine-Blast Trauma of the Skull. *Radiology — Practice*. 2025;4:10-23. (In Russ.). https://doi.org/10.52560/2713-0118-2025-4-10-23

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).

A. Yu. Vasil'yev, MD, Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences is the Editor-in-Chief of the journal «Radiology — Practice». The authors are not aware of any other potential conflicts of interest relating to this manuscript.

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 настоящее время в мире происходит множество военных конфликтов, в связи с чем за последние годы погибло большое количество людей. Появление новых видов огнестрельного оружия и боеприпасов существенно изменило характер огнестрельных ранений, в том числе минно-взрывных. Оценка характера боевой травмы — актуальная проблема судебно-медицинской экспертизы [1]. В связи с этим становятся востребованными новые способы диагностики минно-взрывной травмы, составляющей около 70 % всех ранений, получаемых военнослужащими в ходе СВО [2].

Данная проблема не менее актуальна и для судебно-медицинских исследований, так как в настоящее время в российских судебно-медицинских бюро официально практически отсутствуют средства лучевой диагностики [3]. Частичным решением данной проблемы может стать новый класс рентгеновского оборудования — портативные рентгеновские аппараты, сочетающие качество, скорость и удобство исследований при малом весе.

Цель: изучить возможности портативного рентгеновского аппарата для экспресс-диагностики минно-взрывной травмы черепа.

Материалы и методы

В качестве источника рентгеновского излучения использовался портативный рентгеновский комплекс «КОСА», состоящий из портативного рентгеновского аппарата РАП-120М-1Н III, двух плоскопанельных цифровых рентгеновских детекторов RAYENCE 1417 WCC и ROESIS XDR MG 1417, специализированного планшета и ноутбука (табл.).

Составляющие рентгеновского комплекса «КОСА» и их технические характеристики

№	Составляющие	Характеристика
1	Портативный рентгеновский аппарат РАП-120М-1Н III	Вес аппарата — 4,2 кг. Габариты — 240 × 210 × 80 мм. Анодное напряжение: 50–120 kV. Количество мАс: 1–20. Фокусное расстояние: 600 mm. Количество снимков до 10 % заряда АКБ: 100
2	Плоскопанельный цифровой рентгеновский детектор RAYENCE 1417 WCC	Вес панели — 3 кг. Размер — 460 × 384 × 15 мм. Рабочее поле детектора: 43 × 35 см. Разрешающая способность: 6 п. л./мм
3	Плоскопанельный цифровой рентгеновский детектор ROESIS XDR MG 1417	

Исследование проводилось на базе филиала № 2 ФГКУ ГГЦ СМиКЭ МО России. На 51 трупе были сделаны 68 рентгенограмм черепа. Радиационная безопасность соблюдалась, доза не превышала стандартной при рентгенографии черепа, персонал в течение всего исследования был защищен рентгеновским фартуком с воротником, специальными перчатками и очками. Все исследование проводилось «с рук», в атипичных укладках (рис. 1).

При съемке «с рук» осуществлялось изучение механизма взрывного огнестрельного черепно-мозгового повреждения:

1) форма и величина участка разрушения кости;
2) величина костных фрагментов, их количество и направление смещения;
3) наличие и количество инородных тел, их локализация и особенности;
4) соотношение между участком нарушения целостности кости и инородным телом, а также между костными фрагментами.

Рис. 1. Рентгеновская съемка «с рук» на портативном рентгеновском аппарате

Результаты

Анализ 68 рентгенограмм черепа, полученных при рентгенографии 51 трупа, показал, что у 20 (39,2 %) погибших были осколочные ранения черепа или смежных областей. Установлено, что в 11,7 % случаев повреждения были нанесены мелкими осколками, а в 9,8 % – крупными фрагментами ранящих снарядов. В 17,6 % повреждения были обусловлены сочетанным действием осколков различных калибров (рис. 2).

Наличие обнаруженного инородного тела имело значение для правильной оценки ранения. На рентгенограммах всегда определялась локализация инородных тел в мягких тканях черепа, в кости, в полости черепа.

Уточнение своеобразия ранящего снаряда, то есть определение того, чем является инородное тело — пулей, шрапнелью, осколком снаряда, фрагментом оболочки, обломком каски или дрона, играло важную роль в заключении при расшифровке локализации ранения.

Результаты рентгенографии «с рук» выявили массивные повреждения костей лицевого и мозгового черепа в результате воздействия поражающих элементов шаровидной формы. При этом раневой канал отчетливо не прослеживается (рис. 3).

В нашем исследовании подавляющее большинство снарядов (90 %) не имели четкой геометрической формы, а размер осколков варьировал от 0,1 мм до 4,0 см (рис. 4).

В 8 наблюдениях ранящих снарядов в структурах черепа обнаружено не было, однако имели место множественные переломы основных костей свода черепа, придаточных пазух носа, верхней и нижней челюсти из-за воздействия взрывной волны (рис. 5).

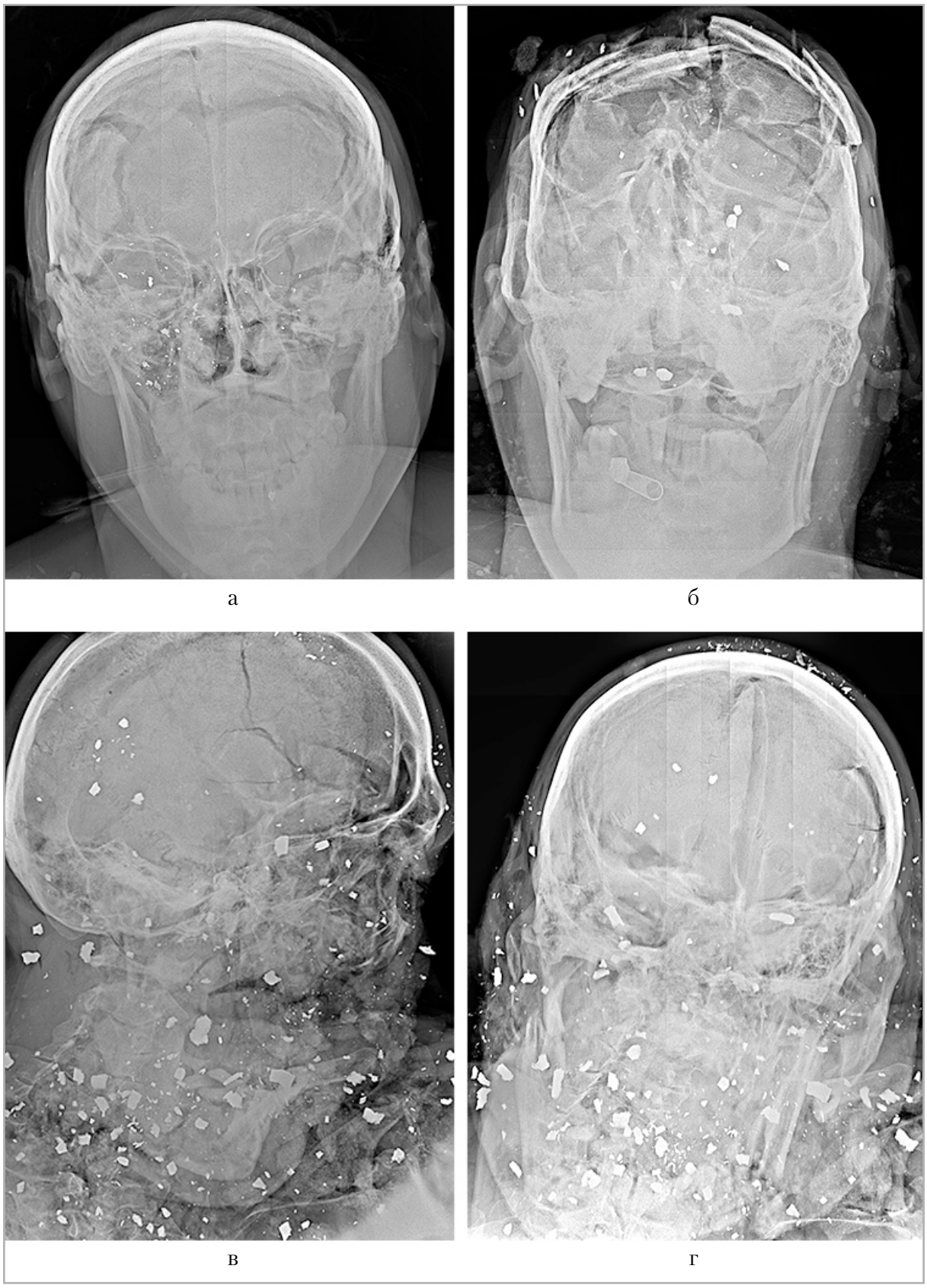


Рис. 2. Рентгенограммы черепа, выполненные на аппарате «КОСА» в условиях бюро судебно-медицинской экспертизы: *а* — осколочное ранение черепа мелкими ранящими снарядами; *б* — повреждение костей черепа крупными фрагментами, вызывающими разрушение теменной и левой височной костей черепа; *в, г* — полное разрушение костных структур черепа в результате воздействия ранящих снарядов различного диаметра (от 0,1 до 20 мм)

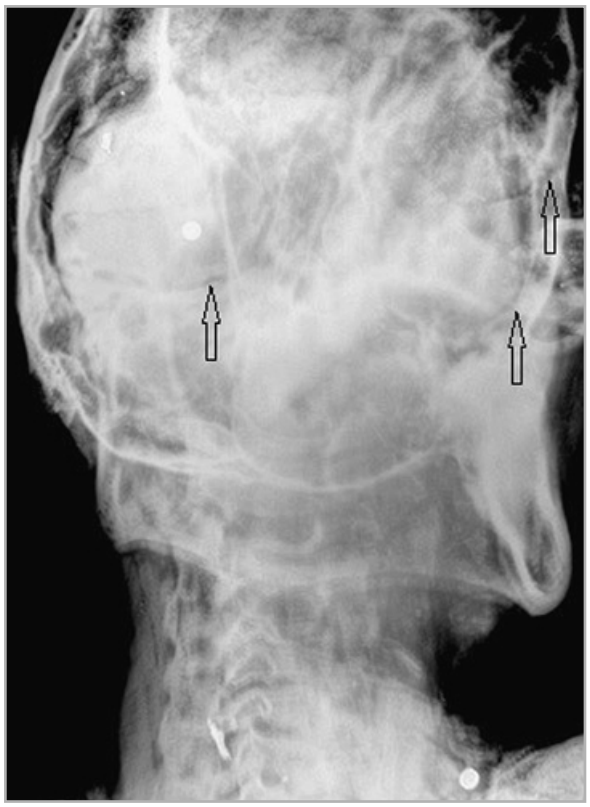


Рис. 3. Рентгенограмма черепа, на которой визуализируются округлой формы ранящие снаряды, вызывающие массивные разрушения костей черепа *(стрелки)*

В 9 случаях на рентгенограммах установлены сочетанные поражения черепа, шеи, грудной клетки и верхних конечностей.

Особое значение придавалось возможности определения раневого канала с визуализацией входного и выходного отверстий. В редких случаях рентгеновские признаки раневого канала были обусловлены траекторией ранящего снаряда.

Анализ выполненных исследований показал, что все ранения черепа сопровождались множественными переломами, фактически всех частей черепа. Дифференцировка и характеристики переломов были затруднительны из-за большого объема поражения, обусловленного большой кинетической энергией ранящего снаряда и взрывной волны.

Установлено, что формы участка нарушения целостности кости, обнаруживаемые рентгенологически, определялись величиной «угла падения». Чем ближе был «угол падения» ранящего снаряда к прямому, тем более округлой становится форма участка повреждения кости. Чем меньше «угол падения», тем протяженнее участок повреждения, поскольку при таких соотношениях раневой канал проходит почти параллельно плоскости повреждаемого отдела черепа.

При проведении исследований очень важные данные были получены при рентгенологическом анализе величины костных фрагментов, их количества и направления смещения. Отломки черепа встречались от мельчайших до столь крупных, что они составляли значительную часть одной или даже двух, трех и более смежных костей. У некоторых погибших отломки костей были так многочисленны, что не представлялось возможным их подсчитать. Отломки кости иногда располагались в области участка повреждения черепа, но чаще наблюдалось значительное смещение, достигавшее 5 см и более. При наличии отчетливого смещения фрагментов участок повреждения черепа превращался в зияющий дефект. Костные фрагменты смещались кнутри от этого отверстия, то есть интракраниально, кнаружи – экзокраниально, или в обе стороны. В месте непосредственного воздействия ранящего снаряда, обладающего большой кинетической энергией, визуализировались множественные мельчайшие костные отломки в направлении хода раневого канала.

Обсуждение

Полученные результаты согласуются с данными [1, 3] о том, что в структуре боевых травм лидирующее место по механизму повреждений занимают минно-взрывные и осколочные ранения.

Авторы разделяют мнение ряда исследователей [4, 10, 11] о том, что рентгенография по-прежнему остается

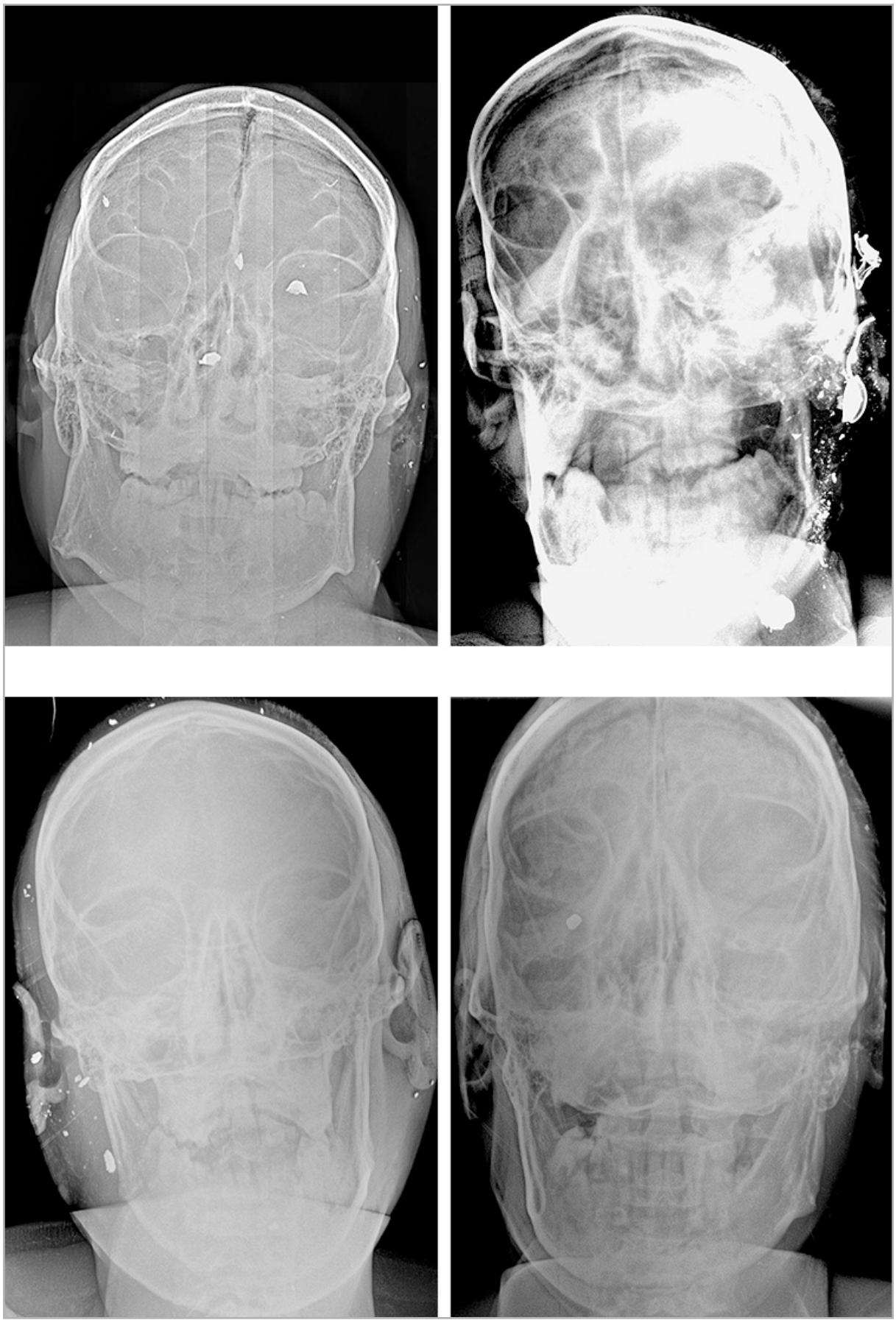


Рис. 4. Фрагменты рентгенограмм черепа с ранящими снарядами различных размеров и форм

а б

Рис. 5. Рентгенограммы черепа. Определяются множественные переломы костей черепа, обусловленные взрывной волной: *а* — наложение костей верхних челюстных пазух с нижней стенкой глазницы с частичным смещением зубного ряда влево, обусловленное действием взрывной волны. Дополнительно определяется перелом неправильной линейной формы затылочной кости слева; *б* — переломы свода черепа, один с выраженным захождением отломков. Определяются множественные радиальные переломы, расхождение швов, частичный отрыв лобной кости с выступом проксимального отдела на 42 мм и вклиниванием дистальной части в полость глазницы

распространенным и эффективным методом, используемым в судебно-медицинской практике, особенно при исследовании огнестрельных ранений.

При этом многие отечественные [2, 5–7] и зарубежные [8, 9, 14, 15] специалисты по судебной медицине не уделяют значимого внимания классической рентгенографии, кроме того, данный метод не вошел в термин «виртопсия». Хотя для сложных криминалистических исследований такие методы, как КТ и ангиография, более предпочтительны, для массового поступления погибших от огнестрельной и минно-взрывной травмы во время военных действий экспресс-рентгенодиагностика является практически безальтернативным методом неинвазивного исследования по причине высокой сложности технических требований для установки и эксплуатации высокотехнологичных методов диагностики.

Выявлено совпадение полученных результатов с исследованием [6], что посмертные лучевые исследования могут служить первым этапом минимально инвазивного вскрытия, однако следует дополнить этот вывод тем, что во многих случаях, особенно при массивном потоке погибших, в качестве посмертного лучевого исследо-

а б

Рис. 6. Рентгенограммы черепа. Раневые каналы, сформированные действием огнестрельных снарядов (пули): *а* — рентгенограмма черепа в прямой проекции. Отмечаются признаки касательного ранения верхней части черепной коробки справа с разрушением тканей мозга и костей свода черепа, переломы теменной кости справа и перелом правой ветви нижней челюсти. Четко визуализируется раневой канал, проходящий через дистальную часть теменной кости. В проекции мягких тканей правого плеча определяется крупный костный фрагмент неправильной формы, предположительно из костей черепа; *б* — рентгенограмма черепа в прямой проекции: отмечаются множественные переломы костей свода черепа, в том числе с захождением отломков, визуализируется раневой канал, идущий от нижнего края затылочного шва до правой височной области, и выраженно деформированная пуля на выходе. Отмечается расхождение затылочного шва и тотальное поражение мелкими металлическими осколками, обнаруженными в полости черепа: стальным сердечником, фрагментированной оболочкой и пылевидным распределением свинца рубашки пули в проекции костей лицевого скелета. Тотальное разрушение мягких тканей головы

вания достаточно использования экспресс-рентгенодиагностики.

Установлено, что материалы исследования совпадают с данными работ японских исследователей [12, 13] о потенциальной возможности использования портативных рентгеновских аппаратов при диагностике травм и переломов.

Выводы

1. Рентгенография на малогабаритном (портативном) рентгеновском аппарате «с рук» не оказывает значимого влияния на качество получаемых изображений.
2. Изображения качественные, динамическая нерезкость при съемке «с рук» отсутствует.
3. При экспресс-диагностике на портативном аппарате визуализируются все признаки огнестрельных ранений — переломы, осколки различного генеза, пули и их фрагменты, раневые каналы, входные и

выходные отверстия, повреждения мягких тканей.

Список источников

1. Дорохов А. Е., Акперова С. Р., Просветов С. Г. Анализ характера травм и ранений, полученных в ходе специальной военной операции // Молодежный инновационный вестник. 2023. Т. 12, № S2. С. 138–140.
2. Захаров С. Н., Пиголкин Ю. И. Применение лучевых методов диагностики в судебно-медицинской практике / С. Н. Захаров, Ю. И. Пиголкин // В сборнике научных трудов Танаторадиология: от перинатологии до геронтологии: материалы III научно-практической конференции Межрегионального танаторадиологического общества / под ред. У. Н. Тумановой, А. И. Щеголева. М.: МОО «МТО»; Практическая медицина, 2023. С. 15–20. https://doi.org/10.54182/9785988117674_2023_15
3. Никишин В. О., Литвиненко И. В., Наумов К. М. Особенности черепно-мозговой травмы вследствие воздействия взрывной волны // Известия Российской военно-медицинской академии. 2023. Т. 42, № 4. С. 451–458. https://doi.org/10.17816/rmmar611153
4. Судебно-медицинская радиология. От идентификации личности до посмертной визуализации / под ред. Дж. Ло Ре, А. Арго, М. Мидири, К. Каттанео; пер. с англ. под ред. В. А. Клевно. М.: Практическая медицина; Ассоциация СМЭ, 2023. С. 61–63. ISBN 978-5-98811-725-4
5. Швальб А. П. К вопросу о значении посмертного лучевого исследования для патологической анатомии и судебной медицины // В сборнике научных трудов Танаторадиология: от перинатологии до геронтологии: материалы III научно-практической конференции Межрегионального танаторадиологического общества / под ред. У. Н. Тумановой, А. И. Щеголева. М.: МОО «МТО»; Практическая медицина, 2023. С. 146–156. https://doi.org/10.54182/9785988117674_2023_146
6. Щеголев А. И. Возможности посмертных лучевых исследований в патологоанатомической практике / А. И. Щеголев, У. Н. Туманова // В кн.: Современная патология: опыт, проблемы, перспективы: I Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием: сборник материалов / под ред. А. В. Колсанова, Г. П. Котельникова, Т. А. Федориной. Самара: Изд. НИЦ «LJournal», 2020. С. 207–213.
7. Щеголев А. И. Характеристика особенностей проведения посмертных лучевых исследований / А. И. Щеголев, У. Н. Туманова // В сб.: Лучевая диагностика для патологической анатомии и судебно-медицинской экспертизы: от прижизненной к посмертной: материалы II научно-практической конференции Межрегионального танаторадиологического общества / под ред. У. Н. Тумановой, А. И. Щеголева. М.: МОО «МТО»; Практическая медицина, 2022. С. 3–12. https://doi.org/10.54182/9785988117094_2022_3
8. Cafarelli F. P., Grilli G., Zizzo G., Bertozzi G., Giuliani N., Mahakkanukrauh P., Pinto A., Guglielmi G. Postmortem Imaging: An Update. Semin Ultrasound CT MR. 2019;40(1):86-93. https://doi.org/10.1053/j.sult.2018.10.012
9. Decker S. J., Braileanu M., Dey C., Lenchik L., Pickup M., Powell J., Tucker M., Probyn L. Forensic Radiology: A Primer. Acad Radiol. 2019;26(6):820-830. https://doi.org/10.1016/j.acra.2019.03.006
10. Grabherr S., Grimm J. Forensische Radiologie: Einführung und Übersicht [Forensic radiology: Introduction and overview]. Radiologie (Heidelb). 2024;64(11):823-829. (German). https://doi.org/10.1007/s00117-024-01365-2
11. Hofer P., Ferling C. Forensische Bildgebung der scharfen Gewalt [Forensic imaging of sharp force injuries]. Radiologie (Heidelb). 2024;64(11):846-853. https://doi.org/10.1007/s00117-024-01370-5

12. Ohsaka H., Omori K., Takeuchi I., Yanagawa Y. Impalement Injury Diagnosed at the Scene by a Portable X-Ray System Transported by a Physician-Staffed Helicopter. J. Emerg. Trauma Shock. 2020;13(1):101-102. https://doi.org/10.4103/JETS.JETS_164_19
13. Omori K., Yanagawa Y., Muramatsu K. I., Nagasawa H., Takeuchi I., Madokoro S., Jitsuiki K., Yatsu S., Ohsaka H., Ishikawa K. Experience using a portable X-ray system at the scene transported by a physician-staffed helicopter. Acute. Med. Surg. 2019;6(4):396-399. https://doi.org/10.1002/ams2.431
14. Zech W. D., Ruder T. D. Stumpfe Gewalt in der forensischen Radiologie. Radiologie. 2024;64:837-845 https://doi.org/10.1007/s00117-024-01366-1
15. Zhang M. Forensic imaging: a powerful tool in modern forensic investigation. Forensic Sci Res. 2022;7(3):385-392. https://doi.org/10.1080/20961790.2021.2008705

References

1. Dorokhov A. E., Akperova S. R., Prosvetov S. Analysis of the Nature of Injuries Suffered During a Special Military Operation. *Молодежный инновационный вестник*. 2023;12(S2):138-140. (In Russ.).
2. Zakharov S. N., Pigolkin Yu. I. Application of radiological diagnostic methods in forensic medical practice. V sbornike nauchnyh trudov Tanatoradiologija: ot perinatologii do gerontologii: materialy III Nauchno-prakticheskoj konferencii Mezhregional'nogo tanatoradiologicheskogo obshhestva / pod red. U. N. Tumanovoj, A. I. Shhegoleva. M.: MOO «MTO»; Prakticheskaja medicina. 2023;15-20. (In Russ.). https://doi.org/10.54182/9785988117674_2023_15
3. Nikishin V. O., Litvinenko I. V., Naumov K. M. Features of blast-induced traumatic brain injury. *Russian Military Medical Academy Reports*. 2023;42(4): 451–458. (In Russ.). https://doi.org/10.17816/rmmar611153
4. Sudebno-medicinskaja radiologija. Ot identifikacii lichnosti do posmertnoj vizualizacii / pod red. Dzh. Lo Re, A. Argo, M. Midiri, K. Kattaneo; per. s angl. pod red. V. A. Klevno. M.: *Prakticheskaja medicina; Associacija SMJe*, 2023. P. 61–63. (In Russ.). ISBN 978-5-98811-725-4
5. Shval'b A. P. On the importance of postmortem radiation examination for pathological anatomy and forensic medicine // V sbornike nauchnyh trudov Tanatoradiologija: ot perinatologii do gerontologii: materialy III Nauchno-prakticheskoj konferencii Mezhregional'nogo tanatoradiologicheskogo obshhestva / pod red. U. N. Tumanovoj, A. I. Shhegoleva. M.: MOO «MTO»; Prakticheskaja medicina, 2023. P. 146–156. (In Russ.). https://doi.org/10.54182/9785988117674_2023_146
6. Shhegolev A. I. Vozmozhnosti posmertnyh luchevyh issledovanij v patologo-anatomicheskoj praktike / A. I. Shhegolev, U. N. Tumanova // V kn: «Sovremennaja patologija: opyt, problemy, perspektivy» I vserossijskaja nauchno-prakticheskaja konferencija s mezhdunarodnym uchastiem: sbornik materialov / pod red. A. V. Kolsanova, G. P. Kotel'nikova, T. A. Fedorinoj. Samara: Izd. NIC «LJournal», 2020. S. 207–213. (In Russ.).
7. Shchegolev A. I. Characteristics of the features of postmortem radiological examinations / A. I. Shchegolev, U. N. Tumanova // V sbornike Luchevaja diagnostika dlja patologicheskoj anatomii i sudebno-medicinskoj jekspertizy: ot prizhiznennoj k posmertnoj: materialy II Nauchno-prakticheskoj konferencii Mezhregional'nogo tanatoradiologicheskogo obshhestva / pod red. U. N. Tumanovoj, A. I. Shhegoleva. M.: MOO «MTO»; Prakticheskaja medicina, 2022. S. 3–12. (In Russ.). https://doi.org/10.54182/9785988117094_2022_3
8. Cafarelli F. P., Grilli G., Zizzo G., Bertozzi G., Giuliani N., Mahakkanukrauh P., Pinto A., Guglielmi G. Postmortem Imaging: An Update. *Semin Ultrasound CT MR*. 2019;40(1):86-93. https://doi.org/10.1053/j.sult.2018.10.012

9. Decker S. J., Braileanu M., Dey C., Lenchik L., Pickup M., Powell J., Tucker M., Probyn L. Forensic Radiology: A Primer. *Acad Radiol.* 2019;26(6):820-830. https://doi.org/10.1016/j.acra.2019.03.006
10. Grabherr S., Grimm J. Forensische Radiologie: Einführung und Übersicht [Forensic radiology: Introduction and overview]. *Radiologie (Heidelb)*. 2024;64(11):823-829. (German). https://doi.org/10.1007/s00117-024-01365-2
11. Hofer P., Ferling C. Forensische Bildgebung der scharfen Gewalt [Forensic imaging of sharp force injuries]. *Radiologie (Heidelb)*. 2024;64(11):846-853. https://doi.org/10.1007/s00117-024-01370-5
12. Ohsaka H., Omori K., Takeuchi I., Yanagawa Y. Impalement Injury Diagnosed at the Scene by a Portable X-Ray System Transported by a Physician-Staffed Helicopter. *J. Emerg. Trauma Shock.* 2020;13(1):101-102. https://doi.org/10.4103/JETS.JETS_164_19
13. Omori K., Yanagawa Y., Muramatsu K. I., Nagasawa H., Takeuchi I., Madokoro S., Jitsuiki K., Yatsu S., Ohsaka H., Ishikawa K. Experience using a portable X-ray system at the scene transported by a physician-staffed helicopter. *Acute. Med. Surg.* 2019;6(4):396-399. https://doi.org/10.1002/ams2.431
14. Zech W. D., Ruder T. D. Stumpfe Gewalt in der forensischen Radiologie. *Radiologie*. 2024;64:837-845 https://doi.org/10.1007/s00117-024-01366-1
15. Zhang M. Forensic imaging: a powerful tool in modern forensic investigation. *Forensic Sci Res.* 2022;7(3):385-392. https://doi.org/10.1080/20961790.2021.2008705

Сведения об авторах / Information about the authors

Васильев Александр Юрьевич, доктор медицинских наук, член-корреспондент РАН, профессор кафедры лучевой диагностики ФГОУ ВО «Российский университет медицины» МЗ РФ, профессор кафедры радиологии, радиотерапии, радиационной гигиены и радиационной безопасности им. академиков А. С. Павлова и Ф. Г. Кроткова ФГБОУ ДПО «РМАНПО» Минздрава России, Москва, Россия.
Вклад автора: формирование идеи, цели, рентгенография черепа у трупов, написание текста, утверждение окончательного варианта статьи – принятие ответственности за все аспекты работы, целостность всех частей статьи и ее окончательный вариант.

Vasiliev Alexander Yurievich, MD, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Professor of the Department of Radiation Diagnostics of the Federal State Educational Institution of Higher Education «Russian University of Medicine» of the Ministry of Health of the Russian Federation, Professor of the Department of Radiology, Radiotherapy, Radiation Hygiene and Radiation Safety named by Academicians A. S. Pavlov and F. G. Krotkov FSBEI FPE RMACPE MOH of Russia, Moscow, Russia.
Author's contribution: forming an idea and goals, radiographing skulls on cadavers, writing the text, approving the final version of the article – taking responsibility for all aspects of the work, the integrity of all parts of the article and its final version.

Леонов Сергей Валерьевич, доктор медицинских наук, профессор кафедры судебной медицины и медицинского права ФГБОУ ВО «Российский университет медицины» Минздрава России, доцент кафедры криминалистики ФГКУ «Военный университет им. князя Александра Невского» Минобороны России, Москва, Россия.
Вклад автора: формирование идеи, цели для судебной медицины, вскрытие, написание текста, корректировка подрисуночных подписей и утверждение окончательного варианта.

Leonov Sergey Valerievich, MD, Professor of the Department of Forensic Medicine and Medical Law at the Russian University of Medicine of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russia.
Author's contribution: formation of an idea, goals for forensic medicine, autopsy, writing of the text, correction of captions and approval of the final version.

Блинов Николай Николаевич (мл.), врач-рентгенолог ГБУЗ МО «МОНИКИ им. М. Ф. Владимирского», Москва, Россия.
Вклад автора: сбор материала, работа с изображениями и подрисуночными надписями, написание текста, поиск публикаций по теме, анализ литературы, участие в обработке материала и обсчете статистических показателей.

Blinov Nikolai Nikolaevich (j.), radiologist at Moscow Regional Research and Clinical Institute («MONIKI»), Moscow, Russia.
Author's contribution: collecting material, working with images and captions, writing text, searching for publications on the topic, analyzing literature, participating in the processing of material and calculating statistical indicators.

Потрахов Николай Николаевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой электронных приборов и устройств Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина), Санкт-Петербург, Россия.
Вклад автора: формирование идеи съемки в неспециализированных условиях, подготовка аппарата для судебной медицины, формирование цели исследования, проверка и корректировка физико-технических условий съемки.

Potrakhov Nikolai Nikolaevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Electronic Devices and Devices of the St. Petersburg State Electrotechnical University «LETI» named after V. I. Ulyanov (Lenin), Saint Petersburg, Russia.
Author's contribution: formation of the idea of shooting in non-specialized conditions, preparation of the apparatus for forensic medicine, formation of the research goal, verification and correction of the physical and technical conditions of shooting.

Статья поступила в редакцию 08.04.2025;
одобрена после рецензирования 23.05.2025;
принята к публикации 23.05.2025.

The article was submitted 08.04.2025;
approved after reviewing 23.05.2025;
accepted for publication 23.05.2025.

Check for updates

ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

Оригинальная статья
УДК 618.33-007
https://doi.org/10.52560/2713-0118-2025-4-24-43

Оценка сократительной деятельности сердца плода на фоне пароксизма НЖТ и при восстановлении синусового ритма во время одного исследования

Н. Е. Яннаева[1], Е. Л. Бокерия[2], А. Н. Сенча[3], И. В. Тимошина[4], О. В. Юрченко[5]

[1, 2, 3, 4] ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр акушерства, гинекологии, перинатологии имени академика В. И. Кулакова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, Россия

[2] ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И. М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский университет), Москва, Россия

[3] ФГБОУ ВО «РНИМУ им. Н. И. Пирогова» Минздрава России, Москва, Россия

[5] ООО «Центральный научно-исследовательский институт лучевой диагностики», Москва, Россия

[1] https://orcid.org/0009-0002-1049-0296

[2] https://orcid.org/0000-0002-8898-9612

[3] https://orcid.org/0000-0002-1188-8872

[4] https:// orcid.org/0000-0001-6145-4215

[5] https://orcid.org/ 0009-0008-3284-5995

Автор, ответственный за переписку: Наталья Евгеньевна Яннаева, yannaeva@yandex.ru

Аннотация

Цель исследования. Оценка изменений сократительной функции сердца плода на фоне пароксизма НЖТ и сравнение этих данных с показателями работы сердца при восстановлении ритма сердца с ЧСС менее 180 уд/мин в течение одного исследования.

Материалы и методы. Работа выполнена в ФГБУ «НМИЦ АГП имени академика В. И. Кулакова» МЗ РФ. В исследование вошло 25 беременных в сроках гестации от 18–40 нед с пароксизмальной формой наджелудочковой тахикардии, у которых в течение одного ультразвукового исследования была проведена оценка сократительной способности сердца плода на фоне пароксизма НЖТ и во время синусового ритма.

© Яннаева Н. Е., Бокерия Е. Л., Сенча А. Н., Тимошина И. В., Юрченко О. В., 2025

Для оценки сократительной функции сердца плода нами были использованы импульсная допплерометрия кровотока на АВ-клапанах и полулунных клапанах, М-режим, метод Симпсона, программа Fetal HQ, которые оценивались на фоне пароксизма НЖТ и после восстановления синусового ритма сердца.

Основной объем статистической обработки данных был выполнен с использованием программы Stata/MP v. 17.0 (StataCorp LLC, TX: 77845, USA, https://www.stata.com, 2021).

Результаты нашего исследования определили особенности работы сердца плода на фоне пароксизма НЖТ, которые выражаются в развитии гипертонуса миокарда желудочков (увеличение толщины стенок желудочков и МЖП), в снижении способности сердца к диастолической релаксации (уменьшение диастолических размеров желудочков) и, как следствие, значительное падение сократительной функции сердца плода, что проявляется в уменьшении как показателей поперечного укорочения миокарда (фракции укорочения желудочков), так и показателей продольного укорочения миокарда (снижение показателей систолической экскурсии АВ-клапанов — TAPSE и MAPSE, продольной деформации стенок желудочков — GLS, глобальной продольной деформации желудочков – Free Wall Strain). Такие изменения сердечной деятельности при длительных и частых пароксизмах с сохранением нарушенной диастолической функции желудочков сердца в межприступном периоде приводят к застою по большому кругу кровообращения и формированию асцита и водянки у плода, которая в данной выборке пациентов встречалась в 32 % случаев.

Заключение или выводы. Данное исследование продемонстрировало, что на фоне пароксизма НЖТ происходят значимые изменения сократительной функции сердца плода, которые приводят к формированию неэффективной сердечной деятельности, вследствие чего снижается сердечный выброс, развивается выраженная атриовентрикулярная регургитация и повышается центральное венозное давление, что в конечном итоге приводит к водянке, а в дальнейшем, при отсутствии внутриутробного лечения, может наступить гибель плода.

Ключевые слова: нарушения ритма сердца у плода, фетальные аритмии, наджелудочковая тахикардия у плода, сократительная деятельность сердца у плода

Для цитирования: Яннаева Н. Е., Бокерия Е. Л., Сенча А. Н., Тимошина И. В., Юрченко О. В. Оценка сократительной деятельности сердца плода на фоне пароксизма НЖТ и при восстановлении синусового ритма во время одного исследования // Радиология — практика. 2025;4:24-43. https://doi.org/10.52560/2713-0118-2025-4-24-43

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 article

Evaluation of Contractile Activity of the Fetal Heart During Paroxysms of SVT and During Restoration of Sinus Rhythm During one Study

Natalia E. Yannaeva[1], Ekaterina L. Bokerija[2], Aleksandr N. Sencha[3], Irina V. Timoshina[4], Oxana V. Yurchenko[5]

[1, 2, 3, 4] Academician V. I. Kulakov National Medical Research Center for Obstetrics, Gynecology and Perinatology, Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russia

[2] I. M. Sechenov First Moscow Medical State University of Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russia

[5] Central Research Institute of Radiation Diagnostics LLC, Moscow, Russia

[1] https://orcid.org/0009-0002-1049-0296

[2] https://orcid.org/0000-0002-8898-9612

[3] https://orcid.org/0000-0002-1188-8872

[4] https:// orcid.org/0000-0001-6145-4215

[5] https://orcid.org/ 0009-0008-3284-5995

Corresponding author: Natalia E. Yannaeva, yannaeva@yandex.ru

Abstract

Objective. Evaluation of changes in the contractile function of the fetal heart against the background of a paroxysm of ventricular tachycardia, and to compare these data with the indicators of cardiac function during the restoration of a heart rhythm with a heart rate of less than 180 beats/min during one study.

Materials and Methods. The work was performed by the Federal State Budgetary Institution «NMITS AGP named after V.I. Kulakov» of the Ministry of Health of the Russian Federation. The study included 25 pregnant women gestating from 18 to 40 weeks with a paroxysmal form of supraventricular tachycardia, in whom the contractility of the fetal heart was assessed during one ultrasound examination against the background of LVT paroxysm and during sinus rhythm.

To assess the contractile function of the fetal heart, we used pulse dopplerometry of blood flow on AV valves and semilunar valves, M-mode, the Simpson method, and the Fetal HQ program, which were evaluated against the background of LVT paroxysm and after restoration of the sinus rhythm of the heart

The bulk of the statistical data processing was performed using the Stata/MP v program. 17.0 (StataCorp LLC, TX: 77845, USA, https://www.stata.com, 2021).

The results of our study determined the features of the fetal heart against the background of LVT paroxysm, which are expressed in the development of ventricular myocardial hypertension (an increase in the thickness of the ventricular walls and LVEF), a decrease in the ability of the heart to diastolic relaxation (a decrease in the diastolic size of the ventricles) and, as a result, a significant decrease in the contractile function of the fetal heart, which is manifested in a decrease in both transverse shortening of the myocardium (ventricular shortening fractions), and indicators of longitudinal shortening of the myocardium (decreased systolic excursion of the AV valves — TAPSE and MAPSE, longitudinal deformation of the ventricular walls — GLS, global longitudinal deformation of the ventricles – Free Wall Strain). Such changes in cardiac activity

during prolonged and frequent paroxysms with the preservation of impaired diastolic function of the ventricles of the heart in the intercalary period lead to stagnation in a large circle of blood circulation and the formation of ascites and dropsy in the fetus, which in this sample of patients occurred in 32 % of cases.

Conclusion. This study demonstrated that against the background of LVT paroxysm, significant changes occur in the contractile function of the fetal heart, which lead to the formation of ineffective cardiac activity, resulting in decreased cardiac output, pronounced atrioventricular regurgitation and increased central venous pressure, which ultimately leads to dropsy, and in the future, in the absence of intrauterine treatment, fetal death may occur.

Keywords: Cardiac Arrhythmias in the Fetus, Fetal Arrhythmias, Supraventricular Tachycardia in the Fetus, Contractile Activityof the Heart in the Fetus

For citation: Yannaeva N. E., Bokerija E. L., Sencha A. N., Timoshina I. V., Yurchenko O. V. Evaluation of Contractile Activity of the Fetal Heart During Paroxysms of SVT and During Restoration of Sinus Rhythm During one Study. *Radiology — Practice*. 2025;4:24-43. (In Russ.). https://doi.org/10.52560/2713-0118-2025-4-24-43

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

Аритмии плода осложняют течение 1–3 % беременностей [12]. Известно, что десять процентов фетальных аритмий опасны для жизни, и в их число входят наджелудочковые тахиаритмии (НЖТ) и трепетание предсердий (ТП) [9]. Частота тахиаритмий плода точно неизвестна. По данным Sridharan S. и соавт. (2016) и Miyoshi T. и соавт. (2019), она может возникать примерно в 1 случае на 1000 беременностей, при этом водянка развивается более чем у половины плодов с устойчивой тахикардией и сроком гестации менее 34 нед на момент постановки диагноза [18, 15]. При НЖТ водянка обнаруживается у 30–40 % плодов и при трепетании предсердий у 7–43 % плодов. Перинатальная смертность в ситуации, где развилась водянка плода, значительно выше, чем у плодов без водянки [4, 13].

Наджелудочковая тахикардия (НЖТ) представляет собой аномально быстрый ритм сердца плода с ЧСС > 180 уд/мин, при котором эктопический импульс возникает в структурах проводящей системы выше ветвей пучка Гиса и проведение импульса с предсердий на желудочки соответствует один к одному [10, 19].

В случае сохранения тахикардии более половины времени исследования

аритмия считается непрерывно-рецидивирующей (или постоянно-возвратной), при чередовании тахикардии с нормальным ритмом — пароксизмальной [6, 19].

Считается, что увеличение частоты сердечных сокращений при НЖТ плода повышает центральное венозное давление и снижает комбинированный сердечный выброс, что приводит к прогрессирующей фетоплацентарной недостаточности, водянке и даже гибели плода [18]. Однако полноценных исследований сократительной функции сердца плода на фоне пароксизма НЖТ не проводилось.

Целью данного исследования были оценка изменений сократительной функции сердца плода на фоне пароксизма НЖТ и сравнение этих данных с показателями работы сердца при восстановлении ритма сердца с ЧСС менее 180 уд/мин в течение одного исследования (среднее время исследования 30–40 мин).

Материалы и методы

Работа выполнена в ФГБУ «НМИЦ АГП имени академика В. И. Кулакова» МЗ РФ. В период с 2020 по 2024 г. было обследовано 275 беременных женщин с нарушением ритма сердца у плода, из них 120 женщин с диагностированной у плода наджелудочковой тахикардией. В настоящее исследование вошло 25 беременных с пароксизмальной формой НЖТ, у которых в течение одного ультразвукового исследования была проведена оценка сократительной функции сердца плода на фоне пароксизма НЖТ и во время синусового ритма.

Для исследования было получено одобрение этического комитета ФГБУ «НМИЦ АГП имени академика В. И. Кулакова» МЗ РФ. Все пациенты подписали информированное согласие.

Критерии включения в исследование: регистрация у плода пароксизмальной формы тахикардии с ЧСС более 180 уд/мин в сроках гестации от 18 до 40 нед.

Критерии исключения: противопоказания у матери к назначению антиаритмических препаратов; наличие у плода множественных пороков развития.

Пренатальная оценка плода и расширенная эхография были выполнены на ультразвуковых системах Voluson E8, Voluson E10 (GE) с использованием трансабдоминальных датчиков RAB 4–8D и трансвагинальных датчиков RIC 6–12D. Диагностика тахиаритмии у плода проводилась с помощью импульсно-волновой допплерометрии и в М-режиме. Диагноз наджелудочковой тахикардии устанавливался при регистрации ЧСС плода более 180 уд/мин и при соотношении частоты сокращений желудочков и предсердий 1 : 1.

Количественная оценка размеров структур сердца, пути притока и оттока левого и правого желудочков оценивали на фоне пароксизма НЖТ и после восстановления синусового ритма сердца. Эхокардиография плода включала в себя оценку размеров полостей сердца (КДР желудочков, поперечный и вертикальный размеры предсердий), толщину миокарда стенок желудочков и межжелудочковой перегородки, диаметры АВ-клапанов и клапанов Ао и ЛА, диаметры полых вен. Вычислялось кардиоторакальное соотношение (КТС) методом соотношения окружностей сердца и грудной клетки [11, 16].

В венозном протоке оценивались показатели пульсационного индекса (ПИ). Наличие пульсации кровотока в вене пуповины расценивалось как проявление выраженной сердечной недостаточности.

Дополнительно измеряли диаметры ВПВ и НПВ, вертикальный размер печени и определяли наличие жидкости в полостях у плода.

Для оценки сократительной функции сердца плода нами были использованы импульсно-волновая допплерометрия кровотока на атриовентрикулярных клапанах и полулунных клапанах, М-ре-

жим, метод Симпсона, программа Fetal HQ. В исследовании нами проанализированы такие показатели работы сердца, как ударный объем, фракция выброса; фракция укорочения, максимальное смещение клапанного кольца трикуспидального или митрального клапанов (TAPSE и MAPSE). В программе Fetal HQ оценивали глобальную продольную деформацию желудочков (GLS), продольную деформацию стенок желудочков (FreeWall Strain) и фракцию выброса ЛЖ.

Статистическая обработка данных

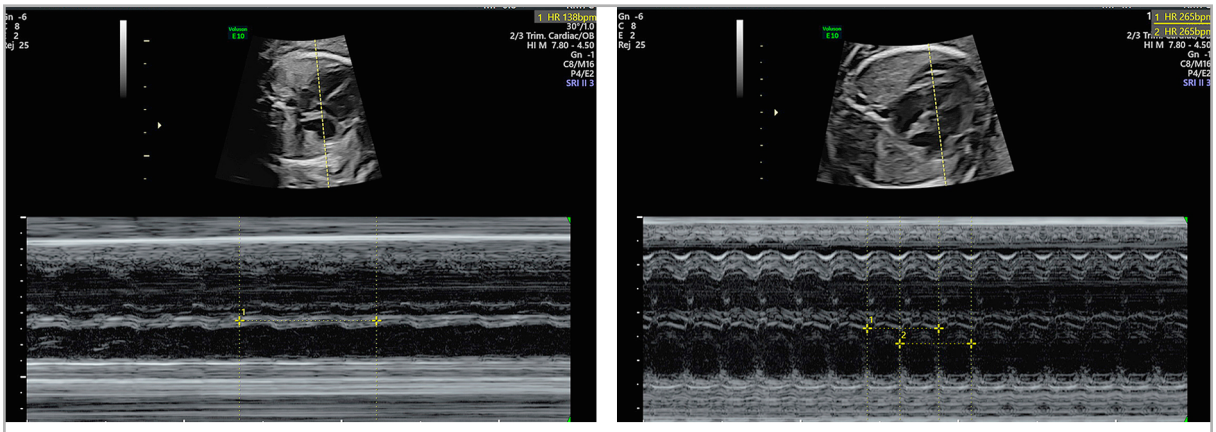
Основной объем статистической обработки данных был выполнен с использованием программы Stata/MP v. 17.0 (StataCorp LLC, TX: 77845, USA, https://www.stata.com, 2021). Выбор статистического метода определялся типом данных и целями исследования. Учитывая небольшое количество исследуемых беременных женщин, мы использовали критерий Мана — Уитни (непараметрический аналог t-критерия).

Для категориальных переменных, представленных в таблицах сопряженности, использовался критерий хи-квадрат Пирсона или точный тест Фишера. Критерий хи-квадрат применялся при условии, что ожидаемые частоты во всех ячейках таблицы составляли не менее 5, что гарантирует корректность асимптотических выводов. Если это требование нарушалось (например, в случае малых выборок), переходили к точному тесту Фишера, который не зависит от распределения данных и позволяет получать точные p-значения даже при низкой представленности отдельных категорий.

В ходе анализа использовались три уровня значимости различий: стандартный для медико-биологических исследований уровень значимости – 0,05 ($p < 0,05$), что соответствует достоверности различий 95 %. Также 0,01 ($p < 0,01$) — достоверность различий 99 % и 0,001 ($p < 0,001$) — достоверность различий 99,9 %.

Результаты

На фоне пароксизма наджелудочковой тахикардии частота сокращений предсердий (ЧС) соответствовала ЧС желудочков и составляла от 188 до 273 уд/мин, медиана составила 218 уд/мин. После восстановления синусового ритма ЧС предсердий и желудочков находилась в пределах 127–157 уд/мин (медиана — 137 уд/мин) ($p < 0,0001$) (рис. 1, *а, б*).



а б

Рис. 1. Ультразвуковое исследование сердца плода в М-режиме: М-линия проведена через правое предсердие и левый желудочек, верхняя линия отражает частоту сокращений левого желудочка, нижняя линия — частоту сокращений правого предсердия: *а* — ЧС предсердий = ЧС желудочков = 138 уд/мин; *б* — ЧС предсердий = ЧС желудочков = 265 уд/мин

В результате проведенных исследований было выявлено, что во время пароксизма НЖТ отмечается достоверно значимое увеличение толщины миокарда стенок желудочков и межжелудочковой перегородки (МЖП) (табл. 1). Толщина задней стенки левого желудочка в период диастолы на фоне НЖТ составила 3,2 мм (Me) (3,0; 3,55), а на фоне восстановления синусового ритма — 2,6 мм (Me) (2,1; 3,25) (p = 0,004).

Медиана толщины передней стенки правого желудочка при НЖТ — 4,1 мм (Me) (3,65; 4,45), при восстановлении нормального ритма – 3,75 мм (Me) (3,0; 4,0) (p = 0,007).

Толщина МЖП на фоне пароксизма НЖТ — 5,05 мм (Me) (4,6; 5,55), при синусовом ритме медиана этого показателя равняется 4,5 мм (Me) (4,1; 5,00) (p = 0,015) (табл. 1).

Одновременно с повышением тонуса миокарда отмечается значительное снижение способности желудочков к диастолической релаксации во время пароксизма НЖТ. Это проявляется уменьшением конечного диастолического размера (КДР), измеренного в В-режиме (табл. 1), и конечного диастолического объема желудочков (КДО), оцененного методом Симпсона (табл. 2). Так, на фоне пароксизма НЖТ медиана КДР

Таблица 1

Морфометрические показатели сердца на фоне пароксизма НЖТ и при восстановлении нормального ритма ЧСС (менее 180) в течение одного исследования

Параметр	НЖТ (n = 25), Me (Q1; Q3)	Синусовый ритм (n = 25), Me (Q1; Q3)	p
Вертикальный размер левого предсердия, мм	14,75 (11,4; 15,75)	14,7 (12,9; 17,0)	0,261
Поперечный размер левого предсердия, мм	11,0 (10,0; 14,1)	13,25 (10,55; 14,6)	0,248
Вертикальный размер правого предсердия, мм	15,55 (12,6; 16,7)	16,0 (13,5; 17,0)	0,212
Поперечный размер правого предсердия, мм	14,0 (13,0; 16,0)	15,0 (14,0; 17,2)	0,205
Конечный диастолический размер левого желудочка (КДР ЛЖ), мм	9,95 (8,45; 10,9)	11,45 (10,1; 12,8)	0,018
Конечный диастолический размер правого желудочка (КДР ПЖ), мм	12,5 (9,8; 13,6)	14,2 (10,9; 15,4)	0,038
Толщина задней стенки левого желудочка (ТЗСЛЖ), мм	3,2 (3,0; 3,55)	2,6 (2,1; 3,25)	0,004
Толщина передней стенки правого желудочка (ТПСПЖ), мм	4,1 (3,65; 4,45)	3,75 (3,0; 4,0)	0,007
Толщина межжелудочковой перегородки, мм	5,05 (4,6; 5,55)	4,55 (4,1; 5,00)	0,016
Жидкость в перикарде, мм	2,00 (1,5; 2,45)	2,05 (1,6; 2,6)	0,509
Кардиоторакальное соотношение (КТС)	0,52 (0,51; 0,56)	0,54 (0,52; 0,58)	0,180

Примечание: P – значимость критерия – критерий Мана — Уитни (непараметрический аналог t-критерия).

Таблица 2

Показатели сократительной функции сердца на фоне пароксизма НЖТ и при восстановлении нормального ритма ЧСС (менее 180) в течение одного исследования

Параметр	НЖТ (n = 25), Me (Q1; Q3)	Синусовый ритм (n = 25), Me (Q1; Q3)	p
Левый желудочек			
М-режим			
Фракция выброса левого желудочка, ФВ ЛЖ, %	47,7 (43,8; 57,35)	63,3 (57,6; 69,8)	< 0,0001
Фракция укорочения левого желудочка, ФУ ЛЖ, %	24,2 (19,85; 26,5)	31,2 (27,35; 35,75)	< 0,0001
Метод Симпсона			
Конечный диастолический объем левого желудочка, КДО ЛЖ, мл	1,2 (1,08; 1,8)	2,14 (1,35; 3,01)	0,0055
Конечный систолический объем правого желудочка, КСО ЛЖ, мл	0,62 (0,46; 0,9)	0,66 (0,39; 1,05)	0,7105
Ударный объем левого желудочка, УО ЛЖ, мл	0,65 (0,42; 0,82)	1,37 (0,91; 1,93)	< 0,0001
Фракция выброса ЛЖ, %	48,75 (43,52; 55,69)	64,99 (56,65; 72,13)	< 0,0001
Систолическая экскурсия митрального клапана, MAPSE, мм	4,05 (3,35; 4,3)	5,0 (4,1; 5,5)	0,0002
Fetal HQ			
Глобальная продольная деформация левого желудочка, Fetal HQ GLS, %	−12,2 (−14,25; −10,92)	−22,0 (−24,85; −220,2)	< 0,0001
Продольное сокращение свободной стенки левого желудочка, Free Wall Strain, %	−12,9 (−14,2; −10,8)	−22,1 (−24,85; −19,1)	< 0,0001
Фракция выброса левого желудочка, EF ЛЖ, %	49,0 (40,9; 55,9)	64,2 (59,35; 67,55)	< 0,0001
Правый желудочек			
М-режим			
Фракция выброса правого желудочка, ФВ ЛЖ, %	46,2 (35,0; 54,3)	62,2 (54,2; 67,3)	< 0,0001
Фракция укорочения правого желудочка, ФУ ЛЖ, %	20,9 (15,0; 26,8)	30,7 (25,7; 35,7)	< 0,0001
Метод Симпсона			
Конечный диастолический объем правого желудочка, КДО ЛЖ, мл	1,59 (1,05; 2,11)	2,42 (1,45; 3,31)	0,0129
Конечный систолический объем правого желудочка, КСО ЛЖ, мл	0,84 (0,58; 1,29)	1.1 (0,68; 1,31)	0,4641

Продолжение таблицы 2

Параметр	НЖТ (n = 25), Me (Q1; Q3)	Синусовый ритм (n = 25), Me (Q1; Q3)	p
Ударный объем правого желудочка, УО ЛЖ, мл	0,75 (0,36; 0,9)	1,36 (0,89; 1,75)	0,0005
Фракция выброса правого желудочка,%	47,0 (39,98; 50,15)	55,0 (50,2; 62,97)	0,0019
Систолическая экскурсия митрального клапана, TAPSE, мм	4,5 (4,0; 5,2)	6,2 (5,05; 6,8)	0,0003
Fetal HQ			
Глобальная продольная деформация правого желудочка, Fetal HQ GLS, %	−12,5 (−14,7; −10,2)	−21,5 (−25,95; −19,3)	< 0,0001
Продольное сокращение свободной стенки правого желудочка, Free Wall Strain, %	−13,35 (−16,15; −10,3)	−22,6 (−27,0; −20,35)	< 0,0001
IRT	27,2 (22,65; 20,35)	46,6 (34,4; 50,0)	< 0,0001
TEI-индекс	0,46 (0,37; 0,56)	0,48 (0,42; 0,59)	0,3914

Примечание: критерий достоверности различий — критерий Мана — Уитни (непараметрический аналог t-критерия).

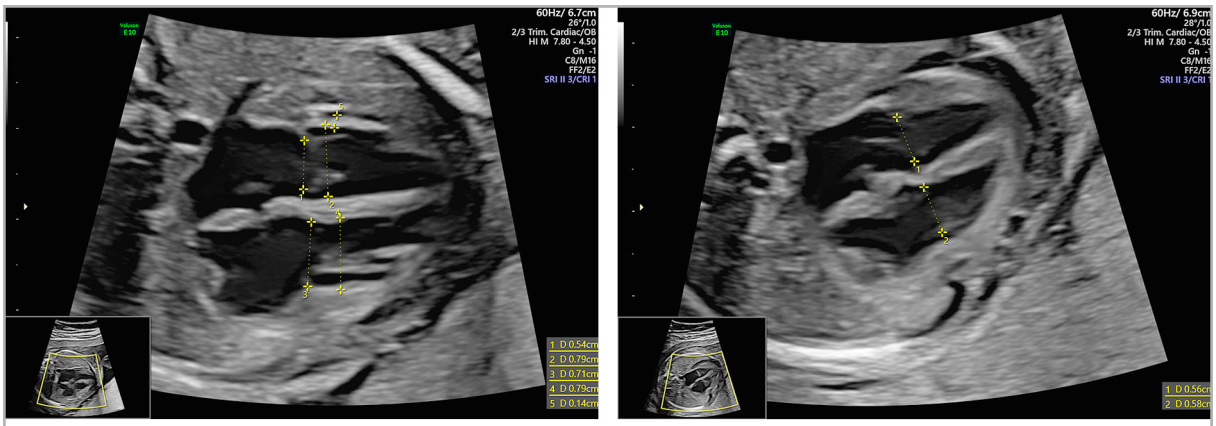
левого желудочка в В-режиме равнялась 9,95 мм (Me) (8,45; 10,9 мм), а при нормализации ритма КДР ЛЖ увеличивается до 11,45 мм (Me) (10,1; 12,8 мм) (p = 0,018). Медиана КДР правого желудочка при ЧСС более 180 уд/мин — 12,5 мм (Me) (9,8; 13,6 мм), а при снижении ЧСС менее 180 уд/мин КДР ПЖ увеличивается до 14,2 мм (Me) (10,9; 15,4 мм) (p = 0,038) (рис. 2, *а, б*).

Более наглядно выражены изменения диастолических размеров желудочков на фоне тахиаритмии при их оценке методом Симпсона, где во время пароксизма НЖТ зарегистрировано уменьшение КДО ПЖ в 1,5 раза, КДО ЛЖ — в 1,8 раза по сравнению с аналогичными показателями на фоне нормального ритма (p = 0,005) (рис. 3, *а, б*). Необходимо отметить, что достоверно значимого изменения конечных систолических объемов желудочков (КСО ЛЖ и КСО ПЖ) при НЖТ не зарегистрировано (КСО ЛЖ — p = 0,71; КСО ПЖ — p = 0,4641) (рис. 4 *а, б*) (табл. 3).

Также на фоне пароксизма НЖТ регистрировалось достоверно значимое снижение показателей сократительной функции сердца плода, что выражалось в уменьшении фракции укорочения миокарда желудочков (ФУ, FS), фракции выброса (ФВ, FE), глобальной продольной деформации желудочков (GLS), продольной деформации стенок желудочков (FreeWall Strain), снижением показателей MAPSE и TAPSE, отражающих сокращение миокарда по длинной оси с оценкой смещения клапанного кольца во время сердечного цикла (табл. 2).

Так, измеренная в М-режиме фракция укорочения левого желудочка (ФУ ЛЖ) при нормальном ритме сердца плода соответствуют 31,2 % (Me) (27,35 %, 35,75 %), а при развитии тахиаритмии ФУ ЛЖ снижается в 1,3 раза — до 24,2 % (Me) (19,85 %, 26,5 %), (p < 0,0001).

Фракция укорочения правого желудочка при ЧСС менее 180 уд/мин находится в пределах 30,7 % (Me) (25,7 %; 35,7 %), а на фоне пароксизма



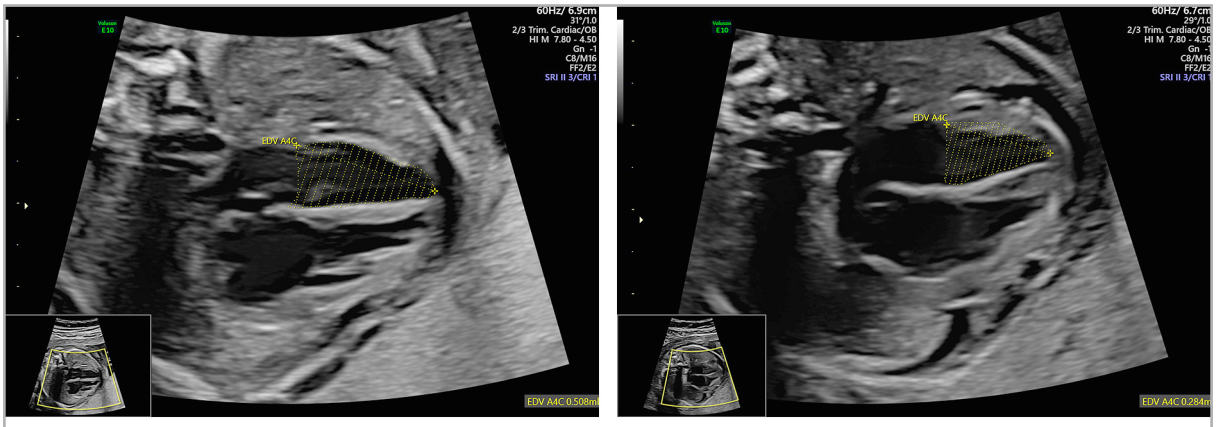
а б

Рис. 2. Ультразвуковое исследование сердца плода в двухмерном режиме (B-режим). Измерение конечно-диастолических размеров желудочков: *а* — на фоне ЧСС 136 уд/мин: *2* — КДР левого желудочка 7,9 мм, *4* — КДР правого желудочка 7,9 мм; *б* — на фоне ЧСС 245 уд/мин: *1* — КДР левого желудочка 5,6 мм, *2* — КДР правого желудочка 5,8 мм

наджелудочковой тахикардии ФУ ПЖ падает на 32 % (в 1,46 раза) — до 20,9 % (15 %; 26,8 %) ($p < 0,0001$) (табл. 2) (рис. 5, *а, б, в*).

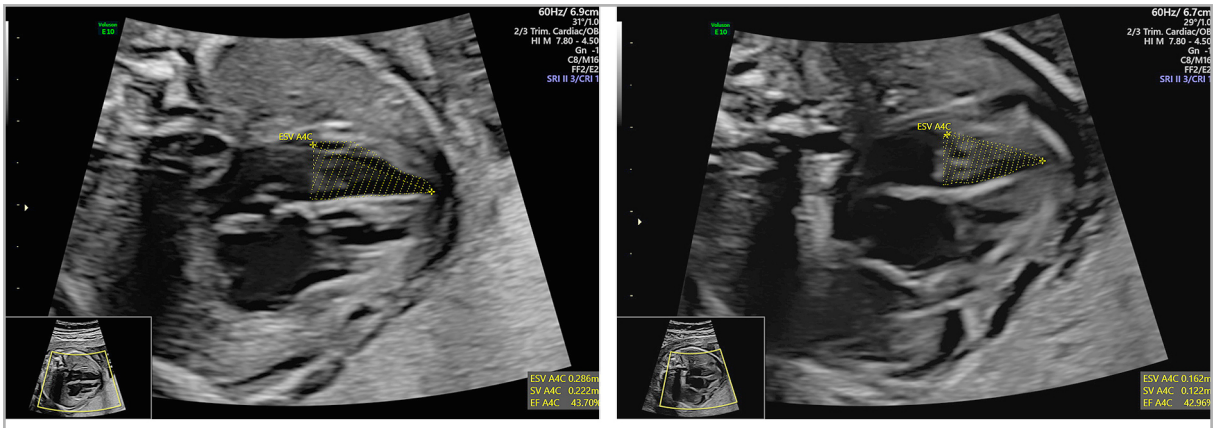
Показатели MAPSE и TAPSE при нормальном ритме равны 5 мм (4,1; 5,5) и 6,2 мм (5,05; 6,8 мм) соответственно (Me), а при НЖТ MAPSE уменьшается до 4,05 мм (Me) (3,35; 4,3 мм) ($p = 0,0002$), TAPSE — до 4,5 мм (Me) (4,0; 5,2 мм) ($p = 0,0003$) (табл. 2).

Наиболее наглядно выражены изменения продольной сократимости миокарда желудочков плода во время пароксизма НЖТ при оценке глобальной продольной деформации желудочков (GLS), продольной деформации стенок желудочков (FreeWall Strain), фракции выброса ЛЖ (EF), измеренных в программе Fetal HQ (табл. 2). Так, при нормальном ритме показатели GLS левого желудочка находятся на уровне −22,00 % (−24,85 %; −20,2 %), а при развитии тахикардии глобальная продольная деформация правого и левого желудочков снижается в 1,8 раза: −12,2 % (Me) (−14,25 %;



а б

Рис. 3. Ультразвуковое исследование сердца плода в двухмерном режиме (B-режим). Измерение конечно-диастолических объемов желудочков методом Симпсона: *а* — КДО левого желудочка на фоне ЧСС 136 уд/мин — 0,508 мл; *б* — КДО левого желудочка на фоне ЧСС 245 уд/мин — 0,264 мл



а б

Рис. 4. Ультразвуковое исследование сердца плода в двухмерном режиме (B-режим). Измерение конечно-систолических объемов желудочков методом Симпсона: *а* — КСО левого желудочка на фоне ЧСС 136 уд/мин — 0,286 мл; *б* — КСО левого желудочка на фоне ЧСС 245 уд/мин — 0,165 мл

Таблица 3

Показатели артериального и венозного кровотока у плода на фоне пароксизма НЖТ и при восстановлении нормального ритма ЧСС (менее 180) в течение одного исследования

Параметр	НЖТ (n = 25), Me (Q1; Q3)	Синусовый ритм (n = 25), Me (Q1; Q3)	p
Кровоток на клапане аорты			
Диаметр аорты (Ао), мм	4,56 (3,90; 4,70)	4,60 (4,30; 5,40)	0,1508
V_{max} — систолическая скорость на клапане Ао, м/с	0,57 (0,52; 0,64)	0,71 (0,64; 0,74)	0,0005
SV — ударный объем ЛА, мл	1,07 (0,61; 1,29)	1,46 (1,04; 1,90)	0,0025
Кровоток на клапане легочной артерии			
Диаметр легочной артерии (ЛА), мм	6,40 (5,30; 7,10)	7,00 (5,70; 7,80)	0,0755
V_{max} — систолическая скорость на клапане ЛА, м/с	0,49 (0,39; 0,56)	0,54 (0,52; 0,67)	0,0063
SV — ударный объем ЛА, мл	1,37 (0,73; 2,17)	2,87 (2,02; 3,69)	0,0151
Кровоток в венозном протоке			
Пульсационный индекс в венозном протоке (ПИ в ВП)	3,90 (2,13; 4,82)	0,79 (0,66; 1,12)	< 0,0001
Кровоток на митральном клапане			
Соотношение E/A на МК	—	1,15 (0,95; 1,35)	
Кровоток на трикуспидальном клапане			
Соотношение E/A на ТК	—	1,26 (1,1 1,56)	

Примечание: критерий достоверности различий — критерий Мана — Уитни (непараметрический аналог t-критерия).

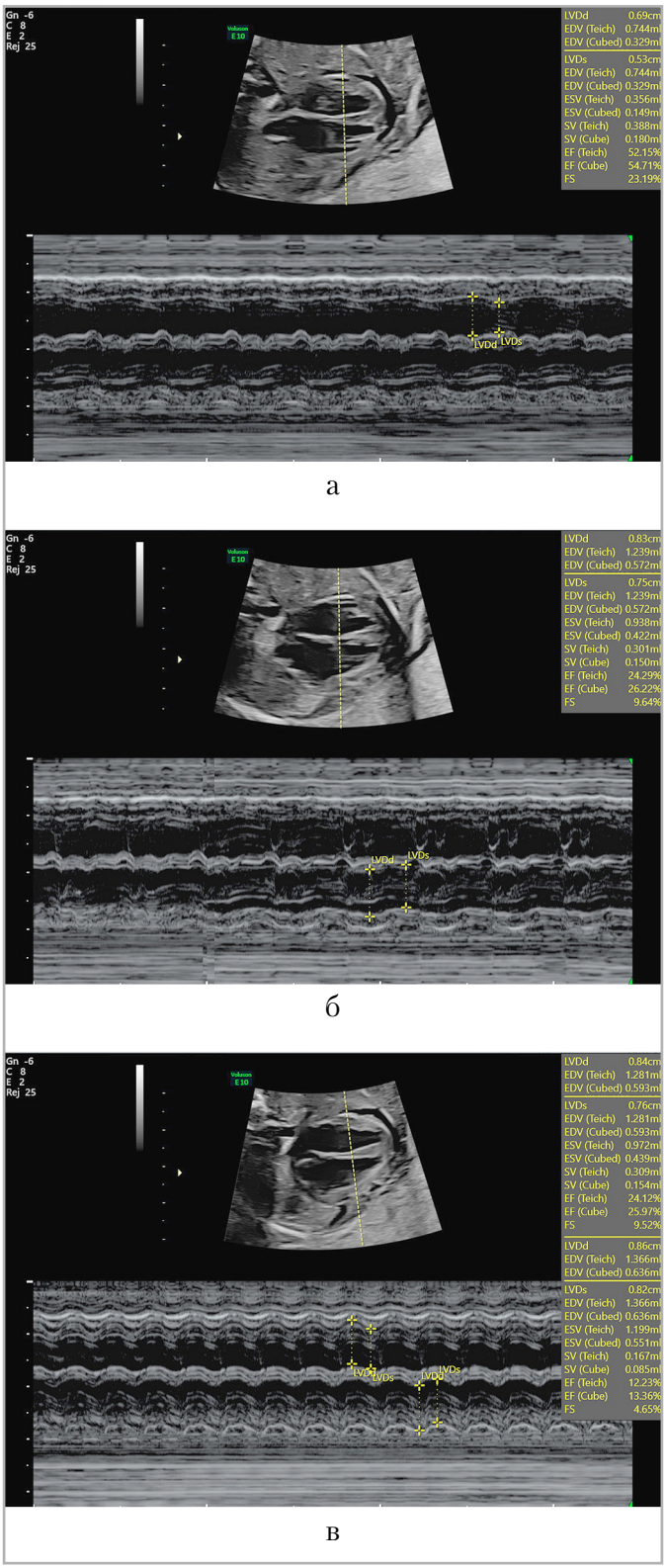


Рис. 5. Ультразвуковое исследование сердца плода в М-режиме. Оценка систолической и сократительной функции желудочков: *а* — сократительная функция левого желудочка на фоне ЧСС 136 уд/мин: фракция выброса (EF) — 52,15 %, фракция укорочения (ES) — 23,2 %; *б* — сократительная функция правого желудочка на фоне ЧСС 136 уд/мин: фракция выброса (EF) — 24,29 %, фракция укорочения (ES) — 9,64 %; *в* — сократительная функция желудочков на фоне ЧСС 245 уд/мин: фракция выброса ЛЖ (EF) — 24,12 %, фракция укорочения ЛЖ (ES) — 9,52 %. Фракция выброса ПЖ (EF) — 12,23 %, фракция укорочения ПЖ (ES) — 4,65 %

−10,92 %) (p < 0,0001). GLS правого желудочка также при ЧСС менее 180 уд/мин составляла −21,5 % (−25,95 %; −19,3 %), при НЖТ этот показатель уменьшается до −12,5 % (−14,7 %; −10,2 %) (p < 0,0001).

Аналогичные изменения происходят с показателями продольной деформации стенок желудочков (FreeWall Strain), которые на фоне пароксизма НЖТ снижаются 1,7 раза: в левом желудочке значения FreeWall Strain с −22,1 % (Me) (−24,85 %; −19,1 %) на фоне нормального ритма до −12,9 % (Me) (−14,2 %; −10,8 %) во время пароксизма (p < 0,0001); в правом желудочке при нормальном ритме FreeWall Strain соответствует −22,65 % (−27 %; −20,35 %), а при развитии тахикардии снижаются до −12,9 % (Me) (−27 %; −20,35 %) (p < 0,0001).

Примечание. Чем меньше (более отрицательный) показатель, тем более выражены изменения (укорочения) мышечного волокна на фоне сокращения и тем более эффективна сократительная функция миокарда.

Снижение сократительной функции миокарда во время НЖТ значительно нарушает систолическую функцию желудочков, что выражается в уменьшении фракции выброса и ударного объема желудочков.

Измерение фракции выброса (ФВ) желудочков проводилось двумя способами — в М-режиме и методом Симпсона, а для ЛЖ дополнительно ФВ измерена в программе Fetal HQ. Полученные данные оказались практически идентичны: при развитии пароксизма НЖТ фракция выброса желудочков снижается в 1,3 раза по сравнению с работой сердца при нормальном ритме сердца плода (табл. 2).

Ударный объем желудочков (УО) также измерен двумя способами: методом Симпсона и методом допплерометрии на полулунных клапанах.

При измерении методом Симпсона, где ударный объем равен разнице диастолического и систолического объемом желудочков, показатели УО левого желудочка на фоне пароксизма НЖТ уменьшаются более чем в 2 раза (на 63 %): при нормальном ритме УО ЛЖ равен 1,37 мл (Me) (0,91 мл; 1,93 мл), при развитии тахикардии УО ЛЖ падает до 0,65 мл (Me) (0,42 мл; 0,83мл) (p < 0,0001).

В правом желудочке ударный объем при НЖТ снижается на 45 % (в 1,8 раза): при ЧСС менее 180 уд/мин УО ПЖ равен 1,36 мл (Me) (25% — 0,89 мл; 75% — 1,75 мл), а при ЧСС более 180 уд/мин УО падает до 0,75 (Me) (25% — 0,36 мл; 75% — 0,9 мл) (p = 0,0005) (табл. 2).

Оценка ударного объема в режиме допплерометрии на клапанах магистральных артерий основана на измерении площади полулунного клапана, умноженной на поток через кольцо клапана, представленный интегралом скорости во времени (VTI). Данный показатель не идентичен УО, измеренному в М-режиме, зависит как от сократительной функции желудочков, так и от пропускной способности клапана и имеет другие числовые значения (табл. 3).

На фоне нормального ритма медиана УО на клапане аорты составляет 1,46 мл (1,04 мл; 1,9 мл), при развитии НЖТ ударный объем ЛЖ снижается в 1,36 раза до 1,07 мл (Me) (0,61 мл; 1,29 мл) (p = 0,002) (рис. 6, *а, б*). Ударный объем на клапане легочной артерии при ЧСС более 180 уд/мин падает в 2 раза: с 2,87 мл (Me) (2,02 мл; 3,69 мл) при синусовом ритме до 1,37 (Me) (0,73 мл; 2,17 мл) при НЖТ (p = 0,0015) (рис. 7, *а, б*).

Изменения сократительной функции сердца на фоне НЖТ почти всегда сопровождаются нарушением функции атриовентрикулярных клапанов, что приводит к регургитации на МК (в 87 %) и ТК (в 96 %) различной степени выраженности. При этом на фоне нормализации ЧСС регургитация на АВ-клапанах

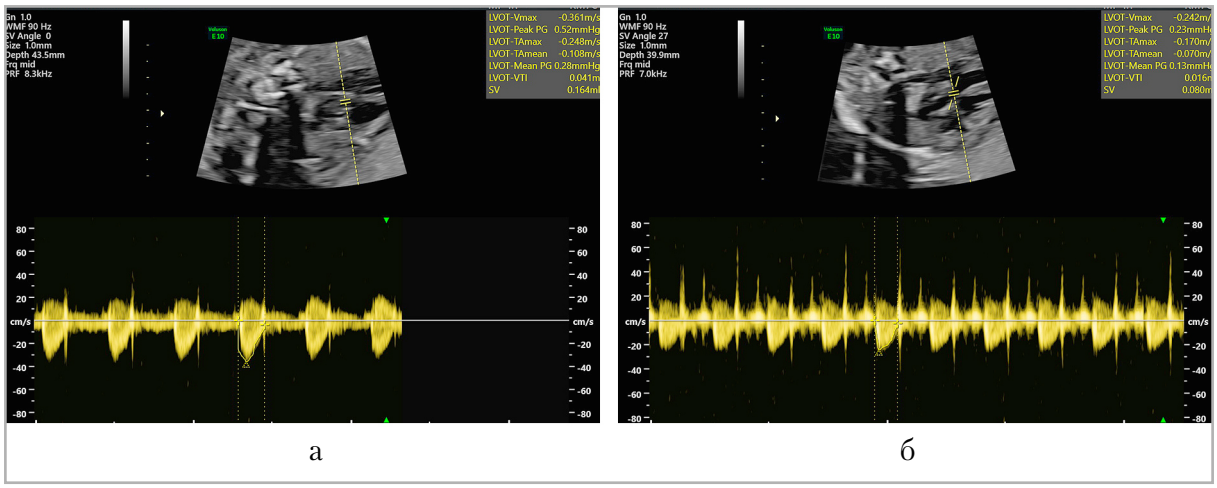


Рис. 6. Ультразвуковое исследование сердца плода в режиме импульсно-волнового допплера (PW-допплер): *а* — показатели кровотока на клапане аорты на фоне ЧСС 136 уд/мин — ударный объем (SV) 0,164 мл; *б* — показатели кровотока на клапане аорты на фоне ЧСС 263 уд/мин — ударный объем (SV) 0,08 мл

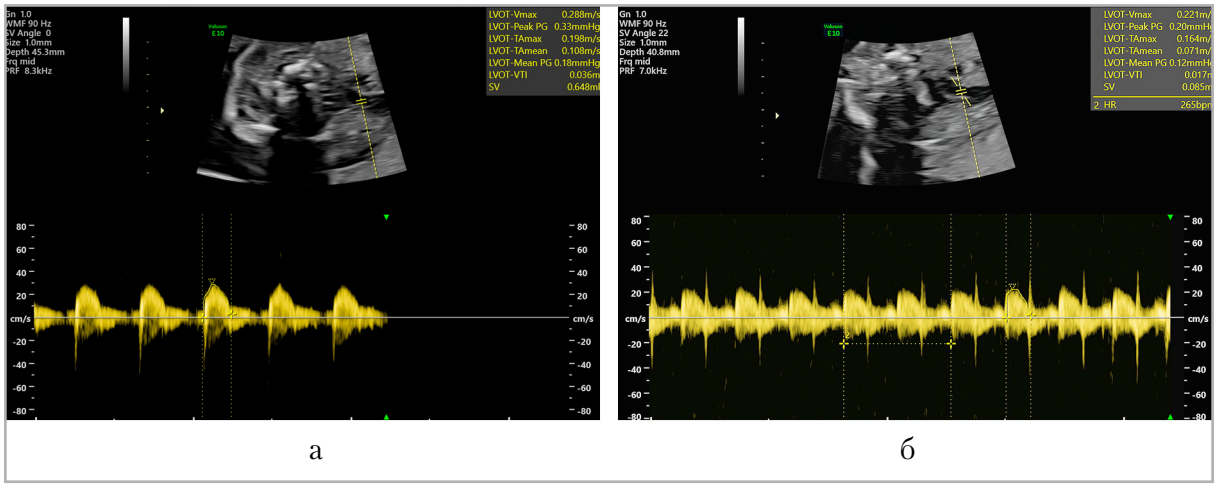


Рис. 7. Ультразвуковое исследование сердца плода в режиме импульсно-волнового допплера (PW-допплер): *а* — показатели кровотока на клапане легочной артерии на фоне ЧСС 136 уд/мин — ударный объем (SV) 0,648 мл; *б* — показатели кровотока на клапане легочной артерии на фоне ЧСС 263 уд/мин — ударный объем (SV) 0,85 мл

сохраняется, но выражена в меньшей степени (табл. 4).

Регургитация на атриовентрикулярных клапанах всегда ведет к изменениям кровотока в прекардиальных венах первого порядка (венозный проток, нижняя и верхняя полые вены). В нашей серии наблюдений эти изменения кровотока в ВП выражались в резком увеличении показателей пульсационного индекса (ПИ) до 3,9 (Me) на фоне тахиаритмии, в то время как при нормальном ритме ПИ составлял 0,79 (Me) ($p < 0,001$) (табл. 3). При выраженном нарушении сократительной функции сердца плода в венозном протоке регистрировалась ретроградная А-волна (рис. 8).

Обсуждение

В результате нашего исследования выявлены особенности работы сердца плода на фоне пароксизма наджелудочковой тахиаритмии, которые выражаются в развитии гипертонуса миокарда же-

Таблица 4

Кровоток на атриовентрикулярных клапанах у плода при пароксизме НЖТ и при восстановлении нормального ритма

Степень выраженности регургитации	Пароксизм НЖТ (n = 25)	Синусовый ритм (n = 25	p-уровень
Регургитация на МК			
Отсутствует	3 (12,0 %)	6 (24,0 %)	
1+	7 (28,0 %)	8 (32,0 %)	0,4719
2+	10 (40,0 %)	8 (32 %)	
3+	4 (16,0 %)	2 (8,0 %)	
4+	1 (4,0 %)	1 (4,0 %)	
Хи-квадрат			3,539
DF			4
Уровень значимости			0,4719
Регургитация на ТК			
Отсутствует	1 (4,0 %)	4 (8,0 %)	
1+	2 (8,0 %)	3 (12,0 %)	0,5755
2+	7 (28,0 %)	8 (32,0 %)	
3+	8 (32,0 %)	6 (24,0 %)	
4+	7 (28,0 %)	4 (16,0 %	
Хи-квадрат			2,895
DF			4
Уровень значимости			0,5755

Примечание: критерий достоверности различий – критерий хи-квадрат Пирсона.

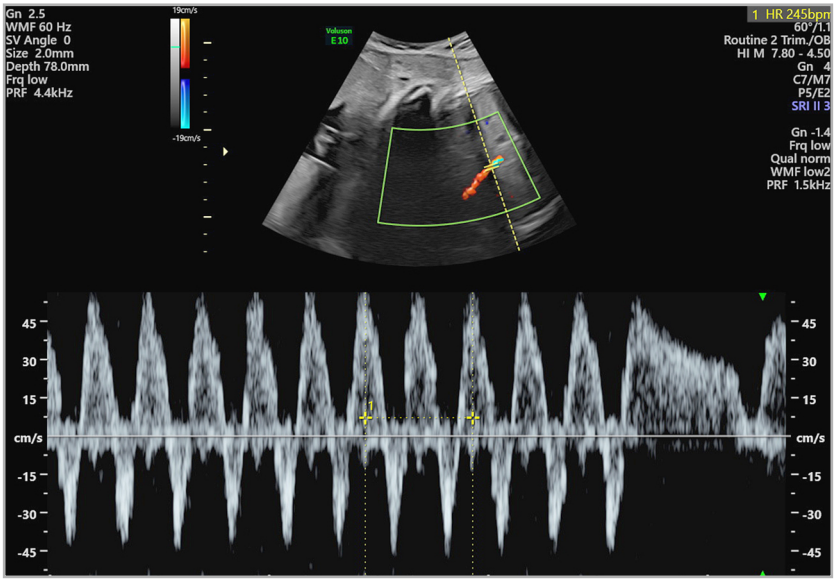


Рис. 8. Ультразвуковое исследование сердца плода в режиме импульсно-волнового допплера (PW-допплер). Кровоток в венозном протоке: наличие выраженного ретроградного кровотока при ЧСС 245 уд/мин *(между синими линиями)*. Последний сердечный цикл — отсутствие ретроградного кровотока при восстановлении нормального ритма сердца плода ЧСС 145 уд/мин *(между желтыми линиями)*

лудочков (увеличение толщины стенок желудочков и МЖП), в снижении способности сердца к диастолической релаксации (уменьшение диастолических размеров желудочков: КДР и КДО) и, как следствие, значительное падение сократительной функции сердца плода, что проявляется в уменьшении как показателей поперечного укорочения миокарда (фракции укорочения желудочков), так и показателей продольного сокращения миокарда (снижение показателей систолической экскурсии АВ-клапанов — TAPSE и MAPSE, продольной деформации стенок желудочков — GLS, глобальной продольной деформации желудочков — Free Wall Strain).

При этом необходимо учитывать особенности сердечной гемодинамики при наджелудочковой тахикардии, когда при ЧСС более 180 уд/мин происходит практически одновременное сокращение желудочков и предсердий, и АВ-клапаны закрываются во время незавершенной систолы предсердий. Результатом последнего является недостаточное диастолическое заполнение желудочков, что, в свою очередь, дополнительно сказывается на уменьшении сердечного выброса.

В результате такого ремоделирования работы сердца на фоне НЖТ происходит снижение систолической и диастолической функции сердца. Изменения систолической функции выражаются в уменьшении фракции укорочения в 1,3–1,5 раза, фракции выброса желудочков в 1,3 раза, ударного объема в 1,8–2 раза.

Известно, что фракция укорочения и фракция выброса отражают глобальную систолическую функцию желудочков. Целым рядов авторов продемонстрировано изменение указанных показателей на поздних стадиях сердечной недостаточности у плода [2, 3, 9, 12, 20]. Принимая во внимание тот факт, что при пароксизме НЖТ происходят значительные изменения данных показателей работы сердца, следует ожидать быстрое развитие сердечной недостаточности у плода на фоне тахиаритмии. И чем чаще и длительнее протекают пароксизмы НЖТ, тем быстрее и более выражены будут проявления сердечной недостаточности.

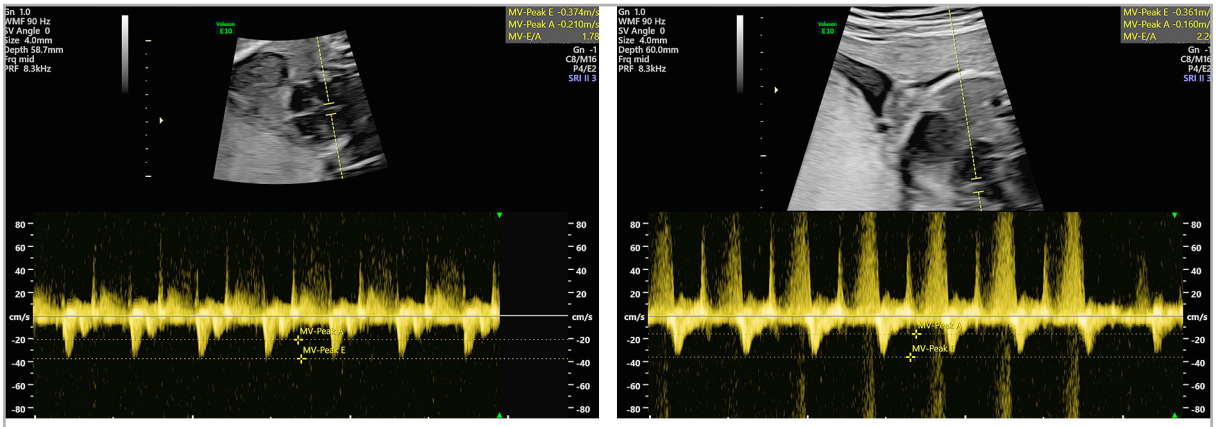
Необходимо отметить, что индекс глобальной сократимости (Tei-индекс) при НЖТ значимо не меняется ($p = 0,39$) (табл. 2). Значения Tei-индекса основаны на измерении временных интервалов между фазами сердечного цикла и их соотношении друг к другу, а при НЖТ длительность интервалов изоволюметрического сокращения (ICT), времени выброса (ET), изоволюметрического расслабления (IVRT) в значимой степени зависит от частоты сердечных сокращений, от механизма развития аритмии, от типа тахиаритмии: НЖТ с длинным или коротким ВА-интервалом. Следовательно, при оценке сократительной функции сердца плода при НЖТ ориентироваться на значения Tei-индекса нецелесообразно.

О диастолической дисфункции свидетельствует значительное снижение способности желудочков к диастолической релаксации, что подтверждается уменьшением на фоне НЖТ диастолического объема левого желудочка в 1,8 раза и правого желудочка более чем в 2 раза по сравнению с аналогичными показателями при нормальном ритме.

Также о нарушении диастолической функции сердца плода можно судить по наличию и степени выраженности регургитации на АВ-клапанах и по показателям соотношения Е/А-волн на ТК и МК. В нашем исследовании регургитация на АВ-клапанах присутствовала как на фоне пароксизма НЖТ, так и в межприступном периоде. Достоверных различий в степени ее выраженности в зависимости от ЧСС плода мы не выявили.

Соотношение Е/А-волн на ТК и МК на фоне пароксизма НЖТ оценить

не представлялось возможным, так как при тахикардии происходит слияние волн Е и А [14]. Однако при снижении ЧСС менее 180 уд/мин мы регистрировали соотношение Е/А на митральном клапане 1,15 (Me), на ТК — 1,26 (Me), что свидетельствует о сохранении диастолической дисфункции сердца плода в межприступном периоде НЖТ [8] (рис. 9, *а, б*).



а б

Рис. 9. Ультразвуковое исследование сердца плода в режиме импульсно-волнового допплера (PW-допплер): *а* — соотношение волн Е/А на митральном клапане 1,78 при ЧСС 136 уд/мин; *б* — соотношение волн Е/А на трикуспидальном клапане 2,26 при ЧСС 136 уд/мин

Диастолическую функцию сердца плода также можно косвенно оценить с помощью допплеровской оценки прекардиальных вен, которая отражает изменения давления в правом предсердии [7, 20]. На фоне пароксизма НЖТ у плода нами зарегистрировано выраженное увеличение показателей ПИ в венозном протоке, появление ретроградной А-волны в ВП, а в тяжелых случаях – пульсация вены пуповины, свидетельствующая о тяжелой сердечной недостаточности [20].

Такие изменения сердечной деятельности при длительных и частых пароксизмах с сохранением нарушенной диастолической дисфункцией желудочков сердца в межприступном периоде приводят к застою по большому кругу кровообращения и формированию асцита и водянки у плода, которая в данной выборке пациентов встречалась в 32 % случаев. Это сопоставимо с данными Krapp M. и соавт. (2003) и показателями работ Cuneo B. F. и соавт. (2000), по результатам исследований которых водянка обнаруживается у 30–40 % плодов с НЖТ без лечения [4, 13].

Выводы

Наше исследование продемонстрировало, что на фоне пароксизма НЖТ происходят достоверно значимые изменения сократительной функции сердца плода. Увеличение ЧСС более 180 уд/мин у плода приводит к формированию неэффективной сердечной деятельности, вследствие чего происходит снижение сердечного выброса, развиваются выраженная атриовентрикулярная регургитация и повышение центрального венозного давления, что в конечном итоге приводит к неиммунной водянке, а в дальнейшем может наступить гибель плода. По данным литературы, при отсутствии трансплацентарного лечения тахиаритмий внутриутробная и ранняя неонатальная смертность достигает 25–32 % случаев [1, 5, 17].

Список источников / References

1. Alsaied T., Baskar S., Fares M., Alahdab F., Czosek R. J., Murad M. H., Prokop L. J., Divanovic A. A. First-Line Antiarrhythmic Transplacental Treatment for Fetal Tachyarrhythmia: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J. Am. Heart. Assoc.* 2017;15;6(12):e007164. https://doi.org/10.1161/JAHA.117.007164
2. Bravo-Valenzuela N. J., Peixoto A. B., Nardozza L. M., Souza A. S., Araujo Júnior E. Applicability and technical aspects of two-dimensional ultrasonography for assessment of fetal heart function. *Med. Ultrason.* 2017;19(1):94-101. https://doi.org/10.11152/mu-934
3. Crispi F., Gratacós E. Fetal cardiac function: technical considerations and potential research and clinical applications. *Fetal Diagn Ther.* 2012;32(1-2):47-64. https://doi.org/10.1159/000338003
4. Cuneo B. F., Strasburger J. F. Management strategy for fetal tachycardia. *Obstet Gynecol.* 2000;96(4):575-81. https://doi.org/10.1016/s0029-7844(00)00996-0
5. Donofrio M. T., Moon-Grady A. J., Hornberger L. K., Copel J. A., Sklansky M. S., Abuhamad A., Cuneo B. F., Huhta J. C., Jonas R. A., Krishnan A., Lacey S., Lee W., Michelfelder E. C. Sr., Rempel G. R., Silverman N. H., Spray T. L., Strasburger J. F., Tworetzky W., Rychik J. Diagnosis and treatment of fetal cardiac disease: a scientific statement from the American *Heart Association. Circulation.* 2014; 129(21):2183-242. https://doi.org/ 10.1161/01.cir.0000437597.44550.5d
6. Gembruch U. Fetal Tachyarrhythmia. Fetal Cardiology: Embryology, Genetics, Physiology, Echocardiographic Evaluation, Diagnosis, and Perinatal Management of Cardiac Diseases / edited by Yagel S., Silverman N. H., Gembruch U. Boca Raton F.L.: Taylor & Francis Group, LLC, 2019. P. 530. ISBN 9781498771764
7. Godfrey M. E., Messing B., Cohen S. M., Valsky D. V., Yagel S. Functional assessment of the fetal heart: a review. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 2012;39(2):131-44. https://doi.org/10.1002/uog.9064
8. Hernandez-Andrade E., Benavides-Serralde J. A., Cruz-Martinez R., Welsh A., Mancilla-Ramirez J. Evaluation of conventional Doppler fetal cardiac function parameters: E/A ratios, outflow tracts, and myocardial performance index. *Fetal Diagn. Ther.* 2012;32(1-2):22-9. https://doi.org/ 10.1159/000330792
9. Hornberger L. K., Sahn D. J. Rhythm abnormalities of the fetus. *Heart.* 2007;93 (10):1294-300. https://doi.org/10.1136/hrt.2005.069369
10. Jaeggi E. T., Nii M. Fetal brady-and tachyarrhythmias: New and accepted diagnostic and treatment methods. *Semin. Fetal. Neonatal. Med.* 2005;10(6):504-14. https://doi.org/10.1016/j.siny.2005.08.003
11. Khalil A., Sotiriadis A., D'Antonio F., Da Silva Costa F., Odibo A., Prefumo F., Papageorghiou A. T., Salomon L. J. ISUOG Practice Guidelines: performance of third-trimester obstetric ultrasound scan. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 2024;63(1):131-147. https://doi.org/10.1002/uog.27538
12. Killen S. A. S., Strasburger J. F. Diagnosis and Management of Fetal Arrhythmias in the Current Era. *J. Cardiovasc. Dev. Dis.* 2024;11(6):163. https://doi.org/10.3390/jcdd11060163
13. Krapp M., Kohl T., Simpson J. M. Sharland G. K., Katalinic A., Gembruch U. Review of diagnosis, treatment, and outcome of fetal atrial flutter compared with supraventricular tachycardia. *Heart.* 2003; 89(8):913-7. https://doi.org/10.1136/heart.89.8.913
14. Maeno Y., Hirose A., Kanbe T., Hori D. Fetal arrhythmia: prenatal diagnosis and perinatal management. *J. Obstet. Gynaecol. Res.* 2009;35(4):623-629. https://doi.org/10.1111/j.1447-0756.2009.01080.x
15. Miyoshi T., Maeno Y., Hamasaki T., Inamura N., Yasukochi S., Kawataki M., Horigome H., Yoda H., Taketazu M., Nii M., Hagiwara A., Kato H., Shimizu W., Shiraishi I., Sakaguchi H., Ueda K., Katsuragi S., Yamamoto H., Sago H., Ikeda T, Japan

Fetal Arrhythmia Group. Antenatal Therapy for Fetal Supraventricular Tachyarrhythmias: Multicenter Trial. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2019;20;74(7):874-885. https://doi.org/10.1016/j.jacc.2019.06.024
16. Paladini D., Chita S. K., Allan L. D. Prenatal measurement of cardiothoracic ratio in evaluation of heart disease. *Arch. Dis. Child.* 1990;65(1 Spec No):20-3. https://doi.org/10.1136/adc.65.1_spec_no.20
17. Pedra S. R. F. F., Zielinsky P., Binotto C. N., Martins C. N., Fonseca E. S. V. B. D., Guimarães I. C. B., Corrêa I. V. D. S., Pedrosa K. L. M., Lopes L. M., Nicoloso L. H. S., Barberato M. F. A., Zamith M. M. Brazilian Fetal Cardiology Guidelines — 2019. *Arq. Bras. Cardiol.* 2019;112(5):600-48. https://doi.org/10.5935/abc.20190075
18. Sridharan S., Sullivan I., Tomek V., Wolfenden J., Škovránek J., Yates R., Janoušek J., Dominguez T. E., Marek J. Flecainide versus digoxin for fetal supraventricular tachycardia: Comparison of two drug treatment protocols. *J. Heart Rhythm.* 2016; 13(9):1913-9. https://doi.org/ 10.1016/j.hrthm.2016.03.023
19. Strasburger J. F. Prenatal diagnosis of fetal arrhythmias. *Clin Perinatol.* 2005;32(4): 891-912. https://doi.org/10.1016/j.clp.2005.09.011
20. Van Mieghem T., DeKoninck P., Steenhaut P., Deprest J. Methods for prenatal assessment of fetal cardiac function. *Prenat. Diagn.* 2009;29(13):1193-203. https://doi.org/10.1002/pd.2379

Сведения об авторах / Information about the authors

Яннаева Наталья Евгеньевна, кандидат медицинских наук, врач ультразвуковой диагностики. Национальный медицинский исследовательский центр акушерства, гинекологии, перинатологии имени академика В. И. Кулакова Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, Россия.
Вклад автора: формирование концепции, написание текста статьи.

Yannaeva Natalia Evgen'evna, Candidate of Medical Sciences, Ultrasound Diagnostics Doctor, Researcher, Academician V. I. Kulakov National Medical Research Center for Obstetrics, Gynecology and Perinatology, Ministry of Health of the Russian Federation Russia, Moscow, Russia.
Author's contribution: conceptualization, writing the text draft.

Бокерия Екатерина Леонидовна, доктор медицинских наук, профессор кафедры неонатологии клинического института детского здоровья им. Н. Ф. Филатова ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И. М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский университет), советник директора, неонатолог, детский кардиолог, ведущий научный сотрудник отделения патологии новорожденных и недоношенных детей № 2; ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр акушерства, гинекологии и перинатологии имени академика В. И. Кулакова» Минздрава России, Москва, Россия
Вклад автора: формирование концепции, написание текста статьи.

Bokerija Ekaterina Leonidovna, Doctor Med. Sc., Professor in I. M. Sechenov First Moscow Medical State University of Ministry of Health of the Russian Federation; Neonatologist, Pediatric Cardiologist, Leading Researcher of V. I. Kulakov Research Center for Obstetrics, Gynecology and Perinatology of Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Moscow, Russia.
Author's contribution: conceptualization, writing the text draft.

Сенча Александр Николаевич, доктор медицинских наук, заведующий отделом визуальной диагностики, профессор кафедры акушерства и гинекологии ДПО ФГБУ «НМИЦ АГП имени академика В. И. Кулакова» Минздрава России; профессор кафедры ультразвуковой диагностики ФДПО ФГБОУ ВО «РНИМУ им. Н. И. Пирогова» Минздрава России, Москва, Россия.
Вклад автора: формирование концепции.

Sencha Aleksandr Nikolaevich, M. D., Ph. D., Head of Radiology Division, Kulakov National Medical Research Center for Obstetrics, Gynecology and Perinatology, Ministry of Health of the Russian Federation Russia, Moscow, Russia.
Author's contribution: conceptualization.

Тимошина Ирина Викторовна, кандидат медицинских наук, научный сотрудник I отделения акушерской патологии беременности ДПО ФГБУ «НМИЦ акушерства, гинекологии, перинатологии имени академика В. И. Кулакова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, Россия.
Вклад автора: формирование концепции.

Timoshina Irina Viktorovna, Candidate of Medical Sciences, M. D., Ph. D. (Medicine), Researcher, Doctor, Academician V. I. Kulakov National Medical Research Center for Obstetrics, Gynecology and Perinatology, Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russia.
Author's contribution: conceptualization.

Юрченко Оксана Валерьевна, врач ультразвуковой диагностики, научный сотрудник ООО «Центральный научно-исследовательский институт лучевой диагностики», Москва, Россия.
Вклад автора: формирование концепции.

Yurchenko Oxana Valer'evna, Ultrasound Diagnostician, Researcher, Central Research Institute of Radiation Diagnostics LLC, Moscow, Russia.
Author's contribution: conceptualization.

Статья поступила в редакцию 24.04.2025;
одобрена после рецензирования 04.06.2025;
принята к публикации 04.06.2025.

The article was submitted 24.04.2025;
approved after reviewing 04.06.2025;
accepted for publication 04.06.2025.

Check for updates

ПРОДОЛЖЕННОЕ МЕДИЦИНСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

Обзорная статья
УДК 615.277.3
https://doi.org/10.52560/2713-0118-2025-4-44-63

Современное состояние вопроса МРТ в диагностике нейротоксических осложнений полихимиотерапии у детей (обзор литературы и серия клинических случаев)

Сакина Джамалатдин кызы Гадиева[1], Наталия Александровна Шолохова[2], Майя Владимировна Полянская[3]

[1] ФГБОУ ВО «Российский университет медицины» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, Россия

[2] ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, Россия; ГБУЗ «Детская городская клиническая больница святого Владимира Департамента здравоохранения города Москвы», Москва, Россия

[1, 3] Российская детская клиническая больница – филиал ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н. И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, Россия

[3] ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н. И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, Россия

[1] https://orcid.org/0009-0006-3182-4477
[2] https://orcid.org/0000-0002-0412-4938
[3] https://orcid.org/0000-0003-4468-7660

Автор, ответственный за переписку: Сакина Джамалатдин кызы Гадиева, sakina.gadiyeva@gmail.com

Аннотация

Цель исследования. Провести анализ научных работ, посвященных применению магнитно-резонансной томографии (МРТ) в визуализации нейротоксических осложнений полихимиотерапии у педиатрических онкологических пациентов и продемонстрировать возможности МРТ на примере собственных клинических наблюдений.

Материалы и методы. Проведен поиск литературы в базах данных PubMed, Google Academy и E-library, стратегия которого заключалась в комбинации ряда терминов, связанных с химиотерапией у детей и нейротоксическими осложнениями при их применении. После анализа полученных данных нами был произведен повторный поиск с применением

© Гадиева С. Д. к., Шолохова Н. А., Полянская М. В., 2025

визуализационных методов, конкретных нейротоксических состояний и химиотерапевтических препаратов. Также представлены случаи нейротоксического осложнения полихимиотерапии у трех пациентов онкологического профиля.

Результаты. На основании анализа литературы и клинических случаев описаны основные клинические особенности, характерные МР-паттерны, присущие пациентам детского возраста с химиоиндуцированной нейротоксичностью.

Заключение. Глубокое понимание принципов МРТ и знание визуализационных особенностей нейротоксических изменений важно с целью ранней диагностики проблемы и своевременного старта лечебных мероприятий для обеспечения обратимости повреждений. Необходимо дальнейшее совершенствование возможностей основных и дополнительных импульсных последовательностей в МРТ, проведение многоцентровых клинических испытаний, разработка новых методов визуализации и внедрение стандартизированных протоколов нейровизуализации в педиатрической популяции.

Ключевые слова: магнитно-резонансная томография, нейротоксические осложнения химиотерапии, нейротоксичность

Для цитирования: Гадиева С. Д. к., Шолохова Н. А., Полянская М. В. Современное состояние вопроса магнитно-резонансной томографии в диагностике нейротоксических осложнений полихимиотерапии у детей (обзор литературы и серия клинических случаев) // Радиология — практика. 2025;4:44-63. https://doi.org/10.52560/2713-0118-2025-4-44-63

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.

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.

THE CONTINUED MEDICAL EDUCATION

Review article

Current State of MRI in Diagnostics of Neurotoxic Complications of Polychemotherapy in Children (Literature Review and Case Series)

Sakina D. k. Hadiyeva[1], Nataliya A. Sholokhova[2], Mayya V. Polyanskaya[3]

[1] Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Russian University of Medicine» of The Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russia

[2] Russian Medical Academy of Continuous Professional Education of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Moscow, Russia; Clinical Municipal Children Hospital St. Vladimir of the Department of Healthcare of Moscow, Moscow, Russia

[1, 3] Russian Children's Clinical Hospital – the separate structural unit of the Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «N.I. Pirogov Russian National Research Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russia

[3] Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «N.I. Pirogov Russian National Research Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russia

[1] https://orcid.org/0009-0006-3182-4477

[2] https://orcid.org/0000-0002-0412-4938

[3] https://orcid.org/0000-0003-4468-7660

Corresponding author: Sakina D. k. Hadiyeva, sakina.gadiyeva@gmail.com

Abstract

Aim. Analysis of literature on the use of magnetic resonance imaging (MRI) in visualization of polychemotherapy-associated neurotoxic complications in pediatric oncology patients and demonstration of the capabilities of MRI based on our clinical cases.

Materials and Methods. The literature was obtained using PubMed, Google Scholar, and E-library databases. Search terms included chemotherapy in children and associated neurotoxic complications. Following the analysis of the obtained data, a secondary search was performed with additional search terms: imaging methods, specific neurotoxic conditions and chemotherapeutic agents. Cases of neurotoxic complications of polychemotherapy in three oncological patients are also presented.

Results. Based on the analysis of the literature and clinical cases, the main clinical features and common MRI patterns in pediatric patients with chemotherapy-induced neurotoxicity were identified.

Conclusion. A comprehensive approach to MRI and understanding the imaging features of neurotoxic changes are essential for early diagnosis and treatment initiation, which is crucial for ensuring the reversibility of neurotoxic damage. Further investigation of the capabilities of various pulse sequences in MRI are necessary, as well as developing of new imaging methods, implementing standardized neuroimaging protocols in the pediatric population and conducting multicenter clinical trials on these issues.

Keywords: magnetic resonance imaging, neurotoxic complications of chemotherapy, neurotoxicity

For citation: Hadieva S. D. k., Sholokhova N. A., Polyanskaya M. V. Current State of Magnetic Resonance Imaging in Diagnostics of Neurotoxic Complications of Polychemotherapy in Children (Literature Review and Case Series). *Radiology — Practice*. 2025;4:44-63. (In Russ.). https://doi.org/10.52560/2713-0118-2025-4-44-63

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

Онкологические заболевания считаются одной из ведущих причин детской летальности во всем мире, а в России занимают 5-е место в структуре смертности после заболеваний перинатального возраста, отравлений, травм, аномалий развития и патологий нервной системы [6]. Смертность у онкологических пациентов вызвана множествами причин: ошибочная и запоздалая диагностика в странах с низким уровнем экономического положения, прерывание лечения, развитие интоксикации, рецидива основного заболевания [8, 12, 22]. Тем не менее показатели выживаемости при онкологических заболеваниях у детей достаточно высокие по сравнению с таковыми у взрослых. За последние 70 лет в лечении детского рака достигнуты значительные успехи, а общая выживаемость пациентов увеличилась до 80 % в странах с высоким уровнем дохода [6, 15, 24].

Бесспорно, разработка химиотерапевтического метода стала знаковым достижением медицины в современную эпоху. В последние несколько десятилетий химиотерапия, как традиционный метод лечения рака, играет все более важную роль в детской онкологии [6, 15, 24, 33]. Благодаря химиопрепаратам процент общей выживаемости у онкогематологических больных детского возраста неуклонно стремится вверх. Химиотерапевтические препараты имеют свой уникальный способ действия и спектр активности, приводят к гибели жизнеугрожающих раковых клеток, но, с другой стороны, отрицательно воздействуют на здоровые быстрорастущие клетки [15, 30, 42, 43].

Нейротоксичность считается одним из самых распространенных видов побочного воздействия лекарственной противоопухолевой терапии, частота возникновения которой зависит от используемого химиотерапевтического препарата, дозировки, пути и способа введения, продолжительности лечения [12, 20, 42]. Побочные эффекты со стороны центральной нервной системы (ЦНС) могут проявляться как во время, так и после лечения. Известно, что нейротоксичность у детей вызывается не только химиотерапией, но и лучевой терапией и иммунотерапией, кроме того, риск нейротоксичности может возрастать при проведении комбинированного лечения [7, 8, 11, 15, 19]. Немаловажное значение имеет тот факт, что некоторые побочные эффекты лечения рака у детей более серьезны, чем у взрослых, поскольку развивающиеся ткани более восприимчивы к воздействию токсических веществ [15, 20].

Нейротоксические осложнения полихимиотерапии представляют собой потенциально опасные для жизни клинические состояния, диагностика которых может быть затруднена. Поэтому возник вопрос о применении дополнительных визуализационных методов диагностики [8, 20, 32]. В данной статье мы рассмотрим использование МРТ как метода, который нашел широкое применение в детской нейрорадиологии в связи с высокой чувствительностью и специфичностью в диагностике церебральных нарушений. Важность своевременного распознавания побочных реакций заключается в том, что они обычно преходящи и необязательно указывают на

неправильно подобранную терапию. Поэтому необходимо сразу распознавать нейротоксические осложнения, чтобы обеспечить корректное лечение, гарантировать обратимость повреждений, а в некоторых случаях способствовать отмене терапии или переходу на другие химиопрепараты [19, 21, 25, 32].

Цель: провести анализ научных исследований, посвященных применению МРТ в визуализации нейротоксических осложнений полихимиотерапии у педиатрических онкологических пациентов и продемонстрировать возможности МРТ на примере собственных клинических наблюдений.

Мы провели поиск литературы в базах данных PubMed, Google Academy, E-library. Стратегия поиска заключалась в комбинации ряда терминов, связанных с химиотерапией у детей и нейротоксическими осложнениями при их применении. После анализа полученных данных нами был произведен повторный поиск с применением визуализационных методов, конкретных нейротоксических состояний и химиотерапевтических препаратов.

Обзор литературы

Большинство обзоров литературы по данной тематике охватывают взрослое население, и только небольшой процент исследований посвящен анализу педиатрических пациентов, причем самые последние из них были сосредоточены на одном конкретном виде токсичности или на определенной группе пациентов [4, 24, 31, 41, 42, 44]. Нельзя не отметить, что нейротоксических поражений, связанных с применением химиотерапевтических препаратов в неврологической практике, большое множество, мы сосредоточимся в своей статье только на наиболее часто наблюдаемых формах данной патологии, а также на тех, которые исключительно сопряжены с изменениями на МР-изображениях.

Виды нейротоксических поражений на МРТ

1. Острая и хроническая токсическая лейкоэнцефалопатия

Лейкоэнцефалопатия — состояние, характеризующееся прогрессирующим структурным поражением белого вещества головного мозга [4, 41]. Среди спектра эндогенных и экзогенных причин, приводящих к изменениям белого вещества, таких как метаболические, инфекционные, радиационные и экологические, токсическая химиоиндуцированная лейкоэнцефалопатия заслуживает особого внимания и обсуждения, поскольку является потенциально обратимой в случае своевременной отмены препарата до наступления необратимого повреждения [5, 10].

Несмотря на сложность идентификации препарата, непосредственно ответственного за развитие поражения мозга у пациентов, принято считать, что именно терапия метотрексатом является основной причиной острой токсической энцефалопатии у детей, особенно у пациентов с острым лимфобластным лейкозом (ОЛЛ), остеосаркомой и саркомой Юинга [2, 5, 18, 34]. К факторам риска развития острых нейротоксических эффектов, вызванных метотрексатом, относят молодой возраст пациентов, применение высоких доз препаратов, интратекальное введение и комбинацию с лучевой терапией. Клинические проявления токсической лейкоэнцефалопатии могут быть схожи с инсультом: при осмотре выявляются афазия, сенсорные нарушения, атаксия, судороги [2, 3, 5].

Нейротоксические поражения мозга, вызванные метотрексатом, на МРТ обычно проявляются в виде очаговых зон ограничения диффузии по данным диффузионно-взвешенных изображений (DWI) и на картах измеряемого коэффициента диффузии (ADC) с гиперинтенсивным сигналом на Т2-взвешенных изображениях (Т2-ВИ) и T2-FLAIR (инверсия-восстановление спинового эха с подавлением

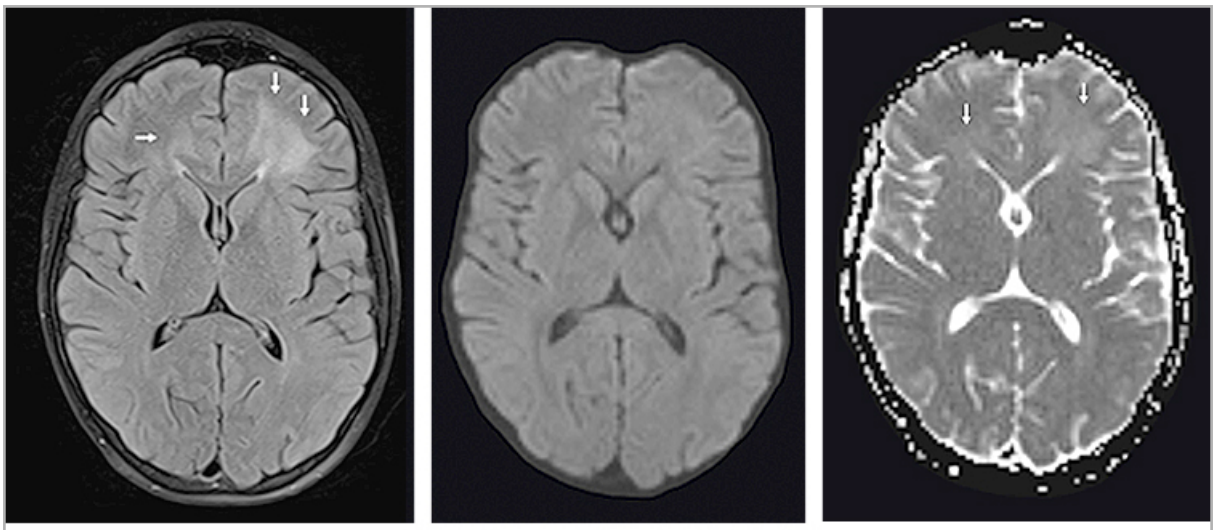
сигнала от свободной жидкости) в глубоком белом веществе, в частности в семиовальных центрах, что является, вероятно, результатом прямого нейротоксического воздействия метотрексата на ткани мозга [10, 41]. Несмотря на то, что истинное ограничение диффузии обычно указывает на необратимое цитотоксическое повреждение мозга, некоторые химиотерапевтические агенты, такие как метотрексат, могут характеризоваться обратимостью МР-сигнала на DWI. Наличие обратимых паттернов DWI является уникальной особенностью химиотерапевтически индуцированной лейкоэнцефалопатии, которую некоторые авторы также предлагают называть инсультоподобной энцефалопатией [5]. Описаны варианты обнаружения патологии только на DWI без изменений на структурных последовательностях, что делает диффузионные изображения быстрым, неинвазивным, легкодоступным и точным инструментом в диагностике острой метотрексатовой лейкоэнцефалопатии у пациентов. У таких больных изменения могут полностью регрессировать в течение недели без появления повышенного сигнала на Т2-ВИ и Т2-FLAIR. Ограничение диффузии, сопряженное с гиперинтенсивностью на Т2-ВИ и Т2-FLAIR, может свидетельствовать о более длительном периоде восстановления клинико-радиологической картины. Важно подчеркнуть, что поражение может быть односторонним или двусторонним, симметричным или асимметричным [41, 42].

Хроническая лейкоэнцефалопатия обычно проявляется такими симптомами, как спутанность сознания, раздражительность, сонливость [13, 21]. На МРТ у таких детей определяются зоны и участки гиперинтенсивного сигнала по Т2-ВИ и Т2-FLAIR в перивентрикулярном белом веществе лобных и теменных долей, лучистом венце, DWI и SWI (изображения, взвешенные по магнитной восприимчивости) интактны [35]. На компьютерно-томографических изображениях в пораженном белом веществе можно выявить двусторонние относительно симметричные гиподенсные области, однако при небольшом объеме поражений компьютерная томография (КТ) неинформативна [13, 19]. По свидетельству ряда авторов, повышение сигнала на Т2-ВИ и Т2-FLAIR, не сопряженные с истинным ограничением диффузии, могут говорить о том, что имевшие место ранее изменения DWI на момент проведения МРТ регрессировали [13].

2. Цитотоксическое поражение мозолистого тела — Cytotoxic lesion of the corpus callosum (CLOCCs)

Цитотоксическое поражение мозолистого тела связано с широким спектром этиологических факторов, помимо воздействия химиотерапевтических препаратов может быть вызвано вирусными, бактериальными инфекциями, другими лекарственными препаратами, кроме того, наблюдаться у пациентов с эпилепсией и нарушением обмена веществ [16, 27, 28]. Несмотря на возросший интерес к нейротоксическим осложнениям, точная патофизиология поражения мозолистого тела до конца не изучена. Считается, что повышенное количество глутамата во внеклеточной жидкости, который вырабатывается вследствие воздействия токсинов, приводит к усилению диффузии воды в астроциты и нейроны, в результате чего формируется цитотоксический отек.

CLOCC проявляется в виде небольших округлых или овальных четко очерченных зон повышения сигнала в мозолистом теле, локализованных, как правило, в валике, и на МРТ демонстрирует ограничение диффузии, в некоторых случаях с повышением сигнала на Т2-ВИ и Т2-FLAIR, снижением на Т1-ВИ, без патологической аккумуляции гадолиний-содержащего контрастного препарата, при этом КТ не выявляет патологии [10, 16, 27, 28]. Преимущественное поражение валика объясняется тем,



а б в

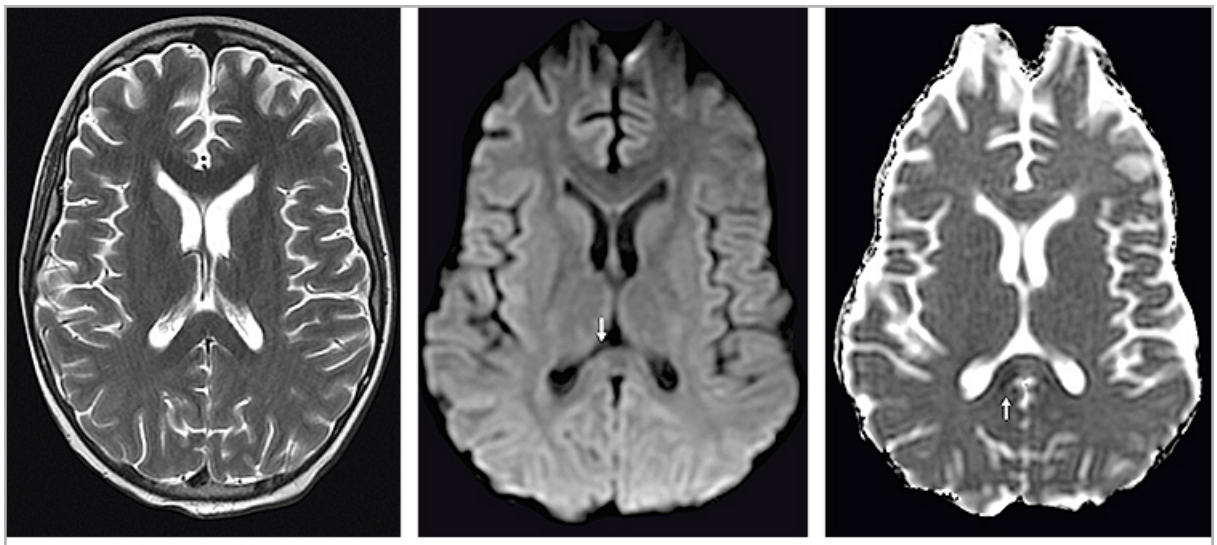
Рис. 1. Токсическая лейкоэнцефалопатия. Пациент М., 11 лет, с диагнозом «ОЛЛ, BIII-иммуновариант», находится на специфической терапии в рамках протокола ALL-MB 2015. На этапе реиндукции II (винкристин, метотрексат, цитарабин, дексаметазон) у ребенка отмечаются жалобы на периодические головокружения, эпизод утраты сознания. На МРТ определяются зоны повышения сигнала на T2-FLAIR *(а)* в белом веществе лобных долей, больше слева *(стрелки)*; поражение вовлекает как глубокое белое вещество, так и подкорковые отделы, при этом u-образные волокна остаются неповрежденными. Признаков ограничения диффузии не выявлено *(б, в)*

что олигодендроциты мозолистого тела имеют наибольшую по всей ЦНС плотность рецепторов, подверженных воздействию глутамата. У пациентов, находящихся на полихимиотерапии, нередко CLOCC приобретает более обширный характер, вовлекая в процесс не только валик мозолистого тела, но и соседние регионы, и чаще всего носит обратимый характер [27].

3. Синдром задней обратимой энцефалопатии – Posterior reversible encephalopathy syndrome (PRES)

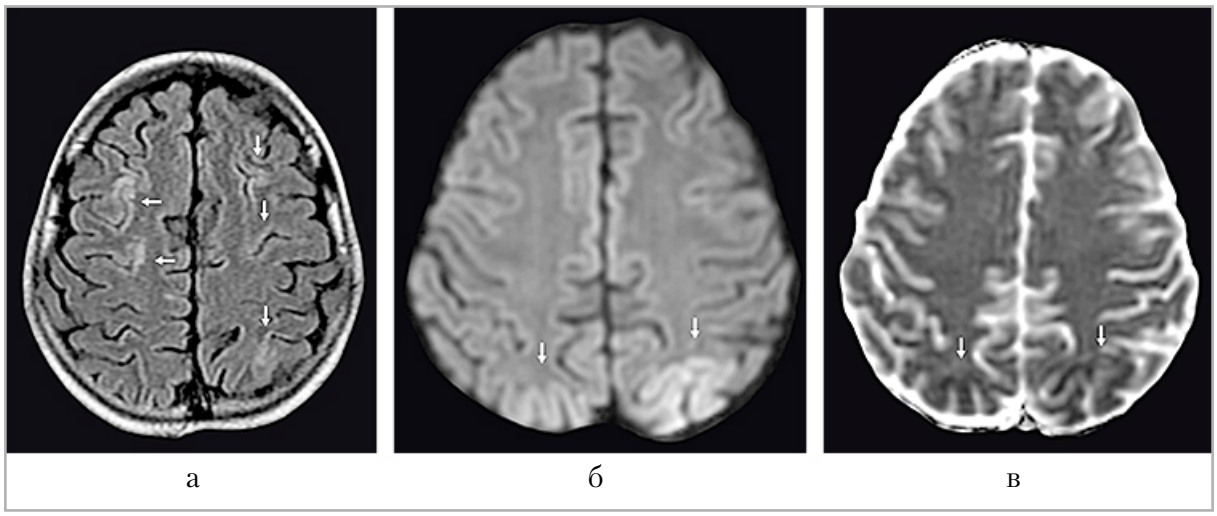
PRES – клинико-радиологический синдром, клинически характеризующийся вариабельным спектром жалоб: от головной боли, изменения психического статуса, нарушения зрения до возникновения судорог и потери сознания. Несмотря на то, что непосредственной причиной возникновения PRES считается нарушение саморегуляции церебральной циркуляции в ответ на резкое изменение артериального давления, что наблюдается нередко у онкологических пациентов на химиотерапии, все больше авторов сообщают о случаях PRES у детей на фоне нормальных показателей давления [8, 29]. Среди химиотерапевтических агентов в литературе описано влияние на развитие PRES винкристина, L-аспарагиназы, цисплатины, ифосфамида, цитарабина и метотрексата [38, 41].

При синдроме задней обратимой энцефалопатии чаще всего поражаются кора и подкорковое белое вещество теменных и затылочных долей, реже – корково-подкорковые регионы лобных и височных долей, базальные ганглии, ствол мозга, мозжечок и глубокие отделы белого вещества [8]. На МР-изображениях данные зоны характеризуются повышением сигнала на Т2-ВИ и Т2-FLAIR обычно без признаков ограничения диффузии [1, 8, 29]. К нетипичным проявлениям на МРТ можно отнести



а б в

Рис. 2. Цитотоксическое поражение мозолистого тела. Пациент С., 14 лет, с диагнозом «лимфома Беркитта, с поражением плевры, перикарда, передней грудной стенки, диафрагмы, брюшины, кишечника, почек, III стадия». На фоне проведения химиотерапии по протоколу B-НХЛ-2010-М (блок ВВ с выраженной задержкой выведения метотрексата) у ребенка отмечаются миоклонии век, горизонтальный нистагм, нарушение походки. На МРТ в валике мозолистого тела справа выявляется очаговое изменение сигнала *(стрелки)* в виде слабоинтенсивного повышения на DWI *(б)*, сопряженное с выраженным снижением сигнала на картах ADC *(в)*; некоторое утолщение валика на стороне изменений, без изменения сигнала на Т2-ВИ *(а)*



а б в

Рис. 3. Синдром задней обратимой энцефалопатии. Пациентка Г., 11 лет, с диагнозом «В-лимфобластная лимфома, с поражением верхней и нижней челюсти, скуловой дуги слева, височной кости, л/у шеи слева, забрюшинных л/у, инфильтративным поражением почек, III стадия». Схема химиотерапии LBL-2018. На этапе терапии в рамках протокола Ia (преднизолон, винкристин, даунорубицин, метотрексат) у девочки отмечалось развитие судорог в виде потери сознания и подергивания верхних конечностей. На серии МР-томограмм головного мозга определяются очаги и зоны повышения сигнала по Т2-FLAIR *(а)* кортикальной и субкортикальной локализации, билатерально в лобных и теменных долях *(стрелки)*, с повышенным сигналом в DWI b1000 *(б)* и снижением в ADC *(в)*

аккумуляцию гадолиния на постконтрастных Т1-ВИ, истинное ограничение диффузии и наличие небольших кровоизлияний, которые лучше всего визуализируются в виде артефакта магнитной восприимчивости на последовательностях с градиентным эхо (Т2* GRE) или SWI.. Изменения при PRES имеют двусторонний, часто симметричный характер, однако сообщалось о случаях полностью одностороннего поражения. Важно также помнить, что при отсутствии своевременной диагностики и лечения может развиваться тяжелый PRES, при котором зоны повреждений носят необратимый характер [20, 29].

4. Цереброваскулярная патология

4.1. Тромбоз церебральных синусов

Тромбоз церебральных синусов у пациентов онкологического профиля не является редкостью, а в педиатрической практике составляет приблизительно 30 % от общего количества осложнений у детей с острой неврологической симптоматикой на фоне лечения лейкоза [20]. Из всех противоопухолевых химиотерапевтических препаратов ряд авторов выделяют L-аспарагиназу, применение которой может быть сопряжено с возникновением синус-тромбоза [1, 8].

Клинически заподозрить церебральный венозный тромбоз можно по наличию судорог, головной боли, рвоты, очагового неврологического дефицита, изменения психического статуса. Однако стоит помнить, что клинические проявления церебрального венозного тромбоза крайне вариабельны или могут вовсе отсутствовать. В связи с этим необходимо применение визуализационных методов с целью верификации точного диагноза [8, 20].

Нативная КТ может выявить повышение плотности тромбированного синуса или вены. При применении внутривенного контрастного усиления наблюдается характерный признак «пустой дельты», то есть отсутствие накопления контраста в тромбированном участке синуса. Однако чувствительность КТ с контрастным усилением в диагностике церебрального венозного тромбоза несколько ниже, чем у магнитного резонанса, поэтому применение МРТ в педиатрической практике наиболее востребовано на сегодняшний день.

МРТ позволяет выявить не только сам факт наличия тромба, но также ассоциированный с ним венозный инфаркт с кровоизлиянием на ранних стадиях. На структурных последовательностях, таких как Т1-ВИ, Т2-ВИ и Т2-FLAIR, тромб демонстрирует повышение сигнала, в свою очередь, применение МР-венографии позволяет выявить снижение потоковых характеристик в пораженном участке синуса, а использование Т2* GRE или SWI необходимо с целью определения тромбоза кортикальных вен в острой фазе и геморрагий [8].

4.2. Острое нарушение мозгового кровообращения (ОНМК)

Нарушение мозгового кровообращения является наиболее серьезным проявлением цереброваскулярной патологии и одним из самых тяжелых острых неврологических событий, которые в целом классифицируются как геморрагические или ишемические [31]. ОНМК у онкологических больных может встречаться как в рамках основного заболевания, так и вследствие воздействия химиопрепаратов [37, 39, 40]. Важно помнить, что при выявлении инфаркта мозга с геморрагическим компонентом следует исключать синус-тромбоз [45].

На МРТ сигнальные характеристики геморрагического инсульта коррелируют с давностью возникновения кровоизлияния, а также локализацией тромба. Внутримозговые гематомы больших размеров часто приводят к компрессии прилежащей паренхимы мозга [1].

Как мы обсудили ранее, кровоизлияние может наблюдаться также и при

синдроме PRES, при котором происходит диапедез кровяных элементов из сосудистого русла во внеклеточное пространство с развитием мелких геморрагий, а иногда и крупных гематом [8].

Для пациентов с лейкозом также характерны точечные кровоизлияния от 2 до 10 мм, в диагностике которых наиболее эффективной последовательностью является SWI, которая обязательно должна быть включена в протокол МР-исследований у пациентов с нейротоксическими осложнениями полихимиотерапии. Микрогеморрагии могут быть как следствием основного заболевания при лейкозах, в этом случае их называют «лейкорагии», так и возникать в результате химиотерапии. Важно отметить, что методы лучевой диагностики в настоящий момент не способны оказать помощь в дифференциальном диагнозе этих двух состояний [1].

Ишемический инсульт наблюдается в онкологической практике нечасто. По данным Corina Noje и соавт., наибольшему риску подвержены дети с лейкемией и опухолями головного мозга. Возникновение ишемического инсульта обычно имеет многофакторный генез. Известно, что нейрорадиологическая картина сходна с визуализационными данными ишемии другой этиологии, а клиническая реализация инфаркта непосредственно зависит от васкулярного бассейна, зоны поражения и его объема [31, 37].

4.3. Обратимый синдром церебральной вазоконстрикции — Reversible cerebral vasoconstrictive syndrome (RCVS)

Обратимый синдром церебральной вазоконстрикции — клинико-рентгенологический синдром, характеризующийся острой головной болью и обратимым диффузным сегментарным сужением церебральных артерий. Этиология RSVC разнообразна. Описано развитие данного состояния у пациентов, получающих терапию цитарабином [26]. Патогенетическим механизмом считается преходящая дисрегуляция артериального тонуса, вторичная по отношению к симпатической гиперактивности. Описан центростремительный характер изменений с первоначальным поражением мелких периферических артерий, за этим следует более проксимальное вовлечение средних и крупных артерий. RCVS характеризуется повышенным риском церебральной ишемии на второй неделе [20, 26].

На МР-ангиографии определяется диффузная многоочаговая церебральная вазоконстрикция, иногда приводящая к появлению симптома «бисерной нити», и дистальное сужение сосудов, однако визуализация на ранней стадии заболевания может быть ложноотрицательной. Только T2-FLAIR позволяет определить гиперинтенсивное гириформное повышение сигнала от конвекситальных борозд, что может говорить о наличии осложнения в виде субарахноидального кровоизлияния на ранних стадиях или фокально расширенных кортикальных артериях, в которых, вероятно, очень медленный ток крови, так называемый в зарубежной литературе hyperintense vessel/dot sign. При RCVS, в свою очередь, встречаются инфаркты в водораздельных зонах, в некоторых случаях у пациентов с RCVS может наблюдаться PRES-подобный отек головного мозга в теменно-затылочных областях с двух сторон, что указывает на возможное сосуществование обоих состояний [20].

5. Энцефалопатия Вернике

Энцефалопатия Вернике (ЭВ) — острая неврологическая патология, обусловленная дефицитом витамина B1 (тиамина) и проявляющаяся общемозговой и очаговой неврологической симптоматикой. Дефицит тиамина, часто связанный с употреблением алкоголя, может также возникать у пациентов, не страдающих алкоголизмом, и быть след-

ствием длительной рвоты, системных инфекций, токсикоза и химиотерапии. Учитывая потенциальную заболеваемость и смертность, ранняя диагностика и лечение ЭВ крайне важны. К сожалению, она часто не диагностируется вовремя, особенно в детском возрасте [14].

Патофизиология тиаминовой недостаточности хорошо известна, однако у пациентов онкологического профиля, находящихся на полихимиотерапии, до конца не изучена. Во-первых, важно отметить повышенное потребление тиамина быстро растущими опухолевыми клетками, во-вторых, считается, что химиотерапевтические препараты тем или иным путем оказывают прямое или опосредованное влияние на метаболизм тиамина, в т. ч. на снижение всасывания витамина и потерю из-за рвоты. Описаны случаи возникновения ЭВ у детей со злокачественными опухолями мозга, лимфомой Беркитта, острым миелобластным лейкозом, остеосаркомой и ОЛЛ на фоне проведения химиотерапии [17].

Известно, что МРТ обладает высокой чувствительностью и специфичностью при ЭВ и демонстрирует симметричные изменения сигнала, обычно вовлекающие медиальные отделы таламусов, маммиллярные тела, тектальную пластинку, паренхиму вокруг водопровода и III желудочка, дорсальные отделы продолговатого мозга. Зоны поражения имеют гиперинтенсивные сигнальные характеристики в Т2-ВИ и Т2-FLAIR, чаще всего с истинным ограничением диффузии, при этом может наблюдаться контрастное усиление сосцевидными телами [14, 17].

6. Инфекционные поражения мозга

Онкологические пациенты подвержены высокому риску развития инфекционных осложнений со стороны ЦНС вследствие иммуносупрессии, вызванной как основным заболеванием, так и на фоне противоопухолевого лечения: химио- и лучевая терапия, стероидная терапия и аллогенная ТГСК [20].

При подозрении на инфекционное поражение головного мозга необходимо проводить МРТ с внутривенным контрастным усилением. МРТ имеет преимущества по сравнению с КТ в дифференциальной диагностике абсцессов с другими образованиями головного мозга с кольцевидным типом контрастного усиления. Диффузионно-взвешенные изображения с построением карт измеряемого коэффициента диффузии, а также перфузионные техники являются решающими в визуализации грибковых и бактериальных абсцессов головного мозга и дифференцировании их от метастазов и иных поражений. Абсцессы визуализируются в виде округлых или овальных образований с истинным ограничением диффузии в центральных отделах. Кроме того, обычно наблюдается вазогенный отек окружающей паренхимы. При контрастировании выявляется кольцевидное накопление контраста капсулой абсцесса с отсутствием усиления в центральной зоне [8].

Отдельного внимания заслуживает прогрессирующая мультифокальная лейкоэнцефалопатия (ПМЛ) — редкое и тяжелое демиелинизирующее заболевание, развивающееся в результате реактивации JC-вируса на фоне ослабленного иммунитета у пациентов с ВИЧ-инфекцией, в рамках приема моноклональных антител при лечении рассеянного склероза, болезни Крона, а также вследствие терапии злокачественных заболеваний [20].

МРТ является одним из основных методов в постановке данного диагноза. К типичным признакам относят наличие гиперинтенсивных по Т2-ВИ и гипоинтенсивных по Т1-ВИ односторонних или двусторонних асимметричных мультифокальных зон в белом веществе, в том числе с поражением U-волокон, чаще теменно-затылочных регионов.

В некоторых случаях в процесс могут вовлекаться белое вещество лобных долей, кора и базальные ядра, мозолистое тело и инфратенториальные структуры. По мере прогрессирования очаги могут сливаться, приобретать неправильную форму. Внутривенное контрастирование в большинстве случаев демонстрирует отсутствие накопления, а показатели DWI варьируют в зависимости от стадии заболевания [20].

7. Токсическая миелопатия

Химиоиндуцированная миелопатия у педиатрических онкологических больных встречается нечасто, однако описана в ряде публикаций у пациентов на фоне терапии метотрексатом, цитарабином, неларабином. Боль в спине или ногах, сопровождаемая параплегией и потерей чувствительности, вялым парезом, а также недержанием/задержкой мочи, является типичным признаком. К побочным эффектам интратекальной химиотерапии также относят адгезивный арахноидит, который развивается после введения метотрексата, цитозин-арабинозида и преднизолона [36].

МРТ является ключевым методом в лучевой диагностике миелопатии и арахноидита. При миелопатии на Т2-ВИ отмечается симметричное повышение сигнала от боковых и задних столбов спинного мозга. При внутривенном усилении характерно накопление контрастного препарата зонами поражения. Арахноидит может возникать на всем протяжении спинного мозга, лучше всего изменения определяются на уровне конского хвоста, где нервные корешки представляются утолщенными и накапливающими контраст [32].

Восходящая полирадикулоневропатия после интратекальной терапии метотрексатом — редкое осложнение. Предрасполагающими факторами являются нарушение ликвородинамики, повышенная концентрация метотрексата в спинномозговой жидкости. У детей отмечается прогрессирующая слабость нижних конечностей, нейрогенная дисфункция мочевого пузыря, незначительный сенсорный дефицит. МРТ демонстрирует контрастное усиление передних корешков спинномозговых нервов на поясничном уровне [23].

Заключение

На основании анализа литературы о современном состоянии вопроса МР-визуализации нейротоксических осложнений полихимиотерапии у детей, а также собственных клинических случаев мы можем сделать вывод о характерных МР-паттернах, присущих данному контингенту больных. Дальнейшая работа в этой области, а также осведомленность врачей-рентгенологов о нейровизуализационных особенностях ранних и поздних нейротоксических осложнений полихимиотерапии в педиатрии крайне важна как с целью ранней диагностики проблемы, так и с целью своевременного старта лечебных мероприятий для обеспечения обратимости повреждений.

Список источников

1. Бондаренко В. П., Терещенко Г. В., Жуковская Е. В. Нейрорадиологические характеристики поражения центральной нервной системы при остром лейкозе у детей // Педиатрический вестник Южного Урала. 2023. № 1. С. 95–103. https://doi.org/10.34710/Chel.2023.32.43.010
2. Диникина Ю. В., Ефимцев А. Ю., Чернова С. И., Смирнова А. Ю., Червонюк Ю. Е., Шмедык Н. Ю., Рыжков А. В., Белогурова М. Б. Подострая метотрексат-индуцированная энцефалопатия: особенности диагностики и лечения на примере клинического наблюдения // Вопросы гематологии/онкологии и иммунопатологии в педиатрии. 2019. Т. 18, № 1. С. 73–80. https://doi.org/10.24287/1726-1708-2019-18-1-73-80

3. Ковтун О. П., Базарный В. В., Корякина О. В., Абдуллаев А. Н. Нейротоксические осложнения химиотерапии у детей. Обзор литературы // Педиатрическая фармакология. 2020. Т. 17, № 1. С. 12–17. https://doi.org/10.15690/pf.v17i1.2077
4. Корякина О. В., Черепанова Д. С. Нейротоксические осложнения химиотерапии у детей при остром лимфобластном лейкозе // Практическая медицина. 2023. Т. 21, № 4. С. 139–142. https://doi.org/10.32000/2072-1757-2023-4-139-142
5. Натрусова Н. В., Щедеркина И. О., Селиверстова Е. В., Тиганова О. А., Кондратчик К. Л. Лейкопатия с инсультоподобным течением у детей с острым лимфобластным лейкозом // Российский журнал детской гематологии и онкологии. 2021. Т. 8, № 1. С. 14–22. https://doi.org/10.21682/2311-1267-2021-8-1-14-22
6. Рыков М. Ю. Смертность детей от злокачественных новообразований в Российской Федерации // Онкопедиатрия. 2017. Т. 4, № 4. С. 234–245. https://doi.org/10.15690/onco.v4i4.1810
7. Трофимова Т. Н., Софронов Г. А., Беляков Н. А., Медведев С. В. Лучевая диагностика токсических поражений головного мозга // Лучевая диагностика и терапия. 2011. Т. 2, № 1. С. 37–46.
8. Abdou M. A. A., El Kiki H. A., Madney Y., Youssef A. A. Chemotherapy-related Neurotoxicity in Pediatric Cancer Patients: Magnetic Resonance Imaging and Clinical Correlation. Egypt J. Radiol Nucl Med. 2021;52(1):230. https://doi.org/10.1186/s43055-021-00606-x
9. Agarwal S. Pediatric Cancers: Insights and Novel Therapeutic Approaches. Cancers (Basel). 2023;15(14):3537. https://doi.org/10.3390/cancers15143537
10. Al-Awwad A. A., Koriesh A. Cytotoxic Lesion in the Splenium of Corpus Callosum Secondary to Subacute Methotrexate Neurotoxicity. Avicenna J. Med. 2021;11(3):160-162. https://doi.org/10.1055/s-0041-1732486
11. Albano D., Benenati M., Bruno A., Bruno F., Calandri M., Caruso D., Cozzi D., De Robertis R., Gentili F., Grazzini I., Micci G., Palmisano A., Pessina C., Scalise P., Vernuccio F., Barile A., Miele V., Grassi R., Messina C. Young SIRM Working Group. Imaging Side Effects and Complications of Chemotherapy and Radiation Therapy: A Pictorial Review from Head to Toe. Insights Imaging. 2021;12(1):76. https://doi.org/10.1186/s13244-021-01017-2
12. Alessi I., Caroleo A. M., de Palma L., Mastronuzzi A., Pro S., Colafati G. S., Boni A., Della Vecchia N., Velardi M., Evangelisti M., Carboni A., Carai A., Vinti L., Valeriani M., Reale A., Parisi P., Raucci U. Short and Long-Term Toxicity in Pediatric Cancer Treatment: Central Nervous System Damage. Cancers (Basel). 2022;14(6):1540. https://doi.org/10.3390/cancers14061540
13. Aristizabal P., Winestone L. E., Umaretiya P., Bona K. Disparities in Pediatric Oncology: The 21st Century Opportunity to Improve Outcomes for Children and Adolescents with Cancer. Am Soc Clin Oncol Educ Book. 2021;41:e315-e326. https://doi.org/10.1200/EDBK_320499
14. Barradas P., Esteireiro A. S., Carvalho S., Brito M. J. Wernicke Encephalopathy in a Patient with Burkitt Lymphoma with Typical and Atypical Findings on MRI. BMJ Case Rep. 2021;14(2):e239392. https://doi.org/10.1136/bcr-2020-239392
15. Bo L., Wang Y., Li Y., Wurpel J. N. D., Huang Z., Chen Z. S. The Battlefield of Chemotherapy in Pediatric Cancers. Cancers (Basel). 2023;15(7):1963. https://doi.org/10.3390/cancers15071963

16. Bonilla González C., Novoa Garnica C. Cytotoxic Lesion of the Corpus Callosum in Pediatrics: A Case Report. Radiol Case Rep. 2023;18(6):2186-2193. https://doi.org/10.1016/j.radcr.2023.02.053
17. Cornelius L. P., Paulraj A. J., Elango N. Wernicke Encephalopathy in a Child with Acute Lymphoblastic Leukemia with Atypical Neuroimaging Findings. Indian J. Med Paediatr Oncol. 2020;41(5):767-9. https://doi.org/10.4103/ijmpo.ijmpo_106_20
18. Di Genova L., Perruccio K., Celani M. G., Mastrodicasa E., Cantisani T. A., Esposito S., Caniglia M. Chemotherapy-Related Encephalopathy with Super-Refractory Status Epilepticus in a Child with Osteosarcoma: A Case Report With a Review of Literature. Front Pharmacol. 2019;10:963. https://doi.org/10.3389/fphar.2019.00963
19. Gandy K., Scoggins M. A., Jacola L. M., Litten M., Reddick W. E., Krull K. R. Structural and Functional Brain Imaging in Long-Term Survivors of Childhood Acute Lymphoblastic Leukemia Treated with Chemotherapy: A Systematic Review. JNCI Cancer Spectr. 2021;5(5):pkab069. https://doi.org/10.1093/jncics/pkab069
20. Isaac M. F. G, Alkhatib R., Ho C. L. MRI Characteristics of Chemotherapy-Related Central Neurotoxicity: A Pictorial Review. Insights Imaging. 2024;15(1):12. https://doi.org/10.1186/s13244-023-01602-7
21. Kranjčec I., Rajačić N., Janjić T., Kukuruzović M., Jadrijević-Cvrlje F., Pavlović M., Roganović J. Acute Neurotoxicity in Children Treated for Acute Lymphoblastic Leukemia and Lymphoblastic Lymphoma: A 10-Year Single-Centre Experience. Children (Basel). 2024;12(1):31. https://doi.org/10.3390/children12010031
22. Lam C. G., Howard S. C., Bouffet E., Pritchard-Jones K. Science and Health for All Children with Cancer. Science. 2019;363(6432):1182-1186. https://doi.org/10.1126/science.aaw4892
23. Lee E. C., Lee D. G. Progressive Lower Extremity Paralysis Caused by Intrathecal MTX-Induced Myelopathy Mimicking Guillain-Barre Syndrome: A Case Report. Diagnostics (Basel). 2023;13(21):3337. https://doi.org/10.3390/diagnostics13213337
24. Malczewska M., Kośmider K., Bednarz K., Ostapińska K., Lejman M., Zawitkowska J. Recent Advances in Treatment Options for Childhood Acute Lymphoblastic Leukemia. Cancers (Basel). 2022;14(8):2021. https://doi.org/10.3390/cancers14082021
25. McEachron T. A., Helman L. J. Recent Advances in Pediatric Cancer Research. Cancer Res. 2021;81(23):5783-5799. https://doi.org/10.1158/0008-5472.CAN-21-1191
26. Mendes N. T., Ramos de Freitas L., Lopes R. P., Silva L. S. A. D, Meneses de Oliveira F. T. Reversible Cerebral Vasoconstriction Syndrome After Intrathecal Cytarabine. Hematol Transfus Cell Ther. 2022;44(3):422-425. https://doi.org/10.1016/j.htct.2020.10.961
27. Mirzayeva L., Tokgöz N., Cindil E. Cytotoxic Lesions of the Corpus Callosum: A Case Series. Current Research in MRI. 2024;3(2):60-64. https://doi.org/10.5152/CurrResMRI.2024.23083
28. Moors S., Nakhostin D., Ilchenko D., Kulcsar Z., Starkey J., Winklhofer S., Ineichen B. V. Cytotoxic Lesions of the Corpus Callosum: A Systematic Review. Eur. Radiol. 2024;34(7):4628-4637. https://doi.org/10.1007/s00330-023-10524-3
29. Musioł K., Waz S., Boroń M., Kwiatek M., Machnikowska-Sokołowska M., Gruszczyńska K., Sobol-Milejska G. PRES in the Course of Hemato-Oncological Treatment in Children. Childs Nerv Syst. 2018;34(4):691-

699. https://doi.org/10.1007/s00381-017-3664-y
30. Pramesh C. S., Badwe R. A., Bhoo-Pathy N., Booth C. M., Chinnaswamy G., Dare A. J., de Andrade V. P., Hunter D. J., Gopal S., Gospodarowicz M., Gunasekera S., Ilbawi A., Kapambwe S., Kingham P., Kutluk T., Lamichhane N., Mutebi M., Orem J., Parham G., Ranganathan P., Sengar M., Sullivan R., Swaminathan S., Tannock I. F., Tomar V., Vanderpuye V., Varghese C., Weiderpass E. Priorities for Cancer Research in Low and Middle Income Countries: A Global Perspective. Nat Med. 2022;28(4):649-657. https://doi.org/10.1038/s41591-022-01738-x
31. Santoro N., Giordano P., Del Vecchio G. C., Guido G., Rizzari C., Varotto S., Masera G., De Mattia D. Ischemic Stroke in Children Treated for Acute Lymphoblastic Leukemia: A Retrospective Study. J. Pediatr Hematol Oncol. 2005;27(3):153-7. https://doi.org/10.1097/01.mph.0000157379.44167.b5
32. Scripcariu V., Sava A., Furnica C., Poroch V., Tomaziu-Todosia M., Chistol R. O., Scripcariu D. V. Magnetic Resonance Imaging in Assessing Chemotherapy-Induced Peripheral Neuropathy: Systematic Review. Brain. Broad Research in Artificial Intelligence and Neuroscience. 2023;14(4):417-439. https://doi.org/10.18662/brain/14.4/514
33. Shah N. Dodging the Bullet: Therapeutic Resistance Mechanisms in Pediatric Cancers. Cancer Drug Resist. 2019;2(3):428-446. https://doi.org/10.20517/cdr.2019.20
34. Sleurs C., Deprez S., Emsell L., Lemiere J., Uyttebroeck A. Chemotherapy-Induced Neurotoxicity in Pediatric Solid Non-CNS Tumor Patients: An Update on Current State of Research and Recommended Future Directions. Crit Rev Oncol Hematol. 2016;103:37-48. https://doi.org/10.1016/j.critrevonc.2016.05.001
35. Shukla V., Cheng S., Hukin J., Huh L., Datta A. N. Developmental and Epileptic Encephalopathies after Successful Treatment of Pediatric ALL: A Case Series and Review of Literature. Epileptic Disord. 2024;26(6):858-867. https://doi.org/10.1002/epd2.20280
36. Smith E. M. L., Kuisell C., Kanzawa-Lee G. A., Bridges C. M, Alberti P., Cavaletti G., Saad R., Park S. Toxic Neuropathy Consortium of the Peripheral Nerve Society. Approaches to Measure Paediatric Chemotherapy-Induced Peripheral Neurotoxicity: A Systematic Review. Lancet Haematol. 2020;7(5):e408-e417. https://doi.org/10.1016/S2352-3026(20)30064-8
37. Sun L. R., Linds A., Sharma M., Rafay M., Vadivelu S., Lee S., Brandão L. R. Appavu B., Estepp J. H., Hukin J., Hassanein S. M. A., Chan A., Beslow L. A. International Pediatric Stroke Study Group. Cancer and Tumor-Associated Childhood Stroke: Results from the International Pediatric Stroke Study. Pediatr Neurol. 2020;111:59-65. https://doi.org/10.1016/j.pediatrneurol.2020.06.002
38. Sun L. R., Ziai W., Brown P., Torriente A. G., Cooper S., Gottesman R. F., Felling R. J. Intrathecal Chemotherapy-Associated Cerebral Vasospasm in Children with Hematologic Malignancies. Pediatr Res. 2021;89(4):858-862. https://doi.org/10.1038/s41390-020-1008-1
39. Tibussek D., Natesirinilkul R., Sun L. R., Wasserman B. A., Brandão L. R., de Veber G. Severe Cerebral Vasospasm and Childhood Arterial Ischemic Stroke After Intrathecal Cytarabine. Pediatrics. 2016;137(2):e20152143. https://doi.org/10.1542/peds.2015-2143
40. Wessel N., Sprincean M., Sidorenko L., Revenco N., Hadjiu S. Pediatric Ischemic Stroke: Clinical and Paraclinical

Manifestations — Algorithms for Diagnosis and Treatment. Algorithms. 2024;17(4):171. https://doi.org/10.3390/a17040171
41. Xiao X., Chu S. J., Tang J. H., Zhang L. Y., Zhang B. B. Leukoencephalopathy in Children with Acute Lymphoblastic Leukemia After Chemotherapy: A Retrospective Monocenter Study. Transl Cancer Res. 2023;12(2):340-350. https://doi.org/10.21037/tcr-22-2180
42. Xu F. L., Guan X. M., Wen X. H., Shen Y. L., Xiao J. W., Guo Y. X., Deng M. Y., Yu J. Serious Adverse Events Associated with Chemotherapy in Children with Acute Lymphoblastic Leukemia [J]. Chinese Journal of Contemporary Pediatrics. 2020;22(8):828-833. https://doi.org/10.7499/j.issn.1008-8830.2003253
43. Yan H., Wang P., Yang F., Cheng W., Chen C., Zhai B. and Zhou Y. Anticancer Therapy-Induced Adverse Drug Reactions in Children and Preventive and Control Measures. Front. Pharmacol. 2024;15:1329220. https://doi.org/10.3389/fphar.2024.1329220
44. Yoon J. H., Yoon J. Y., Park H. J., Son M. H., Kim S. H., Kim W., Kim H. J., Lee S. H., Park B. K. Diffuse Cerebral Vasospasm with Infarct After Intrathecal Cytarabine in Childhood Leukemia. Pediatr Int. 2014;56(6):921-924. https://doi.org/10.1111/ped.12394
45. Zadeh C., AlArab N., Muwakkit S., Atweh L.A., Tamim H., Makki M., Salhab H. A., Hourani R. Stroke in Middle Eastern Children with Cancer: Prevalence and Risk Factors. BMC Neurol. 2022;22(1):31. https://doi.org/10.1186/s12883-022-02556-x

References

1. Bondarenko V. P., Tereshchenko G. V., Zhukovskaya E. V. Neuroradiological Characteristics of Central Nervous System Lesions in Acute Leukemia in Children. *Pediatric Bulletin of the South Ural*. 2023;1:95–103. (In Russ.). https://doi.org/10.34710/Chel.2023.32.43.010
2. Dinikina Yu. V., Efimtsev A. Yu., Chernova S. I., Smirnova A. Yu., Chervonyuk Yu. E., Shmedik N. Yu., Rigkov A. V., Belogurova M. B. Subacute Methotrexate-Induced Encephalopathy: Features of Diagnostics and Treatment Options. Clinical Case Report. *Pediatric Hematology/Oncology and Immunopathology*. 2019;18(1):73-80. (In Russ.). https://doi.org/10.24287/1726-1708-2019-18-1-73-80
3. Kovtun O. P., Bazarny V. V., Koryakina O. V., Abdullaev A. N. Neurotoxic Complications of Chemotherapy in Children. Literature Review. *Pediatricheskaya farmakologiya — Pediatric pharmacology*. 2020;17(1):12–17. (In Russ.). https://doi.org/10.15690/pf.v17i1.2077
4. Koryakina O. V., Cherepanova D. S. Neurotoxic Complications of Chemotherapy in Children with Acute Lymphoblastic Leukemia. *Practical Medicine*. 2023;21(4):139-142. (In Russ.). https://doi.org/10.32000/2072-1757-2023-4-139-142
5. Natrusova N. V., Shchederkina I. O., Seliverstova E. V., Tiganova O. A., Kondratchik K. L. Stroke-like Leukopathy in Children with Acute Lymphoblastic Leukemia. *Russian Journal of Pediatric Hematology and Oncology*. 2021;8(1):14-22. (In Russ.). https://doi.org/10.21682/2311-1267-2021-8-1-14-22
6. Rykov M. Yu. Mortality from Malignant Tumors in Children in The Russian Federation. *Onkopediatria*. 2017;4(4):234-245. (In Russ.). https://doi.org/10.15690/onco.v4i4.1810
7. Trofimova T. N., Sofronov G. A., Belyakov N. A., Medvedev S. V. Radiologic Diagnosis of Cerebral Toxic Lesions. *Diagnostic Radiology*

and Radiotherapy. 2011;2(1):37-46. (In Russ.).
8. Abdou M. A. A., El Kiki H. A., Madney Y., Youssef A. A. Chemotherapy-related Neurotoxicity in Pediatric Cancer Patients: Magnetic Resonance Imaging and Clinical Correlation. *Egypt J. Radiol Nucl Med*. 2021;52(1):230. https://doi.org/10.1186/s43055-021-00606-x
9. Agarwal S. Pediatric Cancers: Insights and Novel Therapeutic Approaches. *Cancers (Basel)*. 2023;15(14):3537. https://doi.org/10.3390/cancers15143537
10. Al-Awwad A. A., Koriesh A. Cytotoxic Lesion in the Splenium of Corpus Callosum Secondary to Subacute Methotrexate Neurotoxicity. *Avicenna J. Med*. 2021;11(3):160-162. https://doi.org/10.1055/s-0041-1732486
11. Albano D., Benenati M., Bruno A., Bruno F., Calandri M., Caruso D., Cozzi D., De Robertis R., Gentili F., Grazzini I., Micci G., Palmisano A., Pessina C., Scalise P., Vernuccio F., Barile A., Miele V., Grassi R., Messina C. Young SIRM Working Group. Imaging Side Effects and Complications of Chemotherapy and Radiation Therapy: A Pictorial Review from Head to Toe. *Insights Imaging*. 2021;12(1):76. https://doi.org/10.1186/s13244-021-01017-2
12. Alessi I., Caroleo A. M., de Palma L., Mastronuzzi A., Pro S., Colafati G. S., Boni A., Della Vecchia N., Velardi M., Evangelisti M., Carboni A., Carai A., Vinti L., Valeriani M., Reale A., Parisi P., Raucci U. Short and Long-Term Toxicity in Pediatric Cancer Treatment: Central Nervous System Damage. *Cancers (Basel)*. 2022;14(6):1540. https://doi.org/10.3390/cancers14061540
13. Aristizabal P., Winestone L. E., Umaretiya P., Bona K. Disparities in Pediatric Oncology: The 21st Century Opportunity to Improve Outcomes for Children and Adolescents with Cancer. *Am Soc Clin Oncol Educ Book*. 2021;41:e315-e326. https://doi.org/10.1200/EDBK_320499
14. Barradas P., Esteireiro A. S., Carvalho S., Brito M. J. Wernicke Encephalopathy in a Patient with Burkitt Lymphoma with Typical and Atypical Findings on MRI. *BMJ Case Rep*. 2021;14(2):e239392. https://doi.org/10.1136/bcr-2020-239392
15. Bo L., Wang Y., Li Y., Wurpel J. N. D., Huang Z., Chen Z. S. The Battlefield of Chemotherapy in Pediatric Cancers. *Cancers (Basel)*. 2023;15(7):1963. https://doi.org/10.3390/cancers15071963
16. Bonilla González C., Novoa Garnica C. Cytotoxic Lesion of the Corpus Callosum in Pediatrics: A Case Report. *Radiol Case Rep*. 2023;18(6):2186-2193. https://doi.org/10.1016/j.radcr.2023.02.053
17. Cornelius L. P., Paulraj A. J., Elango N. Wernicke Encephalopathy in a Child with Acute Lymphoblastic Leukemia with Atypical Neuroimaging Findings. *Indian J. Med Paediatr Oncol*. 2020;41(5):767-9. https://doi.org/10.4103/ijmpo.ijmpo_106_20
18. Di Genova L., Perruccio K., Celani M. G., Mastrodicasa E., Cantisani T. A., Esposito S., Caniglia M. Chemotherapy-Related Encephalopathy with Super-Refractory Status Epilepticus in a Child with Osteosarcoma: A Case Report With a Review of Literature. *Front Pharmacol*. 2019;10:963. https://doi.org/10.3389/fphar.2019.00963
19. Gandy K., Scoggins M. A., Jacola L. M., Litten M., Reddick W. E., Krull K. R. Structural and Functional Brain Imaging in Long-Term Survivors of Childhood Acute Lymphoblastic Leukemia Treated with Chemotherapy: A Systematic Review. *JNCI Cancer Spectr*. 2021;5(5):pkab069. https://doi.org/10.1093/jncics/pkab069
20. Isaac M. F. G, Alkhatib R., Ho C. L. MRI Characteristics of Chemothe-

rapy-Related Central Neurotoxicity: A Pictorial Review. *Insights Imaging*. 2024;15(1):12. https://doi.org/10.1186/s13244-023-01602-7
21. Kranjčec I., Rajačić N., Janjić T., Kukuruzović M., Jadrijević-Cvrlje F., Pavlović M., Roganović J. Acute Neurotoxicity in Children Treated for Acute Lymphoblastic Leukemia and Lymphoblastic Lymphoma: A 10-Year Single-Centre Experience. *Children (Basel)*. 2024;12(1):31. https://doi.org/10.3390/children12010031
22. Lam C. G., Howard S. C., Bouffet E., Pritchard-Jones K. Science and Health for All Children with Cancer. *Science*. 2019;363(6432):1182-1186. https://doi.org/10.1126/science.aaw4892
23. Lee E. C., Lee D. G. Progressive Lower Extremity Paralysis Caused by Intrathecal MTX-Induced Myelopathy Mimicking Guillain-Barre Syndrome: A Case Report. *Diagnostics (Basel)*. 2023;13(21):3337. https://doi.org/10.3390/diagnostics13213337
24. Malczewska M., Kośmider K., Bednarz K., Ostapińska K., Lejman M., Zawitkowska J. Recent Advances in Treatment Options for Childhood Acute Lymphoblastic Leukemia. *Cancers (Basel)*. 2022;14(8):2021. https://doi.org/10.3390/cancers14082021
25. McEachron T. A., Helman L. J. Recent Advances in Pediatric Cancer Research. *Cancer Res*. 2021;81(23):5783-5799. https://doi.org/10.1158/0008-5472.CAN-21-1191
26. Mendes N. T., Ramos de Freitas L., Lopes R. P., Silva L. S. A. D, Meneses de Oliveira F. T. Reversible Cerebral Vasoconstriction Syndrome After Intrathecal Cytarabine. *Hematol Transfus Cell Ther*. 2022;44(3):422-425. https://doi.org/10.1016/j.htct.2020.10.961
27. Mirzayeva L., Tokgöz N., Cindil E. Cytotoxic Lesions of the Corpus Callosum: A Case Series. *Current Research in MRI*. 2024;3(2):60-64. https://doi.org/10.5152/CurrResMRI.2024.23083
28. Moors S., Nakhostin D., Ilchenko D., Kulcsar Z., Starkey J., Winklhofer S., Ineichen B. V. Cytotoxic Lesions of the Corpus Callosum: A Systematic Review. *Eur. Radiol*. 2024;34(7):4628-4637. https://doi.org/10.1007/s00330-023-10524-3
29. Musioł K., Waz S., Boroń M., Kwiatek M., Machnikowska-Sokołowska M., Gruszczyńska K., Sobol-Milejska G. PRES in the Course of Hemato-Oncological Treatment in Children. *Childs Nerv Syst*. 2018;34(4):691-699. https://doi.org/10.1007/s00381-017-3664-y
30. Pramesh C. S., Badwe R. A., Bhoo-Pathy N., Booth C. M., Chinnaswamy G., Dare A. J., de Andrade V. P., Hunter D. J., Gopal S., Gospodarowicz M., Gunasekera S., Ilbawi A., Kapambwe S., Kingham P., Kutluk T., Lamichhane N., Mutebi M., Orem J., Parham G., Ranganathan P., Sengar M., Sullivan R., Swaminathan S., Tannock I. F., Tomar V., Vanderpuye V., Varghese C., Weiderpass E. Priorities for Cancer Research in Low and Middle Income Countries: A Global Perspective. *Nat Med*. 2022;28(4):649-657. https://doi.org/10.1038/s41591-022-01738-x
31. Santoro N., Giordano P., Del Vecchio G. C., Guido G., Rizzari C., Varotto S., Masera G., De Mattia D. Ischemic Stroke in Children Treated for Acute Lymphoblastic Leukemia: A Retrospective Study. *J. Pediatr Hematol Oncol*. 2005;27(3):153-7. https://doi.org/10.1097/01.mph.0000157379.44167.b5
32. Scripcariu V., Sava A., Furnica C., Poroch V., Tomaziu-Todosia M., Chistol R. O., Scripcariu D. V. Magnetic Resonance Imaging in Assessing Chemotherapy-Induced Peripheral Neuropathy: Systematic Review. *Brain. Broad Research in Artificial Intelligence and Neuroscience*. 2023;

14(4):417-439. https://doi.org/10.18662/brain/14.4/514
33. Shah N. Dodging the Bullet: Therapeutic Resistance Mechanisms in Pediatric Cancers. *Cancer Drug Resist*. 2019;2(3):428-446. https://doi.org/10.20517/cdr.2019.20
34. Sleurs C., Deprez S., Emsell L., Lemiere J., Uyttebroeck A. Chemotherapy-Induced Neurotoxicity in Pediatric Solid Non-CNS Tumor Patients: An Update on Current State of Research and Recommended Future Directions. *Crit Rev Oncol Hematol*. 2016;103:37-48. https://doi.org/10.1016/j.critrevonc.2016.05.001
35. Shukla V., Cheng S., Hukin J., Huh L., Datta A. N. Developmental and Epileptic Encephalopathies after Successful Treatment of Pediatric ALL: A Case Series and Review of Literature. *Epileptic Disord*. 2024;26(6):858-867. https://doi.org/10.1002/epd2.20280
36. Smith E. M. L., Kuisell C., Kanzawa-Lee G. A., Bridges C. M, Alberti P., Cavaletti G., Saad R., Park S. Toxic Neuropathy Consortium of the Peripheral Nerve Society. Approaches to Measure Paediatric Chemotherapy-Induced Peripheral Neurotoxicity: A Systematic Review. *Lancet Haematol*. 2020;7(5):e408-e417. https://doi.org/10.1016/S2352-3026(20)30064-8
37. Sun L. R., Linds A., Sharma M., Rafay M., Vadivelu S., Lee S., Brandão L. R. Appavu B., Estepp J. H., Hukin J., Hassanein S. M. A., Chan A., Beslow L. A. International Pediatric Stroke Study Group. Cancer and Tumor-Associated Childhood Stroke: Results from the International Pediatric Stroke Study. *Pediatr Neurol*. 2020;111:59-65. https://doi.org/10.1016/j.pediatrneurol.2020.06.002
38. Sun L. R., Ziai W., Brown P., Torriente A. G., Cooper S., Gottesman R. F., Felling R. J. Intrathecal Chemotherapy-Associated Cerebral Vasospasm in Children with Hematologic Malignancies. *Pediatr Res*. 2021;89(4):858-862. https://doi.org/10.1038/s41390-020-1008-1
39. Tibussek D., Natesirinilkul R., Sun L. R., Wasserman B. A., Brandão L. R., de Veber G. Severe Cerebral Vasospasm and Childhood Arterial Ischemic Stroke After Intrathecal Cytarabine. *Pediatrics*. 2016;137(2):e20152143. https://doi.org/10.1542/peds.2015-2143
40. Wessel N., Sprincean M., Sidorenko L., Revenco N., Hadjiu S. Pediatric Ischemic Stroke: Clinical and Paraclinical Manifestations — Algorithms for Diagnosis and Treatment. *Algorithms*. 2024;17(4):171. https://doi.org/10.3390/a17040171
41. Xiao X., Chu S. J., Tang J. H., Zhang L. Y., Zhang B. B. Leukoencephalopathy in Children with Acute Lymphoblastic Leukemia After Chemotherapy: A Retrospective Monocenter Study. *Transl Cancer Res*. 2023;12(2):340-350. https://doi.org/10.21037/tcr-22-2180
42. Xu F. L., Guan X. M., Wen X. H., Shen Y. L., Xiao J. W., Guo Y. X., Deng M. Y., Yu J. Serious Adverse Events Associated with Chemotherapy in Children with Acute Lymphoblastic Leukemia [J]. *Chinese Journal of Contemporary Pediatrics*. 2020;22(8):828-833. https://doi.org/10.7499/j.issn.1008-8830.2003253
43. Yan H., Wang P., Yang F., Cheng W., Chen C., Zhai B. and Zhou Y. Anticancer Therapy-Induced Adverse Drug Reactions in Children and Preventive and Control Measures. *Front. Pharmacol*. 2024;15:1329220. https://doi.org/10.3389/fphar.2024.1329220
44. Yoon J. H., Yoon J. Y., Park H. J., Son M. H., Kim S. H., Kim W., Kim H. J., Lee S. H., Park B. K. Diffuse Cerebral Vasospasm with Infarct After Intrathecal Cytarabine in Childhood Leukemia. *Pediatr Int*. 2014;56(6):921-924. https://doi.org/10.1111/ped.12394

45. Zadeh C., AlArab N., Muwakkit S., Atweh L.A., Tamim H., Makki M., Salhab H. A., Hourani R. Stroke in Middle Eastern Children with Cancer: Prevalence and Risk Factors. *BMC Neurol.* 2022;22(1):31. https://doi.org/10.1186/s12883-022-02556-x

Сведения об авторах / Information about the authors

Гадиева Сакина Джамалатдин кызы, аспирант кафедры лучевой диагностики ФГБОУ ВО «Российский университет медицины» Министерства здравоохранения Российской Федерации; врач-рентгенолог отделения лучевой диагностики Российской детской клинической больницы – филиала ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н. И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, Россия.
Вклад автора: формирование концепции, сбор данных, написание текста статьи.

Hadiyeva Sakina Jamalatdin, Postgraduate student, Radiology department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Russian University of Medicine» of the Ministry of Health of the Russian Federation; Radiologist, Department of Diagnostic Radiology, Russian Children's Clinical Hospital – the separate structural unit of the Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «N.I. Pirogov Russian National Research Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russia.
Author's contribution: conceptualization, data collection and analysis, writing the text draft.

Шолохова Наталия Александровна, доктор медицинских наук, профессор кафедры лучевой диагностики детского возраста ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Министерства здравоохранения Российской Федерации; заведующая отделением лучевой диагностики ГБУЗ «Детская городская клиническая больница святого Владимира Департамента здравоохранения города Москвы», Москва, Россия.
Вклад автора: формирование концепции, редактура.

Sholokhova Nataliya Aleksandrovna, D. Sc. in Medicine, Professor, Department of Pediatric Radiology, Russian Medical Academy of Continuous Professional Education of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation; Head, Department of Radiodiagnostics, Children's State Hospital of St. Vladimir, Moscow Healthcare Department, Moscow, Russia.
Author's contribution: conceptualization, editing.

Полянская Майя Владимировна, кандидат медицинских наук, ассистент кафедры неврологии, нейрохирургии и медицинской генетики имени академика Л. О. Бадаляна ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н. И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации; врач-рентгенолог отделения лучевой диагностики Российской детской клинической больницы – филиала ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н. И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, Россия.
Вклад автора: формирование концепции, редактура.

Polyanskaya Mayya Vladimirovna, PhD in Medicine, Assistant, Department of Neurology, Neurosurgery, and Medical Genetics, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «N.I. Pirogov Russian National Research Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation; Radiologist, Department of Diagnostic Radiology, Russian Children's Clinical Hospital – the separate structural unit of the Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «N.I. Pirogov Russian National Research Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russia.
Author's contribution: conceptualization, editing.

Статья поступила в редакцию 23.03.2025;
одобрена после рецензирования 09.04.2025;
принята к публикации 09.04.2025.

The article was submitted 23.03.2025;
approved after reviewing 09.04.2025;
accepted for publication 09.04.2025.

Check for updates

ПРОДОЛЖЕННОЕ МЕДИЦИНСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

Обзор литературы с клиническими наблюдениями
УДК 616.718.41-001.512-073.75-053.7
https://doi.org/10.52560/2713-0118-2025-4-64-80

Юношеский эпифизеолиз головки бедренной кости с позиции врача-рентгенолога

Екатерина Алексеевна Губик[1], Юлия Андреевна Достовалова[2], Евгений Ерболович Байке[3]

[1, 3] ФГБОУ ВО «Читинская государственная медицинская академия» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Чита, Россия

[2] ГАУЗ «Забайкальская краевая клиническая больница», г. Чита, Россия

[1] https://orcid.org/0000-0001-6399-2105

[2] https://orcid.org/0009-0002-1270-3830

[3] https://orcid.org/0000-0003-1813-785X

Автор, ответственный за переписку: Екатерина Алексеевна Губик, ekaterina.gubik@yandex.ru

Аннотация

Цель исследования. Проинформировать специалистов о возможностях лучевой диагностики в ранний период юношеского эпифизеолиза головки бедренной кости на основании ретроспективного пятилетнего анализа историй болезни.

Материалы и методы. Исследование проведено на базе травматолого-ортопедического отделения ГУЗ «Краевая детская клиническая больница» г. Читы с 2020 по 2024 г. За пятилетний период было пролечено 10 пациентов в возрасте от 9 до 16 лет (13,9 ± 1,2) с диагнозом юношеский эпифизеолиз головки бедренной кости. Диагноз устанавливали на основании комплексного лучевого исследования: рентгенографии тазобедренных суставов в прямой и аксиальной проекциях (модификация по Лаунштейну), рентгенометрического анализа, компьютерной и магнитно-резонансной томографии.

Результаты. Исследование показало, что для ранней диагностики юношеского эпифизеолиза головки бедренной кости, помимо анализа рентгенограмм тазобедренных суставов, необходимо проведение рентгенометрии. Из большого числа рентгенометрических параметров ключевое значение имело измерение шеечно-диафизарного, эпифизо-диафизарного, а также шеечно-эпифизарного углов. Эти показатели позволили стадировать заболевание и определить вид хирургического вмешательства. Компьютерную и магнитно-резонансную томографии проводили для уточнения степени смещения эпифиза бедра, детального изучения структуры костной ткани, а также выявления изменений в мягких тканях, костном мозге и эпифизарном хряще. Все пациенты получили оперативное лечение, и в большинстве случаев результаты были удовлетворительными.

© Губик Е. А., Достовалова Ю. А., Байке Е. Е., 2025

Заключение. Редкость юношеского эпифизеолиза бедренной кости и недостаточная осведомленность врачей могут вызывать затруднения при постановке диагноза. Для своевременной диагностики необходимо комплексное лучевое обследование пациентов с назначением рентгенографии тазобедренных суставов и проведением рентгенометрии, а также компьютерной и магнитно-резонансной томографии.

Ключевые слова: юношеский эпифизеолиз головки бедренной кости, рентгенометрия, рентгенография тазобедренных суставов

Для цитирования: Губик Е. А., Достовалова Ю. А., Байке Е. Е. Юношеский эпифизеолиз головки бедренной кости с позиции врача-рентгенолога // Радиология — практика. 2025;4:64-80. https://doi.org/10.52560/2713-0118-2025-4-64-80

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.

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.

THE CONTINUED MEDICAL EDUCATION

Literature review with clinical cases

Slipped Capital Femoral Epiphysis from a Radiologist's Perspective

Ekaterina A. Gubik[1], Yulia A. Dostovalova[2], Eugeny E. Bayke[3]

[1, 3] Chita State Medical Academy, Chita, Russia

[2] Chita Regional Clinical Hospital, Chita, Russia

[1] https://orcid.org/0000-0001-6399-2105

[2] https://orcid.org/0009-0002-1270-3830

[3] https://orcid.org/0000-0003-1813-785X

Corresponding author: Ekaterina A. Gubik, ekaterina.gubik@yandex.ru

Abstract

Aim. To inform specialists about the capabilities of radiation diagnostics in the early period of slipped capital femoral epiphysis based on a retrospective five-year analysis of medical histories.

Materials and Methods. The study was conducted at the Traumatology and Orthopedics Department of the State Healthcare Institution «Chita Regional Children's Hospital» in from 2020 to 2024. Over a five-year period, 10 patients with a diagnosis of slipped capital femoral

epiphysis aged from 9 to 16 years (13.9 ± 1.2 years) were treated. The diagnosis was established based on comprehensive radiological examination: X-rays of the hip joints in direct and axial projections (modification by Lauenstein), radiometric analysis, computed tomography and magnetic resonance imaging.

Results. The study revealed that for the early diagnosis of slipped capital femoral epiphysis, in addition to analyzing hip joint radiographs, it is essential to perform radiometry. Among numerous radiometric parameters, key importance lies in measuring the neck-diaphyseal, epiphysis-diaphyseal, as well as neck-epiphysis angles. These parameters enabled identification of different stages of the disease and determination of the need for surgical intervention. serve as supplementary diagnostic methods. CT and MRI were used to clarify the degree of displacement of the femoral epiphysis, a detailed study of the structure of bone tissue, as well as changes in soft tissues, bone marrow and epiphyseal cartilage. All patients underwent surgery, and in most cases, the outcomes were deemed satisfactory.

Conclusion. The rarity of slipped capital femoral epiphysis and lack of awareness among physicians can lead to difficulties in diagnosing this condition. Timely diagnosis requires comprehensive radiographic evaluation of patients, including X-rays, radiometry, as well as computed tomography and magnetic resonance imaging of the affected hip joints.

Keywords: Slipped Capital Femoral Epiphysis, Radiometry, Radiography of the Hip Joints

For citation: Gubik E. A., Dostovalova Yu. A., Bayke E. E. Slipped Capital Femoral Epiphysis from a Radiologist's Perspective. *Radiology — Practice*. 2025;4:64-80. (In Russ.). https://doi.org/10.52560/2713-0118-2025-4-64-80

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

Ранняя диагностика редких заболеваний является актуальной проблемой здравоохранения, особенно в педиатрической практике. Слабая осведомленность и низкая настороженность лечащих врачей, часто малоспецифичная клиника в дебюте затрудняют своевременное выявление редкой патологии. Особенно внимательно нужно относиться к данной проблеме в детском возрасте, поскольку поздняя постановка диагноза может привести к серьезным последствиям для растущего организма, включая присоединение тяжелых осложнений, снижение качества жизни пациента и, иногда, развитие инвалидизирующих состояний. Одним из таких заболеваний является юношеский эпифизеолиз головки бедренной кости

(ЮЭГБК). По данным различных авторов, заболеваемость ЮЭГБК варьирует от 0,33 до 24,58 на 100 000 детей [1–3, 9].

Ряд авторов указывают, что юношеский эпифизеолиз является самой часто пропускаемой патологией тазобедренного сустава в детском и подростковом возрасте [3]. С момента возникновения первых симптомов и до постановки диагноза часто проходит несколько месяцев или даже лет [1, 2, 4, 9]. За этот период возможность проведения консервативных или малотравматичных способов лечения значительно снижается. Кроме того, существуют данные, что при хирургическом лечении юношеского эпифизеолиза на поздних стадиях частота присоединения послеоперационных осложнений возрастает [4]. Несвоевременное выявление заболевания приводит к присоединению хондролиза, асептического некроза головки бедренной кости, фемороацетабулярному импинджменту, коксартрозу и в конечном итоге к эндопротезированию [1, 2, 4].

Таким образом, актуальность ранней диагностики ЮЭГБК крайне велика, что послужило поводом для углубленного изучения этиопатогенетических, клинических и диагностических аспектов эпифизеолиза.

Цель: проинформировать специалистов о возможностях лучевой диагностики в ранний период юношеского эпифизеолиза головки бедренной кости на основании ретроспективного пятилетнего анализа историй болезни.

Обзор литературы

Юношеский эпифизеолиз головки бедренной кости — это патология, характеризующаяся смещением или полным отделением проксимального эпифиза бедра вдоль росткового хряща [1–4, 10–12, 15].

ЮЭГБК вследствие особенностей возрастной анатомии трубчатых костей развивается только в детском возрасте и может наблюдаться до периода синостозирования головки бедренной кости. Средний возраст пациентов составляет для мальчиков 12–14, для девочек — 11–12 лет, т. е. приходится на начало полового созревания [2, 3]. Левое бедро поражается чаще, в 20–25% случаев процесс двусторонний. Соотношение заболевших мальчиков и девочек составляет 3 : 2 (13,35 против 8,07 случая на 100 000 детей) [2, 4, 12].

Юношеский эпифизеолиз головки бедренной кости был впервые упомянут французским хирургом Амбруазом Паре в 1572 г. Более детально клиническую картину заболевания и способы его лечения описали немецкий хирург Георг Мюллер в 1888 г. и швейцарский хирург Эмиль Теодор Кохер в 1894 г. [2]. В России и СССР большой вклад в понимание и изучение ЮЭГБК внесли выдающиеся ученые и врачи Н. Н. Приоров, Г. И. Турнер, М. И. Ситенко, В. В. Чаклин. С 1950-х гг. данное заболевание стало рассматриваться как самостоятельная нозологическая форма [1, 2].

Этиология юношеского эпифизеолиза головки бедренной кости остается не до конца изученной, на данный период существует несколько патофизиологических теорий.

Предполагают, что смещение головки может происходить при повышении нагрузки на здоровый хрящ, например, при избыточном весе пациента либо при физиологической нагрузке на патологически измененный ростковый хрящ [2, 3]. Структура его может подвергаться изменениям под воздействием как эндогенных, так и экзогенных факторов. Так, например, на пролиферацию и дифференцировку хондроцитов в ростковом хряще, синтез коллагена и на степень минерализации косной ткани оказывают влияние предшествующая лучевая терапия, прием некоторых лекарственных препаратов, уровень соматотропина, тироидных и половых гормонов, глюкокортикостероидов, инсулиноподобного фактора роста (IGF-

1), витамина D и т. д. Поэтому среди пациентов с ЮЭГБК преобладают дети с эндокринными заболеваниями и хронической почечной недостаточностью [3, 9]. Манифестация заболевания не случайно приходится на половое созревание ребенка, поскольку именно в этот возрастной период происходит гормональная перестройка организма и возможен дисбаланс между половыми и гормонами роста.

Ожирение, помимо механической нагрузки на кость, является фактором риска развития ЮЭГБК, так как в адипоцитах происходит синтез эстрогенов, лептина, депонирование витамина D. Лептин влияет на дифференцировку хондроцитов в ростковой зоне, увеличивает объем хрящевых структур и приводит к снижению прочности метафиза [2]. Депонированный в жировой ткани витамин D менее доступен для метаболизма, поэтому у пациентов с избытком массы тела часто определяется его низкий уровень в крови, что сказывается на состоянии костных и хрящевых структур [6].

Существуют данные, что эпифизеолиз является аутосомно-доминантным заболеванием, описаны семейные формы. Риск развития ЮЭГБК у второго ребенка в семье составляет 7,1% [2]. При этом неполноценность хрящевой и костной ткани является врожденным фактором.

Таким образом, вероятнее всего, заболевание является многофакторным, и в каждом индивидуальном случае существенную роль в развитие данной патологии вносят те или иные этиопатогенетические условия.

В результате патологических изменений росткового хряща происходит ослабление его прочностных свойств. Это приводит к нарушению соединения головки и шейки с последующим смещением бедра. Эпифиз при этом фиксирован в вертлужной впадине с помощью связочного аппарата. Однако исторически сложилось, что при описании заболевания используется термин «дислокация эпифиза»: эпифиз смещается или постепенно наклоняется в задненижнем направлении с ротацией [4].

В начальный период заболевания клиника эпифизеолиза неспецифичная, пациенты предъявляют жалобы на боли в бедре, паху и колене, хромоту, быструю утомляемость пораженной конечности, ограничение движений в тазобедренном суставе. Чем больше смещается эпифиз, тем более выражены клинические признаки. Позднее развивается стойкая наружная ротация бедра, укорочение конечности, атрофия ягодичных мышц. Ограничение подвижности в суставе и контрактура развиваются на финальной стадии заболевания [1, 4, 9, 11].

Основными методами лучевой диагностики ЮЭГБК являются рентгенография тазобедренных суставов, мультиспиральная компьютерная (МСКТ) и магнитно-резонансная томография (МРТ).

Диагностику эпифизеолиза начинают с назначения рентгенографии тазобедренных суставов в прямой и аксиальной (модификация по Лаунштейну) проекциях. Анализ снимков включает оценку смещения и ротации головки бедренной кости. Также выявляют симптомы, связанные с изменением ростковой зоны, костной ткани головки и шейки бедра.

Семиотика эпифизеолиза зависит от степени и стадии заболевания. Ранним признаком является неравномерное утолщение и разволокнение ростковой зоны. Костная ткань шейки и головки бедренной кости перестраивается: возможна кистовидная трансформация, появляются участки остеопороза и/или остеосклероза, лизируются трабекулы по силовым линиям, наблюдается утолщение и укорочение шейки бедренной кости [2, 4, 9]. Суставная щель тазобедренного сустава меняется от сужения до выраженного расширения с нарушени-

ем конгруэнтности. Характерно преждевременное закрытие ростковой зоны. В зависимости от стадии ЮЭГБК при рентгенографии определяются признаки смещения эпифиза книзу и кзади той или иной степени [1–4, 9, 11, 13, 14].

Современными методами лучевой диагностики являются компьютерная и магнитно-резонансная томографии тазобедренных суставов. Данные методы дополняют традиционную рентгенографию и позволяют более детализированно визуализировать структурные особенности костной ткани и суставного хряща, определить положение головки бедра, оценить состояние костного мозга и окружающих мягких тканей и, соответственно, спрогнозировать способ лечения.

При МРТ у пациентов с юношеским эпифизеолизом дополнительно визуализируют отек костного мозга, утолщение и разрыхление росткового хряща. Часто выявляются признаки синовита. МРТ является методом ранней диагностики осложнений, в частности асептического некроза головки бедренной кости [2, 4, 10].

Существует несколько видов классификаций ЮЭГБК. Приводим некоторые из них, наиболее удобные и практически значимые. В зависимости от длительности и характера течения заболевания выделяют предэпифизеолиз, острый и хронический эпифизеолиз [4]. Эпифизеолиз считается острым, если симптомы наблюдаются менее трех недель, и хроническим, если симптомы сохраняются более данного периода. В некоторых источниках выделяют острый эпифизеолиз как хронический, когда у пациента признаки прогрессивно ухудшаются в течение более трех недель.

При определении тактики лечения важна классификация по стабильности эпифиза бедренной кости (Loder Classification), основанная на возможности нагружать пораженную конечность. Выделяют стабильную форму эпифизеолиза, при которой пациент может нагружать больную ногу. При нестабильной форме нагрузка невозможна даже с косты¬лями. Классификация Лодера имеет важное прогностическое значение, поскольку считается, что при стабильной форме ЮЭГБК риск развития остеонекроза составляет менее 10 %, при нестабильной – более 40 % [1, 2, 4, 11].

Согласно рентгенологической классификации (в основе лежит стадирование по А. Н. Кречмару), которая используется в практической деятельности не только для оценки степени выраженности изменений, но и для планирования оперативного лечения [1, 2, 4, 10, 15], выделяют следующие стадии эпифизеолиза:

- I стадия — предсмещение (предсоскальзывание, предлистез). Смещение головки еще не произошло, но определяются изменения со стороны ростковой зоны в виде ее расширения или неравномерности;
- II стадия — смещение до предела толерантности. Ротация и смещение головки бедра кзади до 30° и книзу до 15°, ширина ростковой зоны неравномерная, клиновидная, без признаков синостозирования;
- III стадия — смещение за пределы толерантности сустава. Те же изменения, как во второй стадии, но смещение эпифиза кзади более 30° и книзу более 15°;
- IV стадия — острого (или полного) смещения эпифиза. Смещение эпифиза книзу от 1/5 до полного поперечника бедра, шейка располагается относительно эпифиза почти перпендикулярно.

В ряде классификаций дополнительно выделяют V стадию — остаточной деформации, когда развивается синостоз и головка фиксируется в порочном положении.

Система стадий для ротационного механизма ЮЭГБК основана на соотношении эпифизарного бугорка и соответ-

ствующей ему метафизарной впадины ростковой зоны [14]. Стадия 0 соответствует норме. При I стадии бугорок расположен в увеличенной метафизарной впадине, наблюдается расширение зоны роста. При II стадии бугорок расположен эксцентрично и контактирует с задней стенкой впадины. На стадии III головка ротируется и смещается кзади так, что эпифизарный бугорок защемляется в заднем кортикальном слое впадины. На стадии IV наблюдается полное смещение бугорка, который находится за пределами метафиза.

Классификация по степени смещения головки бедренной кости (Southwick Slip Angle Classification) основана на измерении шеечно-эпифизарного угла на рентгенограммах в аксиальной проекции [1, 2, 4, 11]. Согласно ей выделяют три степени тяжести эпифизеолиза: легкую при увеличении угла до 30°, среднюю — от 30 до 50°, тяжелую — более 50°.

Основной целью лечения ЮЭГБК является предотвращение дальнейшего прогрессирования смещения головки и устранение уже сформировавшихся анатомических и функциональных нарушений. В настоящее время предпочтительно хирургическое лечение. На ранних стадиях заболевания применятся фиксация спицами, винтами и т. д. На более поздних стадиях и при выраженном смещении эпифиза проводят корригирующую остеотомию в разных модификациях [1, 4, 8].

Материалы и методы

Проведен ретроспективный анализ историй болезни пациентов с диагнозом юношеский эпифизеолиз головки бедренной кости, проходивших лечение в травматолого-ортопедическом отделении ГУЗ «Краевая детская клиническая больница» г. Читы с 2020 по 2024 г. За пятилетний период было пролечено 10 пациентов в возрасте от 9 до 16 лет, средний возраст составил 13,9 ± 1,2 лет. Среди пациентов была одна девочка. Большинство больных имели избыточную массу тела и гиперстеническую конституцию, средний индекс массы тела (ИМТ) был 25,8 ± 1,3. Срок давности болезни составил от 1 до 5 мес (3,2 ± 0,9 мес). Пациенты с признаками консолидации и осложненными формами эпифизеолиза были исключены из исследования, поскольку для лечения они были направлены на центральные базы в специализированные центры.

Всем пациентам было проведено комплексное клиническое, инструментальное и ортопедическое обследование, которое включало сбор анамнеза и жалоб, измерение объема движений, оценку походки и функциональные тесты. Всем детям проводили рентгенографию тазобедренных суставов в прямой и аксиальной (модификация по Лаунштейну) проекциях. Пяти пациентам была назначена мультиспиральная компьютерная томография костей таза и тазобедренных суставов и одному ребенку — магнитно-резонансная томография. В работе использовали рентгенологическое стадирование эпифизеолиза и классификацию по величине смещения эпифиза.

Всем участникам исследования было выполнено хирургическое лечение. Результаты лечения в 9 случаях были удовлетворительными. У одного мальчика 14 лет развилось осложнение в виде присоединения инфекции и прогрессирования остеомиелита, пациент переведен в отделение гнойной хирургии.

Статистическую обработку полученных данных проводили при помощи программ Excel.

Результаты и их обсуждение

За пятилетний период в травматолого-ортопедическом отделении ГУЗ «Краевая детская клиническая больница» г. Читы было пролечено 10 пациен-

тов с диагнозом юношеский эпифизеолиз головки бедренной кости. Несмотря на частое поражение суставов с двух сторон [4], в нашем исследовании эпифизеолиз носил односторонний характер. Левостороннее поражение встретилось в 60 % случаев, правостороннее — в 40 %. Средний возраст пациентов составил 13,9 ± 1,2 лет. Самым молодым пациентом был мальчик Б., 9 лет (рис. 1), предпубертатный возраст считается нетипичным для возникновения ЮЭГБК. Также особенностью этого клинического наблюдения явилось то, что ребенок был нормостеником с ИМТ 21,5.

В 2020 г. в травматолого-ортопедическое отделение с диагнозом юношеский эпифизеолиз головки бедренной кости поступили два ребенка. В 2021 г. пациентов с данной патологией не было. В 2022 и 2023 гг. в отделении было проведено по одной операции. 2024 г.

Рис. 1. Пациент Б., 9 лет. Юношеский эпифизеолиз головки правой бедренной кости. *а* — рентгенограмма правого тазобедренного сустава по Лаунштейну; *б* — рентгенограмма левого (здорового) тазобедренного сустава по Лаунштейну; *в* — рентгенограмма тазобедренных суставов в прямой проекции; *г* — КТ в коронарной проекции. Ростковая зона неравномерно расширена *(стрелка)*

характеризовался увеличением числа заболевших — за этот период было госпитализировано шесть пациентов. Аналогичная тенденция к росту заболеваемости описана и другими авторами [2]. Данный факт связывают с увеличением количества молодых людей, страдающих избыточным весом. По данным Росстата, в возрастной группе 14–17 лет за последние годы отмечался наибольший рост ожирения [7].

Все дети (10 человек, 100 %) жаловались на боли в области бедра, паха, иногда колена на пораженной стороне. Три ребенка не могли точно локализовать боль. Все пациенты отмечали ограничение и болезненность при движении в тазобедренном суставе, особенно при внутренней ротации бедра. Наиболее заметно ограничение ротации проявлялось при сгибании ноги. В нашем наблюдении у всех детей наблюдалась хромота разной степени выраженности: от легкой до значительной. Движения пальцев стопы не ограничены, пальцы розового цвета, теплые.

Всем пациентам диагноз устанавливали и/или подтверждали на основании рентгенографии тазобедренных суставов в прямой и аксиальной (модификация по Лаунштейну) проекциях. Снимки выполняли с захватом обоих суставов для сравнения. Помимо оценки структурных изменений со стороны головки, шейки и ростковой зоны на рентгенограммах проводили рентгенометрические измерения.

У 8 пациентов на рентгенограммах определялись признаки смещения эпифиза в задненижнем направлении, расширение ростковой зоны. Эпифиз за счет ротации был проекционно уменьшен в размерах. У двух пациентов смещение головки не было выявлено, а признаком соскальзывания явилось наличие «ступеньки» по верхней поверхности шейки на уровне росткового хряща и появление двойного контура по нижнемедиальной поверхности шейки. Шейка бедра была укорочена и утолщена в 100 % случаев. У большинства детей структура головки и субэпифизарной области шейки бедренной кости оставалась неизмененной. У одного ребенка неоднородность структуры проявлялась чередованием участков остеопороза и склероза. У этого же пациента головка бедра была деформирована, верхний контур уплощен. По литературным данным [4], в более поздних стадиях появляются участки асептического остеонекроза, в нашем исследовании таких пациентов не было. По рентгенологическим критериям во всех случаях эпифизеолиз был стабильным, с сохранением конгруэнтности в суставах. Преждевременного закрытия зоны роста, сравнительно с контралатеральным суставом, выявлено не было.

На рентгенограммах в прямой проекции всем пациентам определяли симптом сегмента, измеряли шеечно-диафизарный (ШДУ), эпифизо-диафизарный углы (ЭДУ), величину смещения эпифиза, угол Альсберга, артикуло-трохантеральную дистанцию. На аксиальных рентгенограммах по Лаунштейну измеряли шеечно-эпифизарный (угол Саутвика), эпифизарный углы (ЭУ), S-симптом [2, 10, 13, 15].

На рентгенограммах в прямой проекции параллельно верхнему краю шейки бедренной кости проводили так называемую линию Клейна. В норме она проходит через наружный край головки бедра. Если линия Клейна не достигает или пересекает незначительную часть головки, то это указывает на смещение эпифиза. Этот признак в некоторых источниках называется «положительный симптом сегмента» (рис. 2) [2, 4, 12, 15].

На рентгенограммах в прямой проекции для определения отклонения головки бедра кнаружи оценивали угол Альсберга (рис. 3). Сначала проводили линию по ростковой зоне, для этого соединяли верхний и нижний контур эпифиза на уровне хрящевой пластинки. Затем измеряли угол, образованный

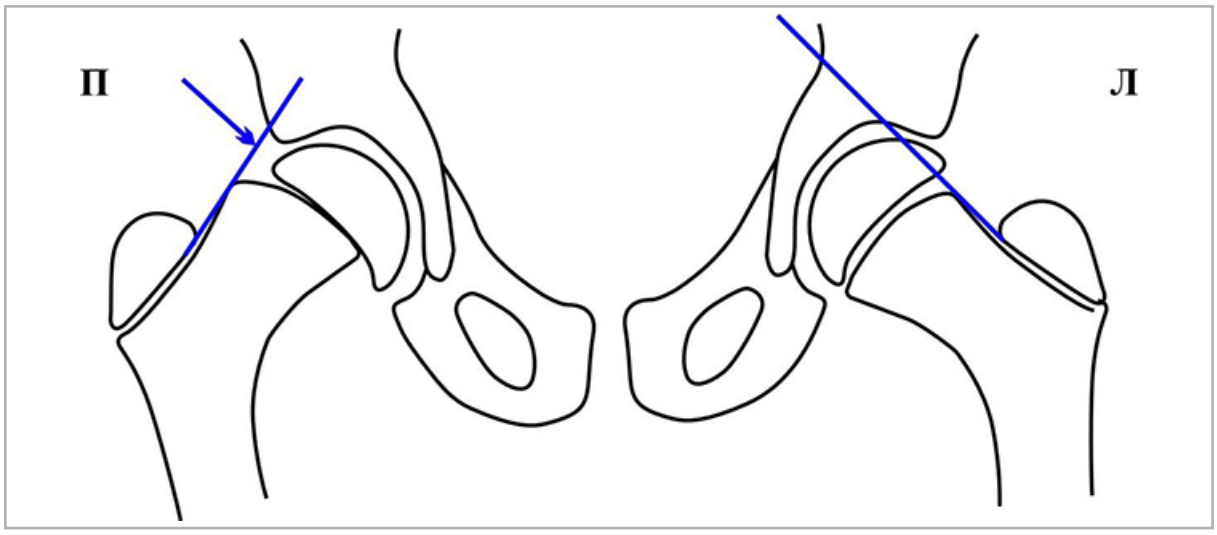


Рис. 2. Схематическое изображение линии Клейна. Справа определяется положительный симптом сегмента при эпифизеолизе головки бедренной кости (линия Клейна не пересекает головку, указано *стрелкой*). Слева — норма

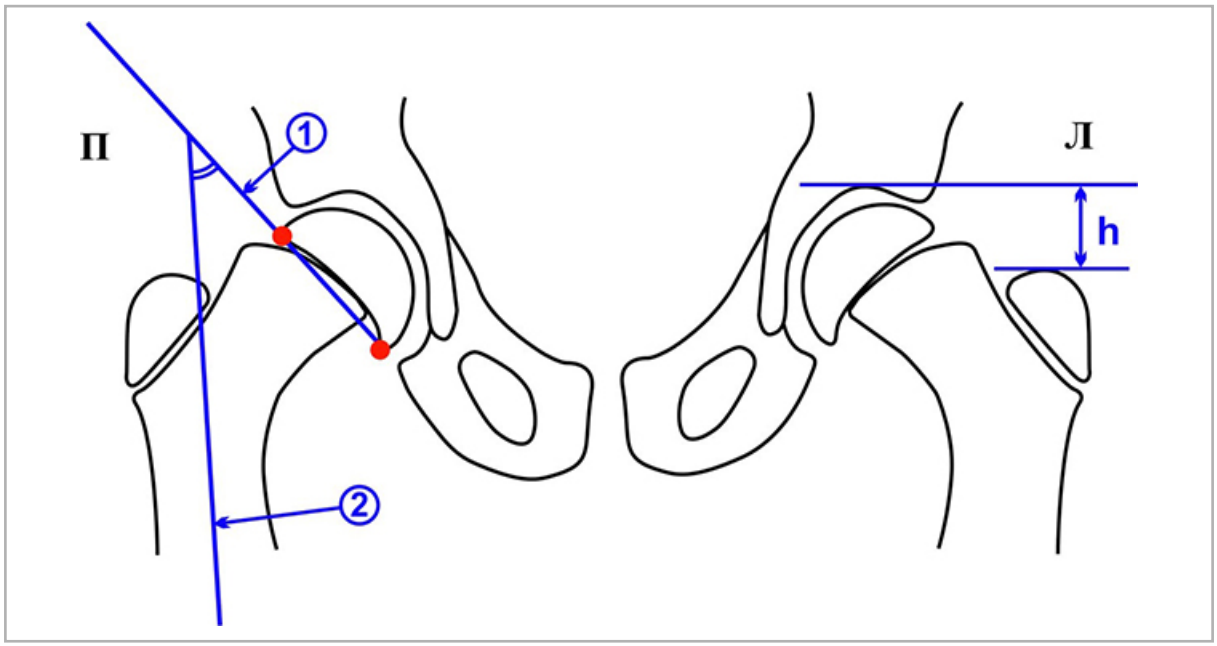


Рис. 3. Справа схема определения угла Альсберга. *1* — линия, проведенная по ростковому хрящу; *2* — ось диафиза. Слева — схема определения артикуло-трохантерной дистанции (расстояние h)

осью диафиза, и линией, проведенной по ростковому хрящу.

В норме большой вертел располагается на уровне центра головки. Отклонение этого положения может свидетельствовать о смещении бедра или гипертрофии большого вертела. Для убедительной оценки смещения измеряли артикуло-трохантерную дистанцию (вертикальное расстояние от верхушки большого вертела до наивысшей точки крыши вертлужной впадины, рис. 3). Нормой для мальчиков в возрасте 5–13 лет является расстояние до 16 мм, для девочек — до 23 мм [4].

Для определения величины смещения эпифиза измеряли шеечно-диафизарный угол и эпифизо-диафизарный

угол. ШДУ — это угол между срединной линией шейки бедренной кости и продольной осью диафиза. ЭДУ – это угол, который образуется при пересечении оси диафиза с линией, соединяющей центр головки (проводят через середину купола ядра окостенения) и середину основания шейки. Величину смещения эпифиза измеряли путем вычитания ШДУ из ЭДУ и выражали в градусах. У здоровых взрослых эти значения должны совпадать, у детей разница составляет не более 5°. Таким образом, увеличение показателя более чем на 5° указывает на патологию (рис. 4) [4].

Для оценки смещения эпифиза книзу и определения степени тяжести заболевания на рентгенограмме по Лаунштейну измеряли шеечно-эпифизарный угол (Саутвика) [1, 2, 10, 15]. Шеечно-эпифизарный угол — это угол между перпендикуляром к ростковой зоне и осью бедра (рис. 5). Нормальным показателем является значение 12° [1–3, 12, 15]. Для определения степени смещения эпифиза вычисляли разницу углов на больном и здоровом суставах. Угол Саутвика до 30° соответствует легкой степени тяжести заболевания, средняя степень находится в диапазоне от 30° до 50°. Тяжелая степень – более 50°.

На снимках по Лаунштейну изучали смещение головки бедра кзади с помощью измерения эпифизарного угла. Это угол, который образован между осью шейки бедра и линией, проведенной по ростковой зоне (рис. 6). Степень отклонения эпифиза оценивается по разнице между здоровым и пораженным суставами. При двустороннем поражении разницу вычитали из референсного значения, которое равно 80 ± 10° [4].

На рентгенограммах в аксиальной проекции по Лаунштейну в норме контур, проведенный по ростковой зоне бедренной кости, должен быть ровным, без изгибов и симметричным с двух сторон. При ЮЭГБК контур изгибается, напоминая букву S (так называемый положительный S-симптом) [3].

Анализ полученных результатов рентгенометрии показал, что у 8 детей исследуемой группы показатель ШДУ был увеличен от 130 до 155° (среднее значение составило 137,9 ± 4,3°). У этих пациентов отмечалось увеличение угла ЭДУ до 156,7 ± 10,4°, максимально до 170°. У двух детей значения ШДУ и ЭДУ были в пределах возрастной нормы, что на фоне структурных изменений ростковой зоны свидетельствовало о стадии предлистеза. Вычисление угла

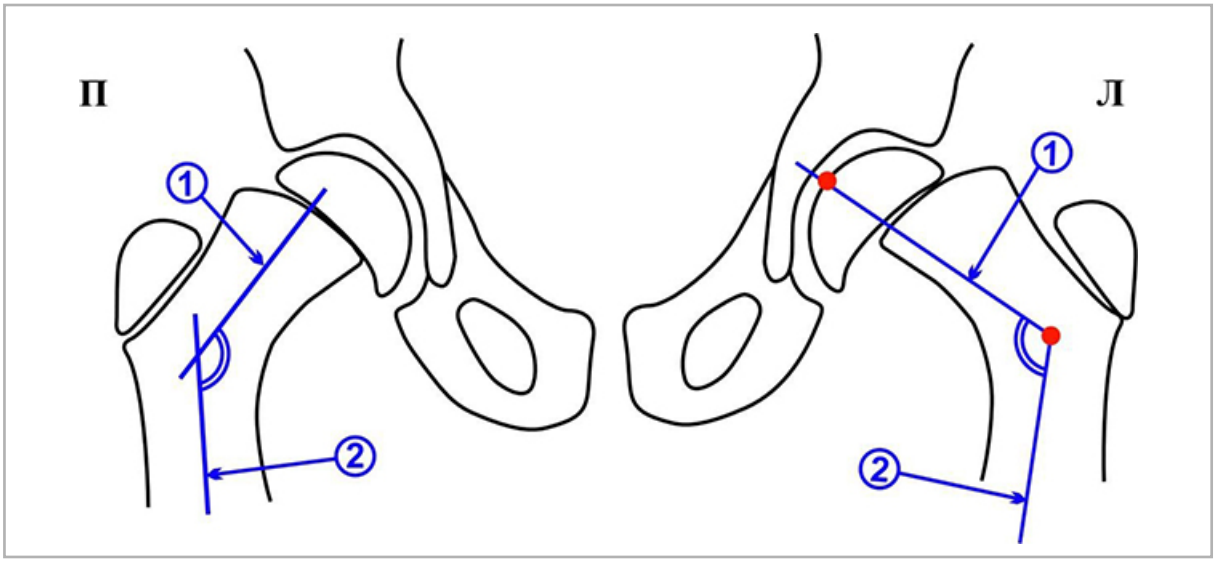


Рис. 4. Справа схематическое изображение шеечно-диафизарного угла, где *1* — ось шейки бедра; *2* — ось диафиза. Слева схематическое изображение эпифизо-диафизарного угла, где *1* — линия, соединяющая центр головки и середину основания шейки бедра; *2* — ось диафиза

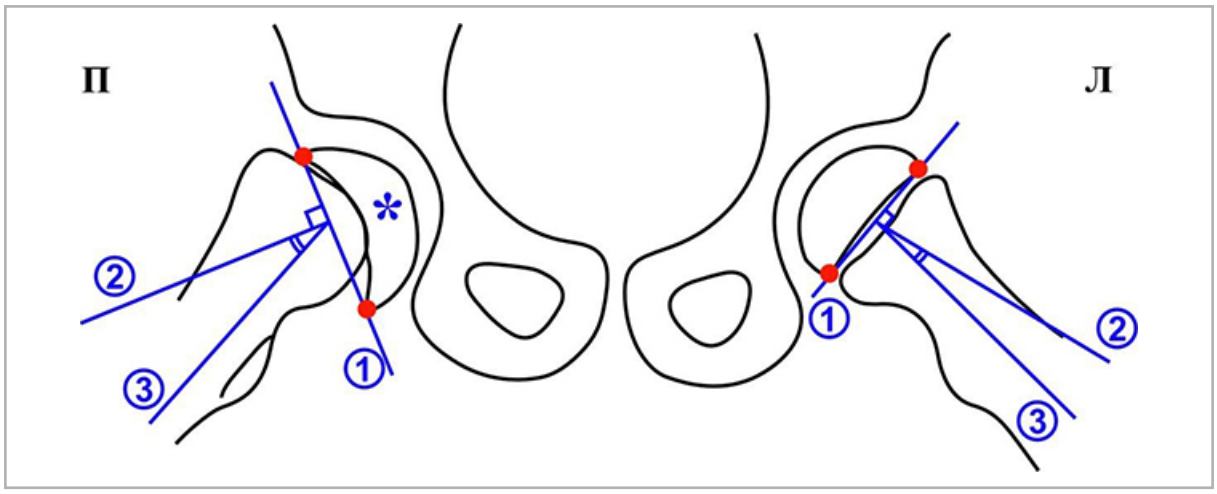


Рис. 5. Схематическое изображение шеечно-эпифизарного угла, где *1* — ростковая зона; *2* — перпендикуляр к ростковой зоне; *3* — ось диафиза. Справа шеечно-эпифизарный угол при юношеском эпифизеолизе головки бедренной кости *(* указана смещенная головка)*. Слева — норма

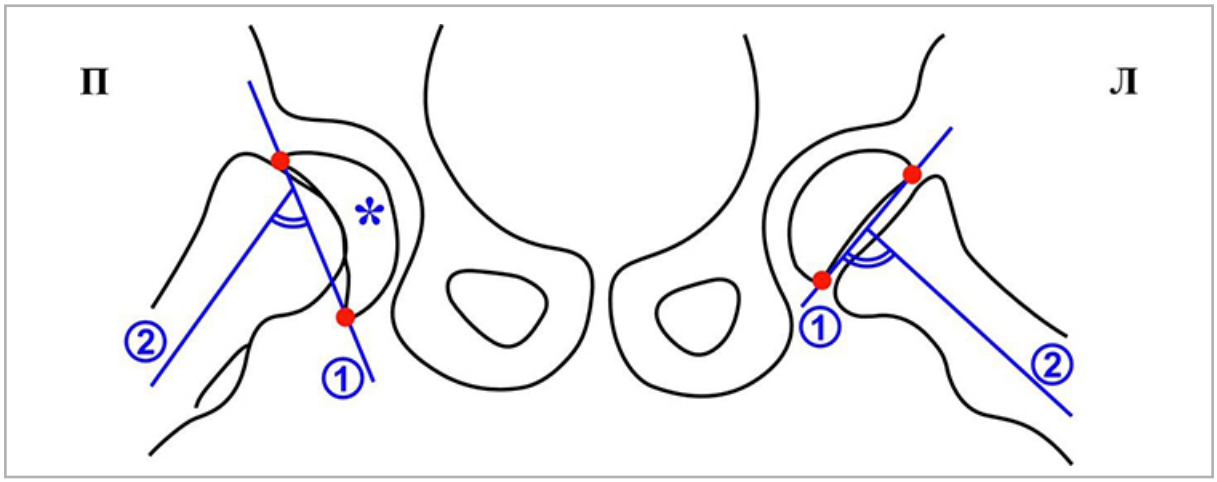


Рис. 6. Схематическое изображение эпифизарного угла, где *1* — ростковая зона; *2* — ось шейки бедра. Справа эпифизарный угол при юношеском эпифизеолизе головки бедренной кости *(* указана смещенная головка)*. Слева — норма

смещения эпифиза позволило диагностировать у 6 пациентов I степень тяжести эпифизеолиза, у 4 детей – II степень.

У 8 детей определялся положительный симптом сегмента. При этом у 4 мальчиков линия Клейна не пересекала головку бедренной кости и располагалась значительно медиальнее. У 4 пациентов пересекала незначительную часть сравнительно со здоровой стороной. При вычислении артикуло-трохантеральной дистанции данное расстояние составило от 13 до 26 мм, в среднем 18,1 ± 2,4 мм, что свидетельствовало о смещении бедра у большинства больных. Угол Альсберга у 8 пациентов был уменьшен и составил 25 ± 4,5°, что указывало на соскальзывание головки бедра.

При измерении шеечно-эпифизарного угла (Саутвика) было выявлено его увеличение у 8 пациентов. Среднее значение составило 154,9 ± 9,1°. У 2 детей смещение головки еще не произошло, и данный параметр был в норме. Измере-

ние эпифизарного угла выявило изменения также у 8 пациентов со средним показателем 60,4 ± 10,1°.

У всех детей (100 %) определялся положительный S-симптом, искривление и асимметричность ростковой линии были различной степени выраженности.

Таким образом, распределение по стадиям заболевания было следующим. У 2 пациентов была диагностирована первая стадия, у 4 — вторая, к III ст. эпифизеолиза были отнесены 4 ребенка. Согласно классификации, по величине смещения эпифиза первая степень тяжести была зарегистрирована у большинства пациентов — 6 (60 %) человек, вторая степень — у 4 участников исследования. Детей с третьей степенью тяжести в проанализированных нами случаях не было.

У всех пациентов (5 человек) при компьютерной томографии отмечалось смещение головки кзади той или иной степени выраженности. Были выявлены расширение ростковой зоны пораженной стороны и неровность ее контуров. У 2 больных эпифизарный хрящ имел неоднородную структуру за счет наличия пузырьков воздуха. Головки бедренных костей центрированы правильно. Суставные щели неравномерно расширены. Жидкости в полости суставов не выявлено. Мягкие ткани не изменены.

Одному пациенту была проведена магнитно-резонансная томография тазобедренных суставов. Были выявлены следующие признаки: отек костного мозга головки и шейки левого тазобедренного сустава, утолщение и разрыхление зоны роста, малый синовит. Смещение левого эпифиза было минимальным. Справа положение головки, ростковая зона не изменены, однако отмечался слабовыраженный отек костного мозга в области шейки. Следует отметить, что клинических проявлений со стороны правого тазобедренного сустава не было. Однако наличие отека костного мозга контралатеральной стороны, выявленного при МРТ, послужило поводом для превентивного оперативного лечения (рис. 7) [2, 11].

Таким образом, по данным разных авторов, из-за редкости заболевания и недостаточной осведомленности врачей юношеский эпифизеолиз головки бедренной кости редко диагностируется на ранних стадиях [1, 15]. В начальный период заболевания, при отсутствии специфической клинической картины, первыми, кто может заподозрить юношеский эпифизеолиз, являются врачи-рентгенологи. Диагноз устанавливается на основании рентгенографии тазобедренных суставов в прямой и аксиальной (модификация по Лаунштейну) проекциях с обязательным проведением рентгенометрии. Из большого числа рентгенометрических показателей принципиальное значение имеет измерение ШДУ и ЭДУ для расчета степени смещения эпифиза, а также шеечно-эпифизарный угол. Эти параметры необходимы для определения стадии эпифизеолиза и степени его выраженности, что в конечном итоге лежит в основе планирования оперативного лечения.

Современными методами лучевой диагностики являются компьютерная и магнитно-резонансная томографии. КТ назначают в случае, когда предшествующая рентгенография не дала результатов, но есть клинические подозрения на юношеский эпифизеолиз, при дифференциальной диагностике в сложных клинических ситуациях и с целью выявления осложнений [1]. МРТ необходима для визуализации изменений со стороны костного мозга, мягкотканных компонентов сустава и эпифизарного хряща. Также МРТ назначают для обследования контралатерального сустава при решении вопроса о необходимости его превентивного лечения [2, 11]. Для оценки мягкотканных и хрящевых структур тазобедренного сустава можно назначать ультразвуковое исследование

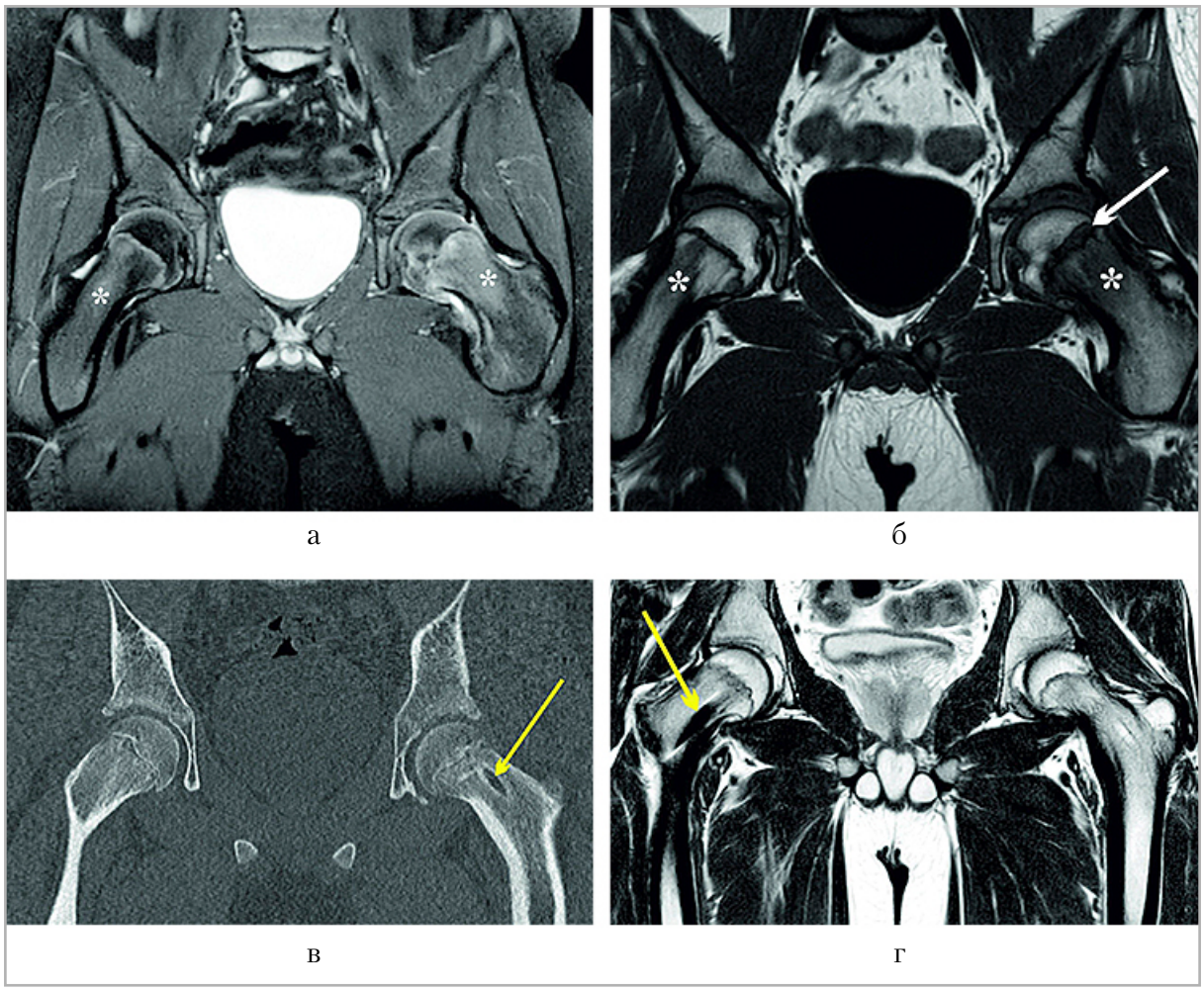


Рис. 7. Пациент И., 16 лет. Юношеский эпифизеолиз головки левой бедренной кости. *а* – МРТ в коронарной проекции, последовательность PD-SPAIR; *б* – МРТ в коронарной проекции, последовательность Т1; *в* – КТ в коронарной проекции после оперативного лечения левого бедра; *г* – МРТ в коронарной проекции, последовательность Т2 после превентивного оперативного лечения правого сустава. Определяется отек костного мозга *(отмечен *)*. Ростковая зона расширена *(белая стрелка)*. Послеоперационный дефект костной ткани от штифта *(желтая стрелка)*

[5]. Однако в нашей работе пациентам УЗИ суставов не выполнялось.

Заключение

Редкость юношеского эпифизеолиза головки бедренной кости и недостаточная осведомленность врачей могут вызывать затруднения при постановке диагноза. Для предотвращения прогрессирования заболевания и минимизации возможных осложнений важно своевременное выявление патологических изменений, где ключевую роль играет лучевая диагностика.

Результаты исследования показали, что основным методом диагностики ЮЭГБК является рентгенография тазобедренных суставов в прямой и аксиальной проекциях, дополненная рентгенометрией. На основании проведенного анализа выявлены характерные рентгенологические признаки заболевания, такие как смещение эпифиза, расширение ростковой зоны, положительный симптом сегмента и другие. Среди множества рентгенометрических параметров существенное значение имеет измерение ШДУ и ЭДУ, шеечно-эпи-

физарного угла. Они используются для определения стадии и оценки степени тяжести эпифизеолиза, что необходимо при планировании объема и вида хирургического вмешательства. МСКТ и МРТ рекомендовано применять как дополнительные методы лучевой диагностики для уточнения степени смещения эпифиза бедра и детализированного изучения структуры костной ткани, выявления сопутствующих осложнений, а также изменений мягких тканей и костного мозга.

Таким образом, полученные результаты подтверждают важность комплексного подхода к диагностике ЮЭГБК с назначением рентгенографии тазобедренных суставов и проведением рентгенометрии, в также компьютерной и магнитно-резонансной томографии.

Список источников

1. Егиазарян К. А., Григорьев А. В., Ратьев А. П., Ершов Д. С. Хирургическое лечение юношеского эпифизеолиза головки бедренной кости // Хирургическая практика. 2022. № 2. С. 51–59. https://doi.org/10.38181/2223-2427-2022-2-51-59
2. Егиазарян К. А., Григорьев А. В., Ратьев А. П. Этиология, патогенез, диагностика и принципы лечения юношеского эпифизеолиза головки бедренной кости. Обзор литературы // Хирургическая практика. 2022. № 1. С. 38–46. https://doi.org/10.38181/2223-2427-2022-1-38-46
3. Лукаш А. А., Пискунов М. Н. Юношеский эпифизеолиз головки бедренной кости // Научный вестник Омского государственного медицинского университета. 2021. Т. 1, № 4 (4). С. 170–179.
4. Майоров А. Н., Соловьев А. Е. Хирургия тазобедренного сустава у детей / А. Н. Майоров, А. Е. Соловьев, Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2022. 360 с. https://doi.org/10.33029/9704-6771-8-HJS-2022-1-360
5. Митряшов К. В., Митряшов И. В. Результаты ультразвукового скрининга дисплазии тазобедренных суставов у детей грудного возраста // Медицина экстремальных ситуаций. 2024. Т. 26, № 1. С. 93–96. https://doi.org/10.47183/mes.2024.013
6. Суплотова Л. А., Авдеева В. А., Рожинская Л. Я. К вопросу о патогенетических механизмах влияния ожирения на уровень витамина D // Ожирение и метаболизм. 2021. Т. 18, № 2. С. 169–174. https://doi.org/10.14341/omet12578
7. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики: официальный сайт. Москва. URL: https://rosstat.gov.ru (дата обращения: 20.12.2024).
8. Baraka M. M., Hefny H. M., Thakeb M. F., Fayyad T. A., Abdelazim H., Hefny M. H., Mahran M. A. Combined Imhauser Osteotomy and Osteochondroplasty in Slipped Capital Femoral Epiphysis Through Surgical Hip Dislocation Approach // J. Child. Orthop. 2020;14(3):190-200. https://doi.org/10.1302/1863-2548.14.200021
9. Brown D. W., Iorio T. J., Mosher Z. A., Beaty J. H., Warner W. C. Jr., Sawyer J. R., Spence D. D., Sheffer B. W., Kelly D. M. Intraobserver and Interobserver Reliability of the Peritubercle Lucency Sign in Slipped Capital Femoral Epiphysis // J. Pediatr. Orthop. 2021;41(3):159-163. https://doi.org/10.1097/BPO.0000000000001733
10. Gao Y., Lyu X., Liu Q., Meng Y., Wang J., Pan S. Quantitative Evaluation of Hip Muscle Atrophy in Patients with Unilateral Slipped Capital Femoral Epiphysis Based on Magnetic Resonance Imaging // Acad. Radiol. 2021;28(8):1125-1132. https://doi.org/10.1016/j.acra.2020.05.007
11. Gautier E., Passaplan C., Gautier L. Epiphyseal Angulation and Related Spatial Orientation in Slipped Capital Femoral Epiphysis. Theoretical Model and Biomechanical Explanation of Varus and Valgus Slip. Switzerland // JB JS Open Access. 2020;5(4):e20.00099. https://doi.org/10.2106/JBJS.OA.20.00099
12. Kwiatkowska M., Kwiatkowski M., Czubak-Wrzosek M., Czubak J., Tyrakowski M.

Can we Still Use X-rays to Predict Contralateral Slip in Primary Unilateral Slipped Capital Femoral Epiphysis? // J. Pediatr. Orthop. 2023;32(3):247-252. https://doi.org/10.1097/BPB.0000000000000915
13. Monte F. A., Melo P. S., Alves A., Oliveira Junior J. V., Alencar G., Soares F. C. Evaluation of the Southwick Angle in Two Hundred Hips of Asymptomatic Children and Adolescents // Rev. Bras. Ortop. (Sao Paoulo). 2020;55(3):360-366. https://doi.org/10.1055/s-0040-1701289
14. Wang S., Bai R., Zhao A., Liu R. The «Hand as Foot» Teaching Method in the Classification of Children's Slipped Capital Femoral Epiphysis // Asian. J. Surg. 2022;45(3):879-880. https://doi.org/10.1016/j.asjsur.2021.11.043
15. Winston T. W., Landau A. J., Hosseinzadeh P. Proximal Femoral Changes Related to Obesity: an Analysis of Slipped Capital Femoral Epiphysis Pathoanatomy // J. Pediatr. Orthop. 2022;31(3):216-223. https://doi.org/10.1097/BPB.0000000000000859.

References

1. Egiazaryan K. A., Grigoriev A. V., Ratyev A. P., Ershov D. S. Surgical Treatment for Slipped Caput Femoral Epiphysis. *Surgical Practce*. 2022;2:51-59. (In Russ.). https://doi.org/10.38181/2223-2427-2022-2-51-59
2. Egiazaryan K. A., Grigoriev A. V., Ratyev A. P. Etiology, Pathogenesis, Diagnosis and Principles of Treatment of Slipped Capital Femoral Epiphysis. *Literature Reviev. Surgical Practce*. 2022;1:38-46. (In Russ.). https://doi.org/10.38181/2223-2427-2022-1-38-46
3. Lukash A. A., Piskunov M. N. Junoshes-kij jepifizeoliz golovki bedrennoj kosti. *Nauchnyj vestnik Omskogo gosudarstvennogo medicinskogo universiteta*. 2021;4(4):170-179. (In Russ.).
4. Majorov A. N., Solov'ev A. E. Hirurgija tazobedrennogo sustava u detej / A. N. Majorov, A. E. Solov'ev. Moskva: GJEOTAR-Media, 2022. 360 s. (In Russ.). https://doi.org/10.33029/9704-6771-8-HJS-2022-1-360
5. Mitryashov K. V., Mitryashov I. V. Results of Ultrasound Screening for Hip Dysplasia in Infants. *J. Extreme Medicine*. 2024;26(1):93-96. (In Russ.). https://doi.org/10.47183/mes.2024.013
6. Suplotova L. A., Avdeeva V. A., Rozhinskaya L. Ya. To the Question of the Pathogenetic Mechanisms of the Influence of Obesity on the Level of Vitamin D. *Obesity and metabolism*. 2021;18(2):169-174. (In Russ.). https://doi.org/10.14341/omet12578
7. Territorial body of the Federal State Statistics Service: official website. Moscow. URL: https://rosstat.gov.ru (access date 12/20/2024). (In Russ.).
8. Baraka M. M., Hefny H. M., Thakeb M. F., Fayyad T. A., Abdelazim H., Hefny M. H., Mahran M. A. Combined Imhauser Osteotomy and Osteochondroplasty in Slipped Capital Femoral Epiphysis Through Surgical Hip Dislocation Approach. *J. Child. Orthop*. 2020;14(3):190-200. https://doi.org/10.1302/1863-2548.14.200021
9. Brown D. W., Iorio T. J., Mosher Z. A., Beaty J. H., Warner W. C. Jr., Sawyer J. R., Spence D. D., Sheffer B. W., Kelly D. M. Intraobserver and Interobserver Reliability of the Peritubercle Lucency Sign in Slipped Capital Femoral Epiphysis. *J. Pediatr. Orthop*. 2021;41(3):159-163. https://doi.org/10.1097/BPO.0000000000001733
10. Gao Y., Lyu X., Liu Q., Meng Y., Wang J., Pan S. Quanti¬tative Evaluation of Hip Muscle Atrophy in Patients with Unilateral Slipped Capital Femoral Epiphysis Based on Magnetic Resonance Imaging. *Acad. Radiol*. 2021;28(8):1125-1132. https://doi.org/10.1016/j.acra.2020.05.007
11. Gautier E., Passaplan C., Gautier L. Epiphyseal Angulation and Related Spatial Orientation in Slipped Capital Femoral Epiphysis. Theoretical Model and Biomechanical Explanation of Varus and

Valgus Slip. Switzerland. *JB&JS Open Access*. 2020;5(4):e20.00099. https://doi.org/10.2106/JBJS.OA.20.00099
12. Kwiatkowska M., Kwiatkowski M., Czubak-Wrzosek M., Czubak J., Tyrakowski M. Can we Still Use X-rays to Predict Contralateral Slip in Primary Unilateral Slipped Capital Femoral Epiphysis? *J. Pediatr. Orthop*. 2023;32(3):247-252. https://doi.org/10.1097/BPB.0000000000000915
13. Monte F. A., Melo P. S., Alves A., Oliveira Junior J. V., Alencar G., Soares F. C. Evaluation of the Southwick Angle in Two Hundred Hips of Asymptomatic Children and Adolescents. *Rev. Bras. Ortop*. (Sao Paoulo) 2020;55(3):360-366. https://doi.org/10.1055/s-0040-1701289
14. Wang S., Bai R., Zhao A., Liu R. The «Hand as Foot» Teaching Method in the Classification of Children's Slipped Capital Femoral Epiphysis. *Asian. J. Surg*. 2022;45(3):879-880. https://doi.org/10.1016/j.asjsur.2021.11.043
15. Winston T. W., Landau A. J., Hosseinzadeh P. Proximal Femoral Changes Related to Obesity: an Analysis of Slipped Capital Femoral Epiphysis Pathoanatomy. *J. Pediatr. Orthop*. 2022;31(3):216-223. https://doi.org/10.1097/BPB.0000000000000859.

Сведения об авторах / Information about the authors

Губик Екатерина Алексеевна, кандидат медицинских наук, заведующая кафедрой лучевой диагностики и лучевой терапии ФГБОУ ВО «Читинская государственная медицинская академия» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Чита, Россия.
Вклад автора: формирование концепции, написание текста, литературный обзор, оформление схем и иллюстраций.

Gubik Ekaterina Alekseevna, Ph. D., Head of the Department of Radiation Diagnostics and Radiotherapy, Chita State Medical Academy, Chita, Russia.
Author's contribution: conceptualization, writing the text draft, literature review, schematics and illustrations design.

Достовалова Юлия Андреевна, врач-рентгенолог рентгеновского отделения ГАУЗ «Забайкальская краевая клиническая больница», г. Чита, Россия.
Вклад автора: сбор и анализ клинических данных, литературный обзор.

Dostovalova Yulia Andreevna, radiologist at the Radiology Department of the Chita Regional Clinical Hospital, Chita, Russia.
Author's contribution: collection and analysis of clinical data, literature review.

Байке Евгений Ерболович, кандидат медицинских наук, доцент, заведующий кафедрой фтизиатрии ФГБОУ ВО «Читинская государственная медицинская академия» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Чита, Россия.
Вклад автора: формирование концепции, курация статьи, внесение правок в текст.

Bayke Eugeny Erbolovich, Ph. D., Associate Professor, Head of the Department of Phthisiology, Chita State Medical Academy, Chita, Russia.
Author's contribution: conceptualization, article supervision, textual revisions.

Статья поступила в редакцию 23.03.2025;
одобрена после рецензирования 02.07.2025;
принята к публикации 02.07.2025.

The article was submitted 23.03.2025;
approved after reviewing 02.07.2025;
accepted for publication 02.07.2025.

Check for updates

ПРОДОЛЖЕННОЕ МЕДИЦИНСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

Обзорная статья
УДК 616.7-08-031.81:681.3
https://doi.org/10.52560/2713-0118-2025-4-81-91

Применение искусственного интеллекта при заболеваниях опорно-двигательного аппарата (обзор литературы)

Юлия Алексеевна Ушакова

ФГБОУ ВО «РязГМУ имени академика И. П. Павлова» Минздрава России, Рязань, Россия; https://orcid.org/0009-0001-7362-5461; jalekseeva97@bk.ru

Аннотация

Цель исследования. Анализ исследований, посвященных применению искусственного интеллекта (ИИ) при заболеваниях опорно-двигательного аппарата (ОДА) для определения эффективности внедрения новых технологий.

Материалы и методы. Для обзора литературы отобраны наиболее цитируемые исследования по применению ИИ в диагностике и лечении ОДА, размещенные в научных базах данных в открытом доступе.

Результаты. Исследования, описанные в обзоре научных статей, демонстрируют огромный потенциал ИИ в диагностике заболеваний опорно-двигательного аппарата и показывают, как он может быть полезным для врачей и пациентов.

Заключение. Внедрение искусственного интеллекта в ортопедию открывает новые горизонты для улучшения качества медицинского оборудования. Специализированная аппаратура, мобильные приложения не только облегчают процесс мониторинга состояния пациентов, но и делают его более персонализированным, что способствует быстрой и эффективной реабилитации. Новые технологии позволяют минимизировать время на стационарное лечение и оптимизировать ресурсы. Искусственный интеллект выводит диагностику и лечение на новый уровень, предсказывая сложные клинические результаты с высокой точностью.

Ключевые слова: искусственный интеллект, опорно-двигательный аппарат, искусственные нейронные сети

Для цитирования: Ушакова Ю. А. Применение искусственного интеллекта при заболеваниях опорно-двигательного аппарата (обзор литературы) // Радиология — практика. 2025;4:81-91. https://doi.org/10.52560/2713-0118-2025-4-81-91

Источники финансирования

Исследование не финансировалось какими-либо источниками.

© Ушакова Ю. А., 2025

Конфликт интересов

Автор заявляет, что данная работа, ее тема, предмет и содержание не затрагивают конкурирующих интересов. Мнения, изложенные в статье, принадлежат автору рукописи. Автор подтверждает соответствие своего авторства международным критериям ICMJE.

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.

THE CONTINUED MEDICAL EDUCATION

Review article

Application of Artificial Intelligence in Diseases of the Musculoskeletal Systems (Literature Review)

Yulia A. Ushakova

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «I. P.Pavlov Ryazan State Medical University» of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Ryazan, Russia; https://orcid.org/0009-0001-7362-5461; jalekseeva97@bk.ru

Abstract

Aim. The analysis of scientific articles devoted to the use of artificial intelligence (AI) in diseases of the musculoskeletal system (ODE) to determine the effectiveness of the introduction of new technologies based on artificial intelligence.

Materials and Methods. For the literature review, the most cited studies on the use of AI in the diagnosis and treatment of ODE were selected, which are publicly available in scientific databases.

Results. The research described in the review of scientific articles demonstrates the great potential of artificial intelligence in the diagnosis of diseases of the musculoskeletal system and shows how it can be useful for doctors and patients.

Conclusion. The introduction of artificial intelligence in orthopedics opens up new horizons for improving the quality of medical care. Specialized equipment and mobile applications not only facilitate the monitoring of patients' condition, but also make it more personalized, which contributes to rapid and effective rehabilitation. New technologies make it possible to minimize hospital treatment time and optimize resources. Artificial intelligence advances diagnosis and treatment to a new level by predicting complex clinical outcomes with high accuracy.

Keywords: Artificial Intelligence, Musculoskeletal System, Artificial Neural Networks

For citation: Ushakova Y. A. The Use of Artificial Intelligence in Diseases of the Musculoskeletal System (Literature Review). *Radiology — Practice*. 2025;4:81-91. (In Russ.). https://doi.org/10.52560/2713-0118-2025-4-81-91

Funding

The study was not funded by any sources.

Conflicts of Interest

The author 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

author confirm the compliance of their authorship with the international ICMJE criteria (author 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

Заболевания опорно-двигательного аппарата (ОДА) имеют высокую распространенность по всему миру. По данным Всемирной организации здравоохранения, на 2021 г. более 1,71 млрд человек имеют проблемы с ОДА [1]. Диагностика различных патологических процессов данной группы заболеваний бывает затруднительной, поэтому разработка новых методов, помогающих установить точный диагноз, является весьма актуальной. Одной из новейших технологий диагностики и лечения является искусственный интеллект (ИИ), который обладает огромным потенциалом и предоставляет большую возможность для улучшения точности диагностики, прогнозирования и лечения заболеваний ОДА.

Цель: анализ научных статей, посвященных применению искусственного интеллекта при заболеваниях опорно-двигательного аппарата для определения эффективности внедрения новых технологий на основе искусственного интеллекта.

Материалы и методы

Для поиска литературы были использованы базы данных PubMed, Google Scholar, электронная библиотека Elibrary.

В обзор вошли часто цитируемые исследования, опубликованные за период с 2017 по 2023 г., которые содержат данные о применении ИИ при заболеваниях ОДА.

Поиск проведен по ключевым словам Artificial Intelligence (AI), Musculoskeletal System (MS), Artificial Neural Network (ANN), отобраны публикации на английском языке. Критерии исключения: повторяющиеся данные, отсутствие доступа к полному тексту статьи. Проверку публикаций на соответствие критериям включения/исключения выполняла автор статьи, изучая публикации на языке первоисточника. Всего для исследования было отобрано 24 источника.

Результаты исследования

Концепция сети передачи данных между физическими объектами объединяет умные устройства: компьютеры и носимые на человеке специализированные датчики (часы, фиксаторы), которые собирают и передают данные в систему искусственного интеллекта для интерпретации в ортопедии. Одно из приложений «Мобильное здравоохранение» (mobile Health) использует ИИ для передачи данных после тотальной артропластики коленного сустава на платформы дистанционного мониторинга пациентов. Оно собирает данные (количество пройденных шагов, амплитуду движений, выполнение упражнений дома) в режиме реального времени для оценки эффективности реабилитации

и персонализации дальнейшей тактики лечения [19]. Эта технология позволяет удаленно контролировать состояние ортопедического пациента и вовремя корректировать программу.

Носимые сенсорные устройства (WSD — Wearable Sensor Devices) и виртуальная реальность (VR — Virtual Reality) — это цифровые технологии, способные оценить ортопедическую помощь. WSD, включая умные часы, отслеживали движение, положение и жизненные показатели, способствуя здоровому образу жизни и удаленному мониторингу пациентов. Они позволили определить параметры походки. VR также может использоваться для дистанционной физической терапии (ФТ) у пациентов с артритом тазобедренного и коленного суставов, демонстрируя результаты, сопоставимые с результатами традиционной ФТ [2]. Эти технологии могут упростить оказание медицинской помощи, потенциально создавая гибрид: цифровую ортопедию.

В 2019 г. Bloomfield R. A., Williams H. A., Broberg J. S. и соавт. провели исследование, где изучили использование носимых датчиков в виде умных часов и машинного обучения для анализа функциональных показателей у пациентов с эндопротезированием коленного сустава. Группу из 68 пациентов, перенесших тотальную артропластику коленного сустава, оснастили носимой системой и поделили на 2 группы (46 и 22) на основании 55 показателей, которые получили в ходе хронометрических тестов до операции и на 2, 6 и 12-й нед наблюдения. С помощью алгоритма K-means пациенты были разделены на функциональные группы, которые проанализированы на предмет различий в показателях и улучшений в период раннего восстановления. Группа с большим улучшением (n = 22) сократила время тестирования на 4,94 с, в то время как в другой группе улучшение не превысило минимально значимого клинического различия. Данная работа поддерживает использование носимых датчиков и машинного обучения для определения клинически значимых параметров и улучшения функциональных показателей у пациентов с эндопротезированием коленного сустава [3].

Рентгенологи визуально просматривают десятки изображений и, основываясь на своих знаниях, опыте и понимании нормальной рентгенограммы, способны находить отклонения на основе изменений интенсивности изображений или появления новых структур. Hosny A., Parmar C., Quackenbush J. и соавт. в 2018 г. разработали автоматизированный метод выявления и обработки определенных признаков CADe (Computer-aided design) [9]. CADe сводит критерии, определенные рентгенологом, где компьютерные алгоритмы выделяют объекты на изображении, но эти алгоритмы являются специфичными для конкретной задачи и не обобщаются по заболеваниям и методам визуализации. Данный метод позволяет выявлять патологии ОДА с высокой точностью, а также повысить эффективность диагностики.

В одном из исследований Galbusera F., Casaroli J. и Bassani T., проведенном в 2019 г., описываются различные виды применения ИИ. Авторы утверждают, что методы, которые основываются на статистике (линейная регрессия, логистическая регрессия, классификатор Байеса), машины опорных векторов, древо решений классификаций и регрессий и др. помогают не только в диагностике заболеваний ОДА, но и в тактике лечения пациентов. Так, классификатор Байеса, основанный на одноименном законе, используется для классификации переломов позвонков. Древо решений классификаций и регрессий является более сложной моделью ИИ. Все эти методы ИИ помогают не только в определении расположения позвонков, дисков и формы позвоночника посредством анализа снимков компьютерной томографии (КТ), магнитно-резонансной томографии (МРТ), рентгенологического

исследования, но и в принятии решений в дальнейшей тактике лечения пациента путем представления возможных прогнозов [7].

Искусственные нейронные сети (ANN – Artificial Neural Network) с высокой степенью достоверности предсказывают госпитализацию, остроту и тяжесть травмы в травматологическом центре [5]. После сбора данных о госпитализациях за три года, обучения двухуровневой ANN с прямой связью и расчета коэффициента продуктивно-моментной корреляции Пирсона результаты показали высокую корреляцию 0,8732 между прогнозируемыми и фактическими данными. ANN успешно спрогнозировала объем и остроту травмы в нескольких медицинских центрах с высоким уровнем надежности, что может стать основой для распределения ресурсов как на уровне травматологической системы, так и на уровне отдельных больниц [8].

В 2015 г. Американский колледж хирургов представил NBATS (Needs Based Assessment of Trauma Systems — оценка потребностей систем травматологии) для определения оптимального количества травматологических центров. В данном исследовании оценивается NBATS-2 — с использованием расширенного географического моделирования — в крупной региональной травматологической системе [6]. Данные за 2016–2017 гг. о пациентах с тяжестью травмы > 15 баллов были собраны из регистра травматологических центров. Расположение травм и демографические показатели были проанализированы по почтовым индексам, а пространственное моделирование проводилось с помощью программы ArcGIS (ведущая технология географической информационной системы, которая интегрирует и связывает данные через географический контекст). Результаты дали понять, что добавление одного городского травматологического центра оказало минимальное влияние на охват профильных пострадавших, в то время как добавление двух сельских специализированных центров значительно увеличило реальную помощь пациентам. Геопространственное моделирование NBATS-2 может помочь в планировании травматологической системы, оценивая изменения в численности населения и охвате травматологическими услугами, а также потенциальные объемы и финансовые последствия.

В исследовании, проведенном в 2022 г. Lee K. C., Hsu C. C., Lin T. C. и соавт., использовалось машинное обучение для прогнозирования количества травматологических пациентов на основе многочисленных клинических признаков. Традиционные статистические методы с трудом справлялись с большими массивами данных и сложными переменными, но машинное обучение позволяло одновременно обрабатывать несколько переменных с большей предсказательной силой. Была создана краткосрочная модель с ограниченным количеством переменных для врачей скорой помощи и хирургов-травматологов. Тяжесть травмы и ее оценка являлись ключевыми прогностическими факторами. Проблемы включали неправильную классификацию возрастных групп, вариабельность исходов и несбалансированное распределение пациентов. Небольшое число пациентов с внебольничной остановкой сердца повлияло на прогностическую силу. В будущих исследованиях для повышения точности следует рассмотреть возможность отбора тяжелых пациентов, доставленных службами скорой медицинской помощи [15].

Данные корейских исследований показали оборудование VUNO (View the Invisible, Know the Unknown), основанное на искусственном интеллекте, определяющее возраст костей с помощью распознавания образов рентгеновских снимков, помогая диагностировать проблемы роста с разницей в среднем в 0,9 мес по сравнению с оценками врачей.

Ожидается, что устройство позволит сократить время, затрачиваемое врачами на анализ информации, и будет учиться на основе периодического обновления изображений. Еще три медицинских устройства с искусственным интеллектом проходят испытания при государственной поддержке развития передовых медицинских технологий [14].

Одним из наиболее часто встречающихся заболеваний ОДА является ревматоидный артрит (РА). В своем исследовании 2022 г. Momtazmanesh S., Nowroozi A., Rezaei N. дают понять, что ИИ помогает не только в диагностике и лечении данного заболевания, но и непосредственно участвует в первичной профилактике и реабилитации пациентов. Первичная профилактика сводится к выявлению группы риска, для этого используется такие методы ИИ, как «случайный лес» [18]. В настоящее время для диагностики ревматоидного артрита используется исследование определения антител к циклическому цитруллин-содержащему пептиду (АЦЦП). Но регрессионная модель ИИ с использованием совокупности белков организма позволяет проанализировать вероятность развития ревматоидного артрита у родственников первой линии. Авторы делают акцент на том, что при диагностике данной патологии имеет значение анализ «омики» (совокупность геномики, транскриптомики, протеомики, метаболомики, липидомики или метагеномики) с помощью методов ИИ. Это помогает оценить взаимосвязь различных биомолекул с развитием РА. Благодаря этому методу исследования была создана панель кодирующих РНК в сыворотке/плазме крови, которая позволяет точно установить диагноз РА. Это исследование показывает, насколько ИИ облегчает диагностику заболеваний опорно-двигательного аппарата.

Эффективность тотальной артропластики тазобедренного сустава повысилась благодаря совершенствованию хирургической техники и материалов для протезов, однако выбор типа протеза является сложной задачей из-за разнообразия конструкций. Технология глубокого обучения в искусственном интеллекте позволяет точно определять и диагностировать заболевания тазобедренного сустава и особенности их КТ-изображений, что делает ее эффективной для предоперационного планирования артропластики тазобедренного сустава [4, 12]. ИИ смог быстро и точно подобрать необходимую модель протеза, повышая эффективность предоперационного планирования и снижая количество послеоперационных осложнений.

В исследовании Jodeiri A., Zoroofi R. A., Hiasa Y. и соавт. в 2020 г. был опубликован новый метод точной оценки функционального наклона таза (ФНТ) для планирования тотальной артропластики тазобедренного сустава, направленный на снижение лучевой нагрузки на пациента. Метод сочетает в себе сеть Mask R-CNN (Mask Region-based Convolutional Neural Network) для сегментации формы таза и нейронную сеть для регрессии угла PSI, используя трансферное обучение и увеличение данных. Mask R-CNN с многозадачным обучением превосходит U-Net (нейронная сеть, предназначенная для быстрой и точной сегментации изображений), а каскадная система оценивает сагиттальный наклон таза (PSI – Pelvic Sagittal Inclination) с ошибкой 4,04° ± 3,39° для рентгенографических изображений [10]. Эта автоматическая и надежная оценка PSI может расширить возможности планирования развития тромбоэмболии легочной артерии (ТЭЛА) в больницах без КТ-сканирования.

Хирургическое лечение осложнений, связанных с пациентами, перенесшими эндопротезирование тазобедренного сустава, требует точной идентификации производителя и модели бедренного имплантата. Karnuta J. M., Haeberle H. S., Luu B. C., Roth A. L. и соавт. в 2020 г. ис-

следовали систему глубокого обучения, которая была запрограммирована на возможность классифицировать модели имплантатов тазобедренного сустава на основе рентгенограмм 1972–2017 гг. 1715 пациентов из 4 центров. Система точно распознала 18 моделей имплантатов с точностью 99,6 %, чувствительностью 94,3 % и специфичностью 99,8 %, продемонстрировав потенциал для точной идентификации имплантатов тазобедренного сустава и повышения качества медицинской помощи [11].

Позже, в 2022 г., Li Y-Y., Wang J-J., Huang S-H. и соавт. разработали компьютерную программу на основе машинного обучения для оценки риска осложнений у пациентов после операции на тазобедренном суставе [16]. Было установлено, что приложение, интегрированное в больничную систему, превосходит существующие методы в прогнозировании неблагоприятных исходов, таких как госпитальная смертность, острый инфаркт миокарда, инсульт и сепсис. Приложение показало более высокую точность в прогнозировании вероятности госпитализации в отделение интенсивной терапии и длительного пребывания в стационаре. Анестезиологи отметили высокую удовлетворенность веб-приложением.

В 2019 г. создана Лаборатория артропластики с машинным обучением (MLAL – Machine Learning Arthroplasty Laboratory), которая использует искусственный интеллект для медицины опорно-двигательного аппарата, преследуя две основные цели: ориентированный на пациента ценностный уход и движение человека [22]. Ramkumar P. N., Haeberle H. S., Bloomfield M. R. и соавт. в 2019 г. в MLAL разработали модели машинного обучения для эндопротезирования нижних конечностей, прогнозирующие такие показатели, как стоимость, продолжительность пребывания в больнице и показания к выписке, с учетом риска для конкретного пациента. Кроме того, они создали реестр данных о передвижении пациентов после тотальной артропластики коленного сустава для дистанционного мониторинга соблюдения терапии, результатов, приема лекарственных препаратов, подвижности и диапазона движения сустава. Работа MLAL демонстрирует ценность искусственного интеллекта в эндопротезировании, улучшая результаты лечения пациентов и практику ортопедии.

В исследовании, проведенном в 2019 г. Urakawa T., Tanaka Y., Goto S., Matsuzawa H., Watanabe K., Endo N., сравнивалась способность нейронной сети диагностировать межвертельные переломы бедренной кости на рентгенограммах проксимального отдела тазобедренной кости в ограниченных условиях с результатами работы хирургов-ортопедов [24]. Отобрали 3346 изображений тазобедренного сустава, которые использовали для сравнения работы CNN (Convolutional Neural Network) и врачей. Нейронная сеть имела более высокую точность, чувствительность и специфичность. Сеть может быть полезным инструментом для скрининга переломов, особенно в условиях, когда хирурги-ортопеды не всегда доступны.

Liu F., Zhou Z., Jang H. и соавт. в 2018 г. описали новый автоматизированный метод сегментации опорно-двигательного аппарата при МРТ коленного сустава с использованием SegNet (нейронная сеть, разработанная для классификации пикселей изображения в определенную категорию для детальной и точной сегментации) и 3D-симплексного деформируемого моделирования. Предложенный метод превзошел большинство современных методов сегментации на общедоступном наборе данных визуализации коленного сустава и продемонстрировал универсальность в сегментации как морфологических, так и количественных МР-изображений опорно-двигательного аппарата с различными тканевыми контрастами. Исследование показывает, что

комбинированный подход с использованием CNN и 3D-деформируемого моделирования полезен для быстрой и точной сегментации хряща и кости в коленном суставе и может найти перспективное применение в визуализации опорно-двигательного аппарата [17].

Боль в спине является распространенной проблемой, и ее диагностика часто включает в себя компьютерную томографию (КТ). Чтобы улучшить диагностику, Kim Y. J., Ganbold B., Kim K. W. в 2020 г. разработали веб-систему, использующую глубокое обучение для автоматической сегментации позвоночника из КТ-сканов [13]. Для этой модели взято 344 изображения. Оценка производительности включала такие критерии: чувствительность, коэффициент сходства Дайса (DSC — The Dice Similarity Coefficient). Предполагаемая система достигла высокой производительности при сегментации позвоночника. Также система доступна каждому и не требует специального оборудования.

Искусственный интеллект также используют для анализа стандартных рентгенограмм. В 2017 г. Olczak J., Fahlberg N., Maki A. и соавт. изучили использование глубокого обучения, разновидности искусственного интеллекта для классификации скелетных рентгенограмм в ортопедических учреждениях. Было получено 256 000 рентгенограмм запястья, кисти и голеностопа и поделено на четыре класса: перелом, смещение, часть тела и вид осмотра. Пять сетей глубокого обучения были отобраны и сравнены по точности. Установлено, что наилучшая сеть имеет точность 83 % для переломов, что соответствует мнению старших хирургов-ортопедов, и 90 % для оценки смещения, части тела и вида осмотра [20]. Несмотря на некоторые ограничения, такие как недостаточное количество данных и неоднозначность изображений, глубокое обучение показало многообещающие результаты при классификации ортопедических рентгенограмм. Потенциальное влияние этой технологии включает в себя крупномасштабный анализ изображений, выявление новых паттернов и помощь в классификации переломов. Исследование также подчеркивает необходимость улучшения маркировки изображений и использования нескольких изображений для классификации

Pranata Y., Wang K-C., Wang J-C. и соавт. в 2019 г. провели исследование по глубокому обучению и методу ускоренных надежных признаков SURF (Speeded-Up Robust Features) для автоматизированной классификации и обнаружения переломов пяточной кости на КТ-изображениях [21]. CNN (Convolutional Neural Network) были успешно использованы для классификации переломов, а SURF – для обнаружения областей переломов. КТ-изображения были разделены на переломы и без переломов, а затем были просмотрены врачами для сравнения. Метод показал высокую точность в классификации переломов пяточной кости и обнаружении их местонахождения на КТ. Время выполнения было также сокращено по сравнению с традиционными методами диагностики непосредственно врачами.

Шах Р. Ф., Бини С. А., Мартинес А. М. в 2020 г. исследовали методологию для точного и автоматического измерения толщины хряща коленного сустава на МРТ большой популяции пациентов, что важно для мониторинга остеоартрита (ОА). Авторы применили современные методы машинного обучения (МО). Результаты показали, что у здоровых женщин и пациентов с низким индексом массы тела (ИМТ) хрящ тоньше, чем у мужчин и пациентов с высоким ИМТ [23]. Также обнаружено, что дистальный бедренный хрящ значительно тоньше заднего хряща. Исследование подтвердило, что пожилые пациенты без ОА имеют более тонкий хрящ по сравнению с молодыми. Данные результаты были получены с помощью автоматизирован-

ной сегментации хряща, что обеспечило высокую эффективность анализа почти 4000 МРТ. Метод позволяет отслеживать прогрессирование заболевания в динамике и оценить методы лечения заболеваний суставного хряща.

Заключение

Исследования в области применения искусственного интеллекта при заболеваниях опорно-двигательного аппарата продолжаются, и представленные статьи подтверждают потенциал этой технологии в улучшении диагностики, лечения и реабилитации пациентов. Применение ИИ в медицине позволяет сократить время обработки данных, улучшить точность диагнозов и разработать индивидуальные подходы к лечению.

Современные технологии, такие как 3D-планирование и анализ данных, делают возможным своевременное выявление и лечение заболеваний, что позволяет повысить качество жизни пациентов. Геопространственное распределение госпитальных ресурсов в региональных травматологических системах позволяет оптимизировать распределение больниц, что, в свою очередь, улучшает доступ к важным медицинским услугам.

Кроме того, использование искусственного интеллекта для анализа рентгенограмм является перспективным направлением в диагностике заболеваний, повышает точность, определяют костный возраст с целью раннего выявления проблем роста, а также экономит время медицинского персонала, позволяя сосредоточиться на лечении. Веб-система сегментации позвоночника с использованием глубокого обучения является точным и эффективным инструментом, который может помочь врачам в диагностике болей в спине.

В дальнейшем развитии этой области необходимо учитывать эти исследования и стремиться к усовершенствованию ИИ-систем, способных улучшить результаты лечения и обеспечить более эффективное управление заболеваниями опорно-двигательного аппарата.

Список источников / References

1. Заболевания опорно-двигательного аппарата // Всемирная организация здравоохранения. URL: https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/musculoskeletal-conditions (дата обращения: 29.07.2024).
Musculoskeletal health. World Health Organization. URL: https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/musculoskeletal-conditions (date of application: 29.07.2024). (In Russ.).
2. Bini S. A., Schilling P. L., Patel S. P., Kalore N. V., Ast M. P., Maratt J. D., Schuett D. J., Lawrie C. M., Chung C. C., Steele G. D. Digital Orthopaedics: A Glimpse Into the Future in the Midst of a Pandemic. *J. Arthroplasty.* 2020;35(7S):S68-S73. https://doi.org/10.1016/j.arth.2020.04.048
3. Bloomfield R. A., Williams H. A., Broberg J. S., Lanting B. A., McIsaac K. A., Teeter M. G. Machine Learning Groups Patients by Early Functional Improvement Likelihood Based on Wearable Sensor Instrumented Preoperative Timed-Up-and-Go Tests. *J. Arthroplasty.* 2019;34(10):2267-2271. https://doi.org/10.1016/j.arth.2019.05.061
4. Cilla M., Borgiani E., Martínez J., Duda G. N., Checa S. Machine learning techniques for the optimization of joint replacements: Application to a short-stem hip implant. *PLoS One.* 2017;12(9):e0183755. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0183755
5. Dennis B. M., Stonko D. P., Callcut R. A., Sidwell R. A., Stassen N. A., Cohen M. J., Cotton B. A., Guillamondegui O. D. Artificial neural networks can predict trauma volume and acuity regardless of center size and geography: A multicenter study. *J. Trauma Acute Care Surg.* 2019;87(1):181-187. https://doi.org/10.1097/TA.0000000000002320

6. Dooley J. H., Ozdenerol E., Sharpe J. P., Magnotti L. J., Croce M. A., Fischer P. E. Location, location, location: Utilizing Needs-Based Assessment of Trauma Systems-2 in trauma system planning. *J. Trauma Acute Care Surg.* 2020;88(1):94-100. https://doi.org/10.1097/TA.0000000000002463
7. Galbusera F., Casaroli G., Bassani T. Artificial intelligence and machine learning in spine research. *JOR Spine.* 2019;2(1): e1044. https://doi.org/10.1002/jsp2.1044
8. Ghaffar Nia N., Kaplanoglu E., Nasab A. Evaluation of artificial intelligence techniques in disease diagnosis and prediction. *J. Discov Artif Intell.* 2023;3(5). https://doi.org/10.1007/s44163-023-00049-5
9. Hosny A., Parmar C., Quackenbush J., Schwartz L. H., Aerts H. J. W. L. Artificial intelligence in radiology. Nat Rev Cancer. 2018;18(8):500-510. https://doi.org/10.1038/s41568-018-0016-5
10. Jodeiri A., Zoroofi R. A., Hiasa Y., Takao M., Sugano N., Sato Y., Otake Y. Fully automatic estimation of pelvic sagittal inclination from anterior-posterior radiography image using deep learning framework. *Comput Methods Programs Biomed.* 2020;184:105282. https://doi.org/ 10.1016/j.cmpb.2019.105282
11. Karnuta J. M., Haeberle H. S., Luu B. C., Roth A. L., Molloy R. M., Nystrom L. M., Piuzzi N. S., Schaffer J. L., Chen A. F., Iorio R., Krebs V. E., Ramkumar P. N. Artificial Intelligence to Identify Arthroplasty Implants From Radiographs of the Hip. *J. Arthroplasty.* 2021;36(7S):S290-S294.e1. https://doi.org/10.1016/j.arth.2020.11.015
12. Karnuta J. M., Navarro S. M., Haeberle H. S., Billow D. G., Krebs V. E., Ramkumar P. N. Bundled Care for Hip Fractures: A Machine-Learning Approach to an Untenable Patient-Specific Payment Model. *J. Orthop Trauma.* 2019;33(7):324-330. https://doi.org/10.1097/BOT.0000000000001454
13. Kim Y. J., Ganbold B., Kim K. G. Web-Based Spine Segmentation Using Deep Learning in Computed Tomography Images. *Healthc Inform Res.* 2020;26(1):61-67. https://doi.org/10.4258/hir.2020.26.1.61
14. Lee Han-soo. Ministry approves Korea's first AI-based medical device. *Korea Biomedical Review.* URL: https://www.koreabiomed.com/news/articleView.html?idxno=3294 (date of application: 29.07.2024).
15. Lee K. C., Hsu C. C., Lin T. C., Chiang H. F., Horng G. J., Chen K. T. Prediction of Prognosis in Patients with Trauma by Using Machine Learning. *Medicina* (Kaunas). 2022;58(10):1379. https://doi.org/10.3390/medicina58101379
16. Li Y. Y., Wang J. J., Huang S. H., Kuo C. L., Chen J. Y., Liu C. F., Chu C. C. Implementation of a machine learning application in preoperative risk assessment for hip repair surgery. *BMC Anesthesiol.* 2022;22(1):116. https://doi.org/10.1186/s12871-022-01648-y
17. Liu F., Zhou Z., Jang H., Samsonov A., Zhao G., Kijowski R. Deep convolutional neural network and 3D deformable approach for tissue segmentation in musculoskeletal magnetic resonance imaging. *Magn Reson Med.* 2018;79(4):2379-2391. https://doi.org/10.1002/mrm.26841
18. Momtazmanesh S., Nowroozi A., Rezaei N. Artificial Intelligence in Rheumatoid Arthritis: Current Status and Future Perspectives: A State-of-the-Art Review. *Rheumatol Ther.* 2022;9(5):1249-1304. https://doi.org/10.1007/s40744-022-00475-4
19. Myers T. G., Ramkumar P. N., Ricciardi B. F., Urish K. L., Kipper J., Ketonis C. Artificial Intelligence and Orthopaedics: An Introduction for Clinicians. *J. Bone Joint Surg Am.* 2020;102(9):830-840. https://doi.org/ 10.2106/JBJS.19.01128
20. Olczak J., Fahlberg N., Maki A., Razavian A. S., Jilert A., Stark A., Sköldenberg O., Gordon M. Artificial intelligence for analyzing orthopedic trauma radiographs. *Acta Orthop.* 2017;88(6): 581-586. https://doi.org/10.1080/17453674.2017.1344459

21. Pranata Y. D., Wang K. C., Wang J. C., Idram I., Lai J. Y., Liu J. W., Hsieh I. H. Deep learning and SURF for automated classification and detection of calcaneus fractures in CT images. *Comput Methods ProgramsBiomed.*2019;171:27-37.https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2019.02.006
22. Ramkumar P. N., Haeberle H. S., Bloomfield M. R., Schaffer J. L., Kamath A. F., Patterson B. M., Krebs V. E. Artificial IntelligenceandArthroplastyataSingleInstitution: Real-World Applications of Machine Learning to Big Data, Value-Based Care, Mobile Health, and Remote Patient Monitoring. *J. Arthroplasty.* 2019;34(10):2204-2209. https://doi.org/10.1016/j.arth.2019.06.018
23. Shah R. F., Martinez A. M., Pedoia V., Majumdar S., Vail T. P., Bini S. A. Variation in the Thickness of Knee Cartilage. The Use of a Novel Machine Learning Algorithm for Cartilage Segmentation of Magnetic Resonance Images. *J. Arthroplasty.* 2019;34(10):2210-2215. https://doi.org/10.1016/j.arth.2019.07.022
24. Urakawa T., Tanaka Y., Goto S., Matsuzawa H., Watanabe K., Endo N. Detecting intertrochanteric hip fractures with orthopedist-level accuracy using a deep convolutional neural network. *Skeletal Radiol.* 2019;48(2):239-244. https://doi.org/10.1007/s00256-018-3016-3

Сведения об авторе / Information about the author

Ушакова Юлия Алексеевна, студентка 6 курса ФГБОУ ВО «Рязанский государственный медицинский университет имени академика И. П. Павлова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Рязань, Россия.
Вклад автора в публикацию: формирование концепции, написание текста статьи, сбор материала, анализ литературы.

Ushakova Yulia Alekseevna, 6th year student Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «I. P. Pavlov Ryazan State Medical University» of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Ryazan, Russia
Author's contribution: conceptualization, writing the text draft, collection of material, writing the text of the article.

Статья поступила в редакцию 10.04.2025;
одобрена после рецензирования 19.05.2025;
принята к публикации 19.05.2025.

The article was submitted 10.04.2025;
approved after reviewing 19.05.2025;
accepted for publication 19.05.2025.

Check for updates

КЛИНИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ И КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

Клиническое наблюдение
УДК 616.711-021
https://doi.org/10.52560/2713-0118-2025-4-92-100

Возможности конусно-лучевой компьютерной томографии при планировании хирургической коррекции возрастных изменений мягких тканей лица и шеи (клиническое наблюдение)

Секина Мурадовна Алимова[1], Омар Надирович Адигезалов[2], Виктор Павлович Трутень[3], Татьяна Сергеевна Гусева[4]

[1, 2] Клиника «Свой метод», г. Москва, Россия

[1] ФГБУН «Комплексный научно-исследовательский институт им. Х. И. Ибрагимова» Российской академии наук, г. Грозный, Россия

[3] ГБОУ ВО «Российский университет медицины» Минздрава России, кафедра лучевой диагностики стоматологического факультета НОИ стоматологии имени А. И. Евдокимова, г. Москва, Россия

[4] ПМГМУ им. И. М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский университет), г. Москва, Россия

[1] https://orcid.org/0000-0001-8602-7826

[2] https://orcid.org/0009-0004-2256-6117

[3] https://orcid.org/0000-0002-0635-4438

[4] https://orcid.org/0000-0001-9844-9989

Автор, ответственный за переписку: Секина Мурадовна Алимова, alimova-sekina@yandex.ru

Аннотация

В статье рассматривается роль конусно-лучевой компьютерной томографии (КЛКТ) при планировании методов хирургической коррекции возрастных изменений лица и шеи.

Цель исследования. Продемонстрировать возможности КЛКТ при визуализации возрастных изменений мягких тканей лица и шеи.

Материалы и методы. Пациентке К., 59 лет, для визуализации и оценки степени выраженности возрастных изменений мягких тканей лица и шеи на предоперационном этапе проведена конусно-лучевая компьютерная томография (КЛКТ).

Результаты. При проведении КЛКТ лица и шеи был диагностирован выраженный избыток жировой ткани в нижней трети лица, подподбородочной области и передней поверхности шеи, визуализировалось провисание и неровность контуров подкожной мышцы

© Алимова С. М, Адигезалов О. Н., Трутень В. П., Гусева Т. С., 2025

шеи, а также провисание передних брюшек двубрюшной мышцы. Учитывая результаты исследования, проведена хирургическая коррекция.

Заключение. Сочетание визуализации мягких тканей при помощи КЛКТ и стандартных методов хирургической коррекции дают возможность для получения предсказуемых результатов лечения у пациентов с выраженными возрастными изменениями.

Ключевые слова: конусно-лучевая компьютерная томография, возрастные изменения мягких тканей лица и шеи, хирургическая коррекция

Для цитирования: Алимова С. М., Адигезалов О. Н., Трутень В. П., Гусева Т. С. Возможности конусно-лучевой компьютерной томографии при планировании хирургической коррекции возрастных изменений мягких тканей лица и шеи (клиническое наблюдение) // Радиология — практика. 2025;4:92-100. https://doi.org/10.52560/2713-0118-2025-4-92-100

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.

CLINICAL REVIEWS AND SHORT REPORTS

Clinical Case

Possibilities of Cone Beam Computed Tomography in Planning Surgical Correction of Age-related Changes in Soft Tissues of the Face and Neck (Clinical Case)

Sekina M. Alimova[1], Omar N. Adigezalov[2], Victor P. Truten[3], Tatiana S. Guseva[4]

[1, 2] Klinika «Svoy metod», Moscow, Russia

[1] Kh. Ibragimov Complex Institute of the Russian Academy of Sciences (CI RAS), Grozny, Russia

[3] Russian University of Medicine, Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russia

[4] I. M. Sechenov First Moscow State Medical University, Ministry of Health of the Russian Federation (Sechenov University), Moscow, Russia

[1] https://orcid.org/0000-0001-8602-7826

[2] https://orcid.org/0009-0004-2256-6117

[3] https://orcid.org/0000-0002-0635-4438

[4] https://orcid.org/0000-0001-9844-9989

Corresponding author: Sekina M. Alimova, alimova-sekina@yandex.ru

Abstract

The article discusses the role of cone beam computed tomography (CBCT) in planning methods of surgical correction of age-related changes in the face and neck.

Aim. Demonstration of the capabilities of CBCT in visualizing age-related changes in the soft tissues of the face and neck.

Materials and Methods. Patient K., 59 years old, underwent cone beam computed tomography (CBCT) to visualize and assess the severity of age-related changes in the soft tissues of the face and neck.

Results. During CBT of the face and neck, pronounced excess of adipose tissue was diagnosed in the lower third of the face, the subcutaneous region and the anterior surface of the neck, sagging of the subcutaneous muscle of the neck and uneven contours, as well as sagging of the anterior peritoneum muscles were visualized. Taking into account the results of the study, surgical correction was performed.

Conclusion. The combination of soft tissue imaging using CBCT and standard surgical correction methods makes it possible to obtain predictable treatment results in patients with pronounced age-related changes.

Keywords: Cone Beam Computed Tomography, Age-Related Changes in the Soft Tissues of the Face and Neck, Surgical Correction

For citation: Alimova S. M., Adigezalov O. N., Truten V. P., Guseva T. S. Possibilities of Cone Beam Computed Tomography in Planning Surgical Correction of Age-related Changes in Soft Tissues of the Face and Neck (Clinical Case). *Radiology — Practice*. 2025;4:92-100. (In Russ.). https://doi.org/10.52560/2713-0118-2025-4-92-100

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

Одним из важных факторов, отличающих молодую внешность от состарившейся, является состояние и контуры мягких тканей нижней трети лица и шеи. Определяющими факторами при этом являются форма нижней челюсти, положение подъязычной кости, количество и распределение жировой ткани, положение подкожной мышцы шеи и двубрюшной мышцы, лордоз шейного отдела позвоночника [5]. В силу сложной анатомии и вариабельности возрастных изменений [14] нижняя треть лица и шея требуют особого внимания при выборе методов коррекции. В связи с этим необходимо выявление анатомических особенностей до операции, что позволит разработать план хирургического вмешательства и добиться хорошего послеоперационного результата. Из существующих методов диагностики конусно-лучевая компьютерная томография (КЛКТ) имеет преимущества для визуализации мягких тканей лица и шеи из-за проведения исследования в вертикальном положении, а также благодаря усовершенствованиям в технике проведения исследования [1, 2]. В этой статье рассматривается роль конусно-лучевой компьютерной томографии (КЛКТ) при планировании методов хирургической коррекции лица и шеи.

Цель: продемонстрировать возможности КЛКТ при визуализации возрастных изменений мягких тканей лица и шеи.

Клиническое наблюдение

Пациентка К., 59 лет, обратилась с жалобами на возрастные изменения лица и шеи, «второй» подбородок, избытки кожи в области нижней трети лица и шеи. Диагноз по МКБ-10: L57.4 — старческая атрофия кожи.

При осмотре: снижение тургора кожи, множество мелких морщин и складок лица и шеи, сглаженный шейно-подбородочный угол, выраженные избытки мягких тканей в области лица, шеи, подподбородочной области, передней и боковой поверхностей шеи (рис. 1, *а, б*).

На предоперационном этапе из-за наличия у пациентки выраженных изменений, невозможности при помощи осмотра и пальпации определить причины инволютивных изменений проведена конусно-лучевая компьютерная томография. Обследование проводилось в вертикальном положении пациента с использованием стоматологического томографа фирмы GENORAY «Volux55» (Южная Корея) с полем обзора (FOV) 16 × 14 см. Во время проведения исследования горизонтальную линию лазерного луча выставляли по линии смыкания губ, вертикальную – по линии, проходящей через козелок ушной раковины. Размер воксела 75–400 мкм, напряжение на трубке 60 кВ, сила тока 12 мА, экспозиция 29 с. Подставку для подбородка во время исследования убирали с целью устранения компрессии на мягкие ткани подподбородочной области.

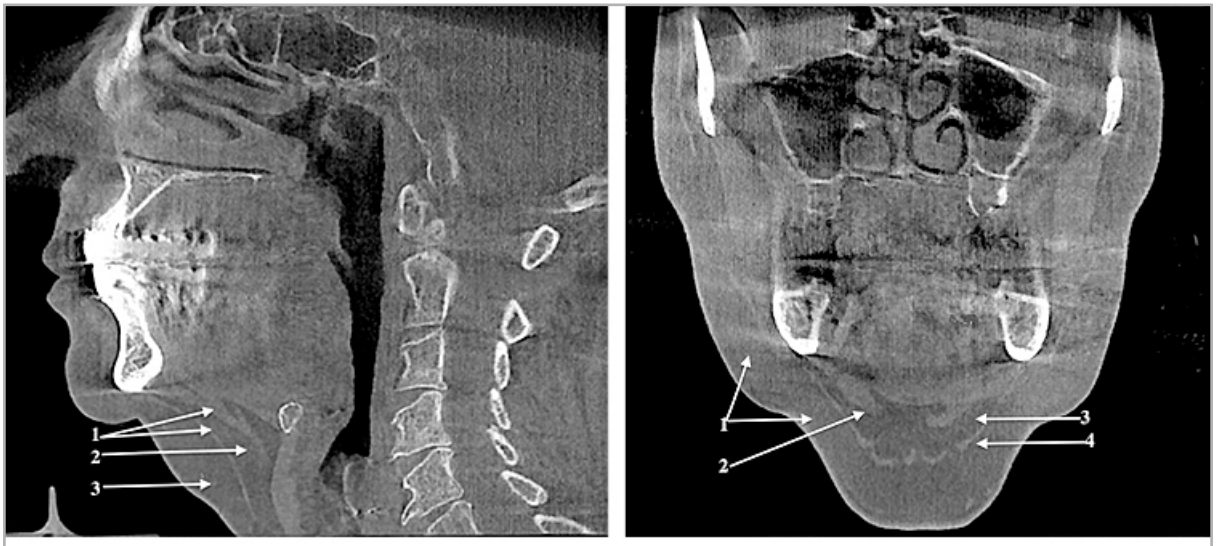
При проведении КЛКТ нижней трети лица и шеи был диагностирован выраженный избыток жировой ткани в нижней трети лица, подподбородочной области и шеи, жировая ткань была расположена над и под подкожной мышцей шеи, визуализировалось провисание подкожной мышцы шеи и неровность контуров, а также провисание передних брюшек двубрюшной мышцы (рис. 2, *а, б*).

После обследования, учитывая клинико-рентгенологические данные, составлен план хирургической коррекции лица и шеи в следующем объеме: медиальная платизмопластика в сочетании с липосакцией нижней трети лица и шеи, ушивание передних брюшек двубрюшных мышц, SMAS-подтяжка.

Послеоперационный период протекал без осложнений. Швы удалены

а б

Рис. 1. Фотографии пациентки в прямой *(а)* и боковой проекциях *(б)*



а б

Рис. 2. КЛКТ нижней трети лица и шеи в сагиттальной *(а)* и коронарной *(б)* плоскостях. На томограмме в сагиттальной плоскости *(а)* — провисание листков подкожной мышцы шеи *(1)*, избыточное скопление жировой ткани над *(3)* и под *(2)* подкожной мышцей шеи. На томограмме в коронарной плоскости *(б)* — неровные контуры и тяжи подкожной мышцы шеи *(4)*, избыточное скопление жировой ткани в области нижней трети лица и шеи (1) и под подкожной мышцей шеи *(3)*, провисание передних брюшек двубрюшной мышцы

на 10–14-е сутки, сохраняются незначительные отеки и неровности контуров мягких тканей лица и шеи, которые будут нивелироваться в течение 2–3 месяцев. Несмотря на выраженные возрастные изменения, благодаря точной диагностике и планированию получен хороший эстетический результат (рис. 3, *а, б*).

Обсуждение

В данном исследовании нашей целью было изучить влияние предоперационной КЛКТ-визуализации на результат коррекции при выраженных возрастных изменениях. У таких пациентов предоперационная диагностика особенно актуальна, так как качество результатов омоложения определяет-

а б

Рис. 3. Фотографии пациентки в прямой *(а)* и боковой *(б)* проекциях. Результат хирургической коррекции лица и шеи через 2 месяца. Отмечается улучшение контуров нижней трети лица и шеи, подподбородочной области

ся правильностью вмешательства. Использование КЛКТ позволяет получать больше объективной информации, чем традиционные методы исследования. К примеру, мультиспиральная компьютерная томография (МСКТ) и магнитно-резонансная томография (МРТ) имеют особенности при визуализации мягких тканей лица и шеи из-за горизонтального положения пациента во время исследования, так как изменения положения тела влияют на смещаемость тканей [3, 8, 9, 11, 12]. Ультразвуковая визуализация позволяет получить точную оценку состояния мягких тканей в режиме реального времени без смещения на пред- и послеопрационном этапе [4, 6, 16], но недостатком является оператор-зависимость исследования, отсутствие общей картины визуализации всех структур лица и шеи, которые могут вызывать деформацию данных областей.

Известно, что изменения в области лица и шеи носят многофакторный характер и методы визуализации должны отображать все особенности. Meira P. A. и соавт. в своем исследовании отмечают влияние возраста, индекса массы тела (ИМТ) и пола на опущение и наклонение вперед подъязычной кости. Авторы указывают на необходимость дополнительных исследований для оценки соотношения положения подъязычной кости в вертикальном положении и на спине [10]. Setvaji N. R. и Muthuswamy P. S. в своем исследовании описывают важность учитывания у пациентов асимметрий лица, особенно связанных с взаимодействием твердых и мягких тканей при помощи конусно-лучевой компьютерной томографии на предоперационном этапе [15]. Результаты этих исследований указывают на важность выбора правильного метода исследования при планировании эстетических вмешательств в области лица и шеи.

Также немаловажным фактором при проведении исследования является низкая доза лучевой нагрузки. В своем исследовании Elegbede A. и соавт. послеоперационные компьютерные томографии проводили с использованием низкодозного протокола. Средняя доза облучения (общее произведение дозы на длину) от протокола с низкой дозой составила 71 мГр/см против 532 мГр/см для предоперационных сканирований, полученных с использованием обычных протоколов. Было установлено, что низкодозные компьютерные томографии

обеспечивают удовлетворительное качество изображения, и ни одному пациенту не потребовалась повторная компьютерная томография из-за плохого качества изображения [7].

В эстетической хирургии лица и шеи немаловажным фактором является и то, что при использовании КЛКТ проводится оценка состояния лица и шеи послойно от кожи до костей лицевого скелета, а также имеется возможность получения трехмерной визуализации челюстно-лицевой области, обеспечивая точность при планировании операций [13]. В клинических условиях эти результаты могут помочь прояснить причины, участвующие в старении лица и шеи.

Данное клиническое наблюдение демонстрирует возможности КЛКТ при визуализации мягких тканей лица и шеи и о необходимости более широкой интеграции КЛКТ в клиническую практику.

Заключение

Сочетание визуализации мягких тканей при помощи КЛКТ и стандартных методов хирургической коррекции дают возможность получения предсказуемых результатов лечения у пациентов с выраженными возрастными изменениями, снижает риски осложнений и повторных вмешательств, а это имеет важное медицинское и социальное значение.

Список источников / References

1. Алимова С. М., Трутень В. П., Шаробаро В. И. Способ исследования состояния мягких тканей средней и нижней трети лица, шеи при помощи конусно-лучевой компьютерной томографии. Патент РФ на изобретение № 2774583; номер заявки 2021135738; RU 2 774 583 C1.
   Alimova S. M., Truten V. P., Sharobaro V. I. Method for Examining the State of Soft Tissues of the Middle and Lower Third of the Face, Neck Using Cone-Beam Computed Tomography. Application: 2021135738; RU 2 774 583 C1. (In Russ.).
2. Alimova S. M., Sharobaro V. I., Avdeev A. E., Sidorenkov D. A., Guseva T. S. Cone-Beam Computed Tomography for Objective Diagnosis of Age-Related Soft-Tissue Changes in Lower Face and Neck. *Aesth Plast Surg*. 2023;47(6):2370-2377. https://doi.org/10.1007/s00266-023-03401-3
3. Alimova S., Sharobaro V., Yukhno A., Bondarenko E. Possibilities of Ultrasound Examination in the Assessment of Age-Related Changes in the Soft Tissues of the Face and Neck: A Review. *Applied Sciences*. 2023;13(2):1128. https://doi.org/10.3390/app13021128
4. Arcazas Junior A., Pino D. S., Panzarella F. K., Rocha T. de C., Dias F. J. de N., Pinto S. A. de A. Diagnostic ultrasonography: follow-up of the cicatricial process after cervicomental fat liposuction. *RGO, Rev Gaúch Odontol*. 2023;71:e20230058. http://dx.doi.org/10.1590/1981-8637202300582023003
5. Auersvald L. A., Auersvald A. Sternohyoid muscles plication and sternocleidomastoid muscles rejuvenation in neck lift: a retrospective study of 1,019 consecutive patients. *Plast Aesthet Res*. 2021;8:4. http://dx.doi.org/10.20517/2347-9264.2020.187
6. Casabona G., Frank K., Koban K., Schenck T., Lopez V. P., Webb K. L., Hamade H., Freytag D. L., Green J. B., Cotofana S. Influence of Age, Sex, and Body Mass Index on the Depth of the Superficial Fascia in the Face and Neck. *Dermatol Surg*. 2019; 45(11):1365-1373. https://doi.org/10.1097/dss.0000000000001909
7. Elegbede A., Diaconu S., Dreizin D., Li G., Dunlow R., Ngaage L. M., Rasko Y., Liang F., Grant M. P., Nam A. J. Low-Dose Computed Tomographic Scans for Postoperative Evaluation of Craniomaxillofacial Fractures: A Pilot Clinical Study. *Plast Reconstr Surg*. 2020; 146(2):366-370. https://doi.org/10.1097/prs.0000000000007017

8. Gierloff M., Stöhring C., Buder T., Wiltfang J. The subcutaneous fat compartments in relation to aesthetically important facial folds and rhytides. *J. Plast Reconstr Aesthet Surg*. 2012;65(10):1292-1297. https://doi.org/10.1016/j.bjps.2012.04.047
9. Li H., Zhao H., Chen X., Hao L., Luo S. Application of three-dimensional technology in evaluating the lower face lifting by regional platysma injection with botulinum toxin-A. *Aesth Plast Surg*. 2022;46(5):2480-2487. https://doi.org/10.1007/s00266-02102743-0
10. Meira Pazelli A., Shehab A. A., Rames J. D., Hussein S. M., Bustos S. S., Sears V. A., Wentworth A. J., Morris J. M., Sharaf B. A. Hyoid Position and Aging: A Comprehensive Analysis Using AI-assisted Segmentation of 282 Computed Tomography Scans. *Plast Reconstr Surg Glob Open*. 2024;6;12(9):e6119. https://doi.org/10.1097/gox.0000000000006119
11. Oh S. M., Kim B. C., Hong G. W., Jung W. Changes in the neck tissue layers during pinch manipulation: implications for lipolytic deoxycholate injections for double chin. *J. Cosmet Dermatol*. 2022;21(9):3754-3758. https://doi.org/10.1111/jocd.14696
12. Orra S., Tadisina K., Charafeddine A., Derakhshan A., Halliburton S., Hashem A., Doumit G., Zins J. E. The Effect of Age on Fat Distribution in the Neck Using Volumetric Computed Tomography. *Plast and Reconstr Surg*. 2021;147(1):49-55. http://dx.doi.org/10.1097/PRS.0000000000007424
13. Park H. S., Hyun C. M., Lee S.-H., Seo J. K., Jeon K. Automatic 3D Registration of Dental CBCT and Face Scan Data Using 2D Projection Images. *IEEE Access*, 2024;101289-101298. http://dx.doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3431673
14. Raju V. R. Analysis of anatomy of head and neck: A study through empirical part-I. *IP Indian J Anat Surg Head Neck Brain*. 2022;8(4):124-128. https://doi.org/10.18231/j.ijashnb.2022.030
15. Setvaji N. R., Muthuswamy Pandian S. Evaluation of Soft Tissue Compensations in Subjects With Facial Asymmetry Using Cone Beam Computed Tomography (CBCT): A Retrospective Study. *Cureus*. 2024;16(1):e52601. https://doi.org/10.7759/cureus.52601
16. Zhang M., Yang Y., Shi Y., Dong R., Chong Y., Li Z., Jin L., Huang J., Yu N., Long X. A Comprehensive Ultrasound Investigation of Lower Facial and Neck Structure. *Aesthetic Plast Surg*. 2025;49(1):1-12. https://doi.org/10.1007/s00266-024-04313-6

Сведения об авторах / Information about the authors

Алимова Секина Мурадовна, кандидат медицинских наук, врач-пластический хирург клиники «Свой метод», Москва, Россия; старший научный сотрудник ФГБУН «Комплексный научно-исследовательский институт им. Х. И. Ибрагимова» Российской академии наук, г. Грозный, Россия.
Вклад автора: формирование концепции, авторский надзор, целостность всех частей статьи и ее окончательный вариант.

Alimova Sekina Muradovna, M. D., Ph. D., Plastic surgeon, Klinika «Svoy metod», Moscow, Russia; Senior Research Scientist, H. I. Ibragimov Integrated Research Institute of the Russian Academy of Sciences, Grozny, Russia.
Author's contribution: formation of the concept, author's supervision, the integrity of all parts of the article and its final version.

Адигезалов Омар Надирович, кандидат медицинских наук, врач-пластический хирург клиники «Свой метод», Москва, Россия.
Вклад автора: написание текста статьи, работа с изображениями и подрисуночными надписями.

Adigezalov Omar Nadirovich, M. D., Ph. D., Plastic surgeon, Klinik «Svoy metod», Moscow, Russia.
Author's contribution: writing the text of an article, working with images and captions.

Трутень Виктор Павлович, доктор медицинских наук, врач-рентгенолог, профессор кафедры радиологии Российского медицинского университета Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, Россия.
Вклад автора: формальный анализ, визуализация, редактирование.

Truten Victor Pavlovich, M. D., D. Med. Sc., Professor, Department of Radiology, Russian University of Medicine, Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russia.
Author's contribution: formal analysis, visualization, editing.

Гусева Татьяна Сергеевна, кандидат медицинских наук, ассистент кафедры спортивной медицины и медицинской реабилитации Первого Московского государственного медицинского университета им. И. М. Сеченова (Сеченовский университет), Москва, Россия.
Вклад автора: поиск публикаций по теме, анализ литературы.

Guseva Tatiana Sergeevna, M. D. Ph. D., Assistant, Department of Sports Medicine and Medical Rehabilitation, I. M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russia.
Author's contribution: search for publications on the topic, literature analysis.

Статья поступила в редакцию 29.03.2025;
одобрена после рецензирования 02.06.2025;
принята к публикации 04.06.2025.

The article was submitted 29.03.2025;
approved after reviewing 02.06.20255;
accepted for publication 04.06.2025.

Check for updates

КЛИНИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ И КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

Клиническое наблюдение
УДК 616.8-07
https://doi.org/10.52560/2713-0118-2025-4-101-110

Феномен «ликворного факела» как маркер внутричерепного давления у младенца с внутрижелудочковым кровоизлиянием. Клиническое наблюдение

Елена Борисовна Ольхова[1], Руслан Аликович Васин[2], Анна Геннадьевна Шандра[3], Максим Александрович Красников[4]

[1] ФГБОУ ВО «Российский университет медицины» Министерства здравоохранения Российской Федерации НОИ стоматологии им. А. И. Евдокимова, Москва, Россия

[2, 4] ГУЗ «Областная детская больница», г. Липецк, Россия

[1, 3] ГБУЗ «Детская городская клиническая больница святого Владимира Департамента здравоохранения города Москвы», Москва, Россия

[1] http://orcid.org/0000-0003-3757-8001

[2] https://orcid.org/0000-0002-9240-6627

[3] https://orcid.org/0000-0001-9203-0677

[4] https://orcid.org/0009-0007-3821-9218

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

Аннотация

Феномен допплеровской регистрации ликвородинамики у младенцев с внутрижелудочковыми кровоизлияниями и менингитом описан Winkler P. в 1991 г., но широкого внимания медицинского сообщества не привлек и остается малоизвестным специалистам ультразвуковой диагностики.

Цель исследования. Демонстрация редкого эхографического феномена – ликворного факела у ребенка с внутрижелудочковым кровоизлиянием в динамике заболевания.

Материалы и методы. Представлено клиническое наблюдение внутрижелудочкового кровоизлияния III степени слева у доношенного ребенка. Представлены данные нейросонографии с оценкой феномена ликворного факела в цветовом и импульсно-волновом допплеровских режимах.

Результаты. Динамическое эхографическое наблюдение показало нарастание вентрикуломегалии с параллельным изменением паттерна ликворного факела с респираторно-синхронизированного на кардиосинхронизированный. На 31-е сут жизни через 30 мин после вентрикулостомии и имплантации субгалеального дренажа на фоне релаксации боль-

© Ольхова Е. Б., Васин Р. А., Шандра А. Г., Красников М. А., 2025

шого родничка при УЗ-оценке определялось восстановление респираторно-синхронизированного паттерна ликворного факела. Наблюдение дополнено архивными материалами.

Заключение. Представленное клиническое наблюдение и архивные УЗ-данные позволяют предположить, что вариант синхронизации спонтанного паттерна феномена ликворного факела может иметь определенное значение для оценки внутричерепной гипертензии. Безусловно, данное предположение нуждается в дальнейшем исследовании, накоплении клинического материала и его обобщении.

Ключевые слова: ликворный факел, внутрижелудочковое кровоизлияние, ультразвуковая диагностика, допплер

Для цитирования: Ольхова Е. Б., Васин Р. А., Шандра А. Г., Красников М. А. Феномен «ликворного факела» как маркер внутричерепного давления у младенца с внутрижелудочковым кровоизлиянием. Клиническое наблюдение // Радиология — практика. 2025;4:101-110. https://doi.org/10.52560/2713-0118-2025-4-101-110

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).

Ольхова Е. Б., доктор медицинских наук, профессор, является 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.

CLINICAL REVIEWS AND SHORT REPORTS

Short report

Cerebrospinal Fluid Flow Jet Phenomenon as a Mark of Intracranial Pressure in an Infant with Intraventricular Hemorrhage. Clinical Observation

Elena B. Olkhova[1], Ruslan A. Vasin[2], Anna G. Shandra[3], Maxim A. Krasnikov[4]

[1] Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Russian University of Medicine» of the Ministry of Health of the Russian Federation (FSBEI HE «ROSUNIMED» of MOH of Russia), Moscow, Russia

[2, 4] State Healthcare Institution of Regional Children's Hospital, Lipeck, Russia

[1, 3] Clinical Municipal Children Hospital St. Vladimir of the Department of Healthcare of Moscow, Moscow, Russia

[1] http://orcid.org/0000-0003-3757-8001

[2] https://orcid.org/0000-0002-9240-6627

[3] https://orcid.org/0000-0001-9203-0677

[4] https://orcid.org/0009-0007-3821-9218

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

Abstract

The phenomenon of cerebrospinal fluid (CSF) flow jet dynamics using color doppler imaging in infants with intraventricular hemorrhages and meningitis was described by Winkler P. in 1991, but it did not attract widespread attention to the medical community and remains obscure for ultrasound diagnostics specialists.

Objective. CSF flow jet as a rare echographic phenomenon in infant with intraventricular hemorrhage dynamics in an infant.

Materials and Methods. A clinical case of the grade III left-sided intraventricular hemorrhage in a premature neonate is presented. Neurosonography data are presented by color-coded and pulse-wave Doppler modes in evaluation of the CSF flow jet phenomenon.

Results. Dynamic echographic observation demonstrated a ventriculomegaly increase with a parallel change in CSF flow from respiratory synchronized to cardio synchronized pattern. On the 31st day of life, 30 minutes after ventriculostomy and implantation of subgaleal drainage, retrieval of the respiratory-synchronized pattern of the CSF flow jet was determined during ultrasound evaluation through relaxation of a major fontanel. The observation was supplemented with archival materials.

Conclusion. The presented clinical observation and archival ultrasound data speculate concerning that the type of synchronizing spontaneous pattern of the CSF flow jet phenomenon have a specific importance for evaluation intracranial hypertension. Certainly, this hypothesis needs further investigation, accumulation of clinical material and its generalization.

Keywords: CSF Flow Jet Phenomenon, Intraventricular Hemorrhage, Ultrasound Diagnostics, Color-Coded Doppler Imaging

For citation: Olkhova E. B., Shandra A. G., Vasin R. A., Krasnikov M. A. Cerebrospinal Fluid Flow Jet Phenomenon as a Mark of Intracranial Pressure in an Infant with Intraventricular Hemorrhage. Clinical Observation. *Radiology — Practice*. 2025;4:101-110. (In Russ.). https://doi.org/10.52560/2713-0118-2025-4-101-110

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).

The author, Prof. Elena B. Olkhova, is a member of the Editorial Board of «Radiology — Practice». The author are not aware of any other potential conflict of interest relating to this manuscript

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

Первое упоминание о феномене ликворного факела принадлежит Winkler P. (1991), который в цветовом допплеровском режиме наблюдал окрашивание потока ликвора в просвете III желудочка и сильвиева водопровода у младенцев с внутрижелудочковым кровоизлиянием (ВЖК) и менингитом. Он и дал феномену название – liquor jet, наиболее демонстративный при крике ребенка. Впервые феномен наблюдался в виде ретроградного потока ликвора из водопровода в III желудочек на фоне крика младенца, соответственно при нейросонографии через большой родничок в цветовом допплеровском режиме этот поток был окрашен в красный цвет, что зрительно напоминает факел. В 1992–1998 гг. им была опубликована серия статей, посвященных данному феномену, визуализация которого оказалась возможна и в других узких участках ликворных путей: отверстия Монро, Мажанди, Люшка и спинальные пространства [9].

Спектр спонтанного ликворного потока в сильвиевом водопроводе при спокойном поведении ребенка, полученный при допплерографии, был расценен автором изначально как синхронизированный с дыханием. Таким образом, первооткрыватель ликворного факела сделал сразу два открытия. Во-первых, это наличие ретроградного потока ликвора, что раньше считалось патологией (в норме ликвор движется из III желудочка через сильвиев водопровод в IV желудочек). Во-вторых, было выявлено преобладание дыхательного паттерна в спонтанной ликвородинамике новорожденных, что Winkler P. объяснил податливостью черепа младенцев. Позднее было высказано предположение, что спектральные характеристики спонтанного ликворного факела напрямую связаны с внутричерепным давлением (ВЧД), т. е. кардиальная синхронизация спектра свидетельствует о повышении ВЧД. Одновременно был предложен способ провокации (индукции) феномена путем фонтанеллярной или абдоминальной компрессии.

Вторым исследователем ликворного факела стал японский ученый Tatsuno M., опубликовавший в 1990-х гг. серию наблюдений этого феномена у новорожденных с ВЖК и вентрикулитами. Он также показал, что ликворный факел может иметь как респираторно-, так и кардио-синхронизированный вариант, и предположил возможную роль ВЧД в феноменологии ликворного факела [7].

В последующие 30 лет в зарубежной литературе интерес к феномену был практически утрачен. Только в последние годы феномен движения ликвора снова привлек к себе внимание, но уже в рамках появления новых технологий, а именно при фазово-контрастной МРТ у взрослых пациентов и в экспериментальных исследованиях на животных [2, 3, 5]. Единичные исследования ликворного факела были и в рамках новых УЗ-технологий, когда визуализация liquor jet была выполнена в режиме B-flow, что, впрочем, не имеет каких-либо принципиальных преимуществ перед традиционным цветовым допплеровским сканированием [4, 8]. Попыток соотнести спектральные характеристики ликворных потоков с внутричерепным давлением исследователями не проводилось. Косвенная оценка ВЧД в рамках УЗИ у младенцев прово-

дится традиционно — в первую очередь путем оценки параметров церебрального кровотока [6].

В отечественной литературе подробное изучение феномена выполнено Ольховой Е. Б., которая предложила русскоязычный вариант названия этого феномена и представила его в клинических рекомендациях по диагностике менингита, вентрикулита, ВЖК и других видов внутричерепных кровоизлияний [1].

Однако, несмотря на демонстративность феномена, он остается малоизвестным практикующим врачам УЗД и неонатологам, а прогностический потенциал его не изучен.

Цель: демонстрация редкого эхографического феномена — ликворного факела у ребенка с внутрижелудочковым кровоизлиянием в динамике заболевания.

Собственное наблюдение

Ребенок от I беременности, протекавшей на фоне бессимптомной бактериурии, хламидиоза, уреаплазмоза, I самостоятельных родов, околоплодные воды зеленые. Масса при рождении 2260 г, рост 49 см, окружность головы 32 см, окружность груди 30 см, оценка по Апгар 4/7 б. Состояние при рождении крайней тяжести за счет синдрома дыхательных расстройств, дыхательной недостаточности III степени, высокого риска реализации внутриутробной инфекции, неврологической симптоматики на фоне умеренной асфиксии. Проводилась искусственная вентиляция легких в течение 2 сут. На 3-и сут жизни ребенок переведен в отделение патологии новорожденных ГУЗ ОДБ, г. Липецк. Диагностировано внутрижелудочковое кровоизлияние слева III степени (по классификации Российской ассоциации специалистов перинатальной медицины (РАСПМ), 2014). При нейросонографии (НСГ) на 13-е сут жизни ребенка вентрикуломегалии не отмечено, имели место обширный перивентрикулярный венозный инфаркт слева в теменно-затылочной области и небольшое количество сгустков в просвете боковых желудочков, наличие сгустка в островковой области слева. Ликворный факел не зафиксирован: ни спонтанный (неиндуцированный), ни на фоне провокации в виде абдоминальной компрессии.

Впервые феномен ликворного факела был замечен на 17-е сут жизни, при этом спектр ликворного потока имел смешанный характер, но преимущественно был синхронизирован с дыханием (рис. 1).

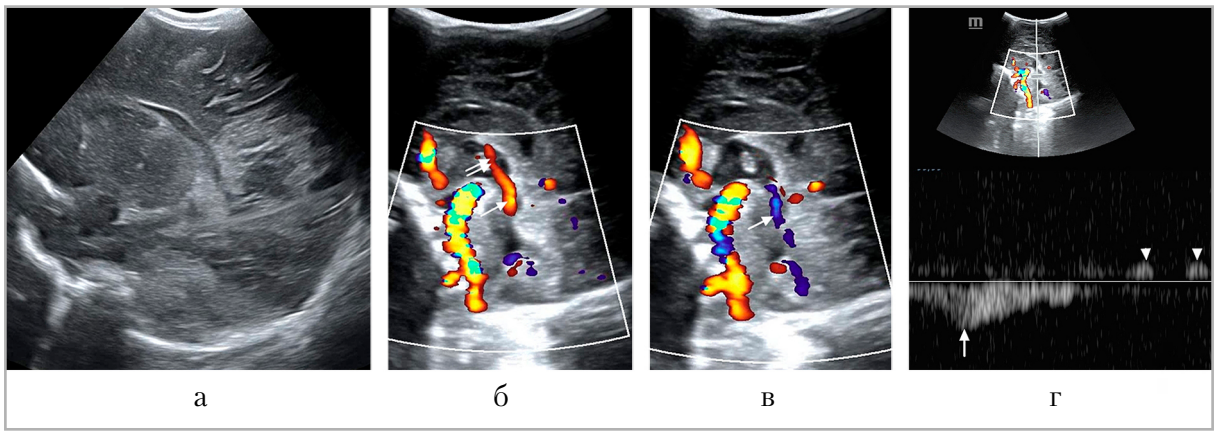


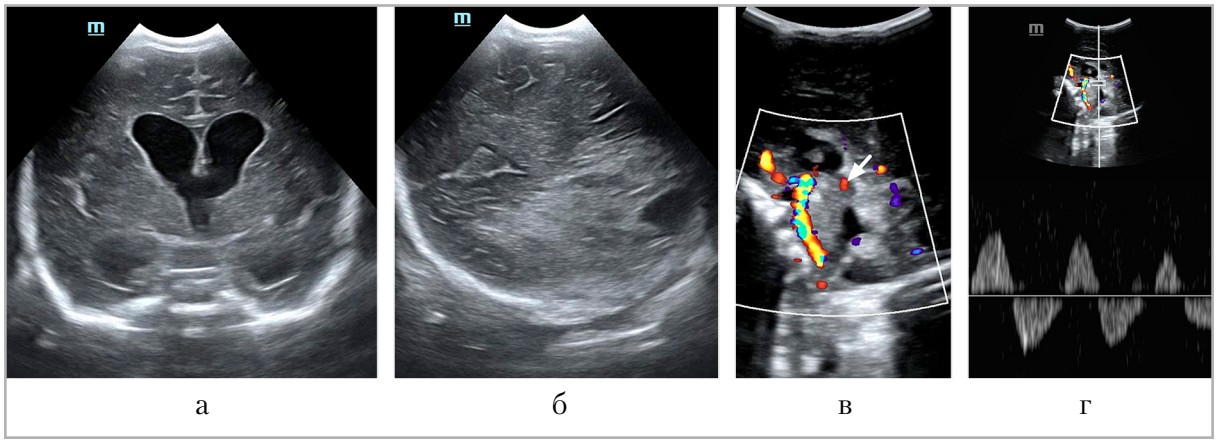
Рис. 1. УЗИ на 17-е сут жизни: *а* — парасагиттальный скан слева: ВЖК-3 с массивным перивентрикулярным венозным инфарктом; *б, в* — цветовое допплеровское сканирование, сагиттальный скан, ретро- и антеградный поток ликвора в сильвиевом водопроводе и III желудочке; *г* — допплерограмма потока ликвора: респираторно-синхронизированный тип *(стрелка)* и кардиосинхронизированный тип *(короткие стрелки)*

Через 4 сут на фоне клинически стабильного состояния ребенка появились признаки внутричерепной гипертензии: напряжение большого родничка, расхождение сагиттального и венечного швов. Прирост окружности головы за 28 сут составил 4 см (увеличился с 50 до 90 перцентиля). Эхографически отмечено появление вентрикуломегалии; спонтанный ликворный факел был малоинтенсивным, кардиосинхронизированным (рис. 2).

В дальнейшем на фоне сохраняющихся клинических проявлений внутричерепной гипертензии (напряжение большого родничка и расхождение сагиттального и венечных швов черепа) отмечалось прогрессирование вентрикуломегалии. Феномен ликворного факела при допплерографии по-прежнему имел кардиосинхронизированный ритм. На 31-е сут жизни с целью временного купирования внутричерепной гипертензии выполнена операция: вентрикулостомия и имплантация субгалеального дренажа. Через 30 мин после завершения операции на фоне релаксации большого родничка была выполнена контрольная НСГ с регистрацией респираторно-синхронизированного ликворного факела (рис. 3). На НСГ, выполненной через сутки после операции, зарегистрировано значительное сокращение размеров ликворных путей: уменьшение передних рогов с 18–19 до 7–10 мм, III желудочка — с 8 до 4 мм. Исчезло напряжение большого родничка.

Обсуждение

В представленном наблюдении впервые в отечественной литературе анализируется вариант спектральных характеристик спонтанного феномена ликворного факела у ребенка с ВЖК в зависимости от ВЧД. Показано, что ликворный факел сохранялся на протяжении всего периода прогрессирования гидроцефалии вплоть до дренирующей операции. Характер синхронизации спектра менялся: по мере нарастания ВЧД — с дыхательного на кардиальный и обратно после дренирующей операции. Первооткрыватель феномена Winkler P. пришел к выводу, что характер синхронизации ликворного факела зависит от ВЧД: его кардиосинхронизация характерна для развития окклюзионной гидроцефалии с повышением ВЧД. В представленном наблюдении показательна не только динамика нарастания ВЧД, сопровождающаяся появлением спектра, синхронизированного с сердечным ритмом, но и послеоперационный возврат паттерна ликворного факела к преимущественно дыхательному спектру, который может расцениваться



а б в г

Рис. 2. НСГ на 20-е сут жизни: *а* — фронтальный скан: умеренная вентрикуломегалия; *б* — левый парасагиттальный скан: формирование кист в области венозного инфаркта головного мозга; *в* — цветовое допплеровское сканирование, сагиттальный скан, поток ликвора в проекции сильвиева водопровода показаны стрелкой; *г* — допплерография потока ликвора: кардиосинхронизированный тип кривой

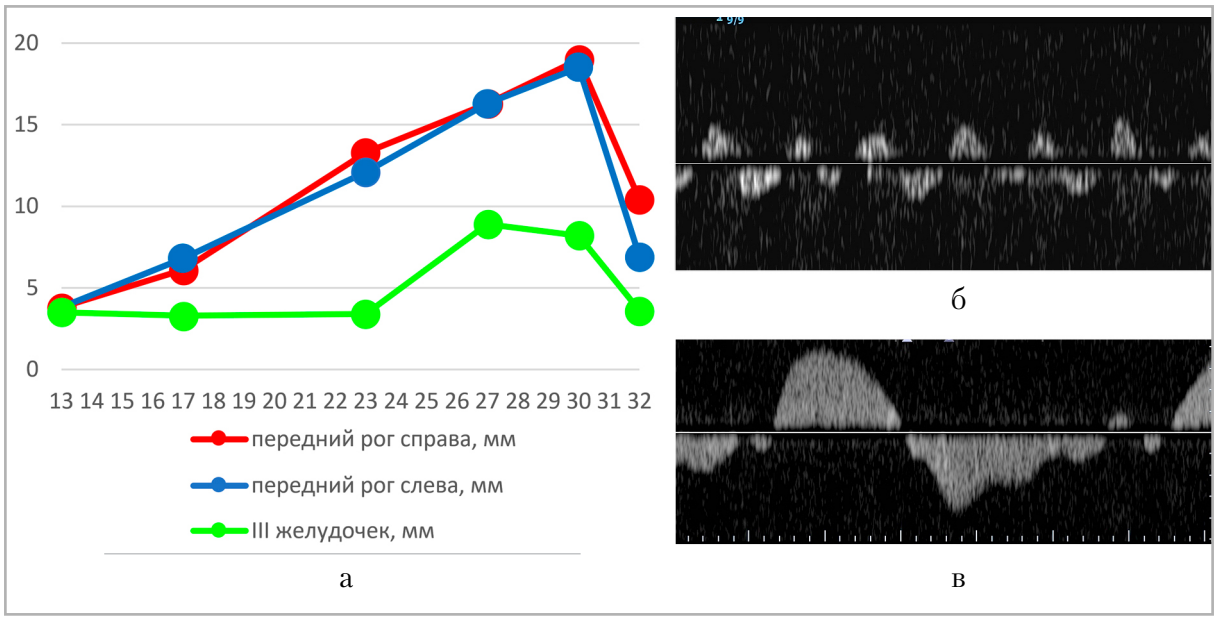


Рис. 3. Динамика вентрикуломегалии и проявлений ликворного факела: *а* — размеры фрагментов ликворных путей: ось абсцисс — возраст ребенка (сут), ось ординат — размер фрагментов ликворных путей, мм; *б* — допплерограмма потока ликвора за сутки до операции: прослеживается кардиосинхронизированный тип; *в* —допплерограмма потока ликвора через 30 мин после операции: наблюдается респираторно-синхронизированный тип

как возвращение к нормотензивному состоянию.

Ретроспективный анализ собственных архивных материалов позволил выбрать несколько наблюдений ВЖК, демонстрирующих подобные особенности синхронизации ликворного факела. На рис. 4 представлено наблюдение ребенка с ВЖК слева II степени, без признаков выраженной внутричерепной гипертензии — минимальная вентрикуломегалия, нормальные параметры резистивных характеристик артериального церебрального кровотока (RI в передней мозговой артерии (ПМА) = 0,62) и респираторно-синхронизированным спектром потока ликвора в сильвиевом водопроводе. Дыхательная синхронизация спектра ликворного потока очевидна при сравнении спектров артериального кровотока и потока ликвора (рис. 4, фрагменты *б* и *г*), полученных при одинаковой скорости развертки допплерограммы: частота пиков допплеровских кривых не совпадает.

На рис. 5 представлен другой вариант: перенесенное ВЖК III степени, постгеморрагический вентрикулит с повышением ВЧД, с блоком ликворных путей на уровне выхода из IV желудочка (выраженная вентрикуломегалия, в том числе дилатация IV желудочка до 17 мм). Параметры кровотока в ПМА оставались в пределах верхней границы нормы (RI около 0,78), но спонтанный ликворный факел демонстрировал кардиосинхронизированный паттерн. Кардиосинхронизация спектра ликворного потока очевидна при сравнении спектров артериального кровотока и потока ликвора (рис. 5, фрагменты *б* и *г*), полученных при одинаковой скорости развертки допплерограммы: частота пиков допплеровских кривых совпадает.

Заключение

Представленное клиническое наблюдение и архивные данные позволяют предположить, что вариант синхронизации спонтанного паттерна феномена ликворного факела может иметь определенное значение для оценки внутричерепной гипертензии у пациентов, пе-

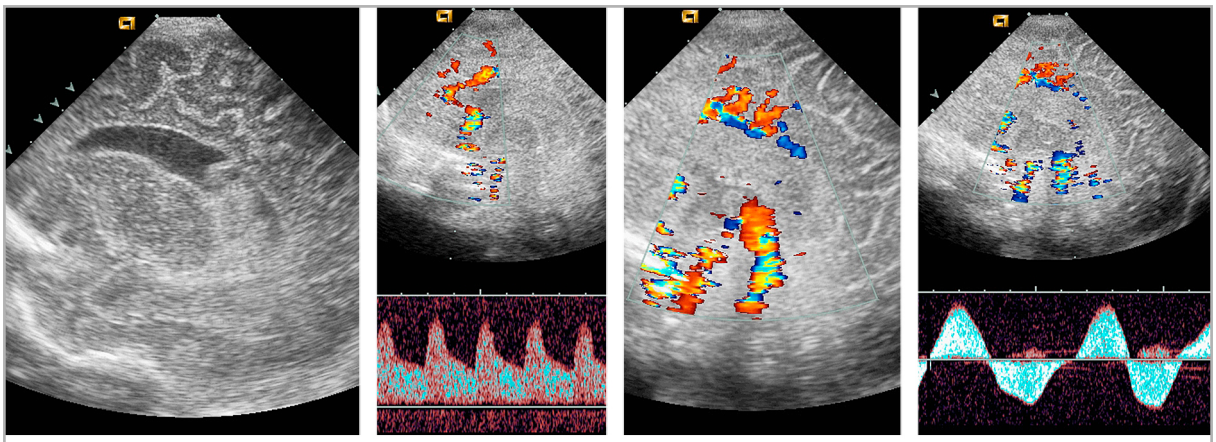


Рис. 4. НСГ ребенка с ВЖК без признаков повышения ВЧД: *а* — исследование в В-режиме, левый парасагиттальный скан; *стрелки* — сгусток крови в боковом желудочке; *б* — допплерограмма потока в ПМА; *в* — цветовое допплеровское сканирование, ликворный факел в проекции сильвиева водопровода и полости III желудочка; *г* — допплерограмма потока ликвора в сильвиевом водопроводе: определяется респираторно-синхронизированный спектр

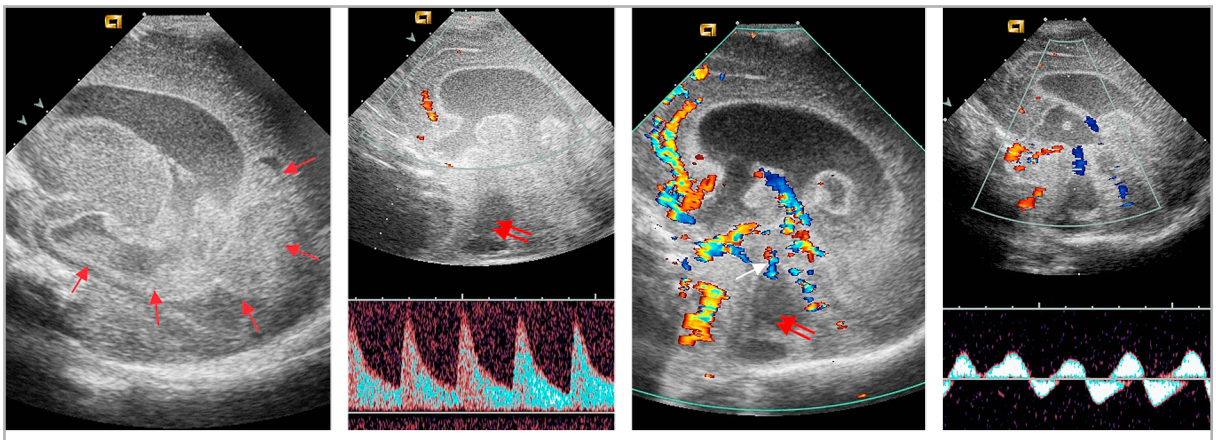


Рис. 5. НСГ ребенка с ВЖК с признаками повышения ВЧД: *двойная стрелка* — дилатированный IV желудочек; *а* — исследование в В-режиме, левый парасагиттальный скан, *стрелки* — сгусток крови в боковом желудочке и перивентрикулярный геморрагический инфаркт; *б* — допплерограмма потока в передней мозговой артерии; *в* — цветовое допплеровское сканирование, ликворный факел в проекции сильвиева водопровода *(белая стрелка)*; *г* —допплерограмма потока ликвора в сильвиевом водопроводе: определяется кардиосинхронизированный спектр

ренесших внутрижелудочковое кровоизлияние. Создается впечатление, что кардиосинхронизированный паттерн феномена типичен для состояний, ассоциированных с повышением ВЧД, а респираторно-синхронизированный — для нормотензивного состояния. Безусловно, данное предположение нуждается в дальнейшем исследовании, накоплении клинического материала и его обобщении.

Список источников / References

1. Васильев А. Ю., Ольхова Е. Б. Ультразвуковая диагностика в неотложной детской практике: руководство для

врачей: в двух томах. Том I. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2024. С. 21–80. ISBN 978-5-9704-7043-5.
Vasiliev A. Yu., Olkhova E. B. Ul'trazvukovaja diagnostika v neotlozhnoj detskoj praktike: rukovodstvo dlja vrachej: v dvuh tomah. Tom I. M.: GJeOTAR-Media, 2024. P. 21–80. ISBN 978-5-9704-7043-5. (In Russ.).

2. Cho H., Kim Y., Hong S., Choi H. Cerebrospinal Fluid Flow in Normal Beagle Dogs Analyzed Using Magnetic Resonance Imaging. *J. Vet Sci*. 2021;22(1):e2. https://doi.org/10.4142/jvs.2021.22. e2
3. Ha J. H., Borzage M. T., Vanstrum E. B., Doyle E. K., Upreti M., Tamrazi B., Nelson M., Blüml S., Johal M. S., McComb J. G., Chu J., Durham S., Krieger M. D., Moats R. A., Chiarelli P. A. Quantitative Noninvasive Measurement of Cerebrospinal Fluid Low in Shunted Hydrocephalus. *J. Neurosurg*. 2023;140(4):1117-1128. https://doi.org/10.3171/2023.7.JNS231326
4. Hwang M., Tierradentro-García L. O., Kozak B. L., Darge K. Cerebrospinal Fluid Flow Detection in Post-hemorrhagic Hydrocephalus With Novel Microvascular Imaging Modality. *J. Ultrasound Med*. 2022;41(4):1013-1017. https://doi.org/10.1002/jum.15781
5. Lloyd R. A., Butler J. E., Gandevia S. C., Ball I. K., Toson B., Stoodley M. A., Bilston, L. E. Respiratory Cerebrospinal Fluid Flow is Driven by the Thoracic and Lumbar Spinal Pressures. *J. Physiol*. 2020;598(24):5789-5805. https://doi.org/10.1113/JP279458
6. Mathew M., Jimoh A. O., Matthew L. M., Mezue W. C., Uche E. O., Igashi J., Mahmud M. R., Okpara S. E., Mathew M. B. Assessment of Childhood Intracranial Pressure: a Comparative Study of Transcranial Doppler Ultrasound Indices and Findings at Ventriculoperitoneal Shunt. *Child's Nerv Syst*. 2024; 40(9):2915-2920. https://doi.org/10.1007/s00381-024-06496-4
7. Tatsuno M., Uchida K., Okuyama K., Kawauchi A. Color Doppler Flow Imaging of CSF Flow in an Infant with Intraventricular Hemorrhage. *Brain Dev*. 1992;14(2):110-113. https://doi.org/10.1016/s0387-7604(12)80097-0
8. Tierradentro-Garcia L. O., Onyango L., Dennis R., Freeman C. W., Haddad S., Kozak B., Hwang M. Evaluation of the Cerebrospinal Fluid Flow Dynamics with Microvascular Imaging Ultrasound in Infants. *Children (Basel)*. 2023;10(2):245. https://doi.org/10.3390/children10020245
9. Winkler P. Colour-coded Echographic Flow Imaging and Spectral Analysis of Cerebrospinal Fluid (CSF) in Infants. Part II. CSF-dynamics. *Pediatr Radiol*. 1992;22(1):31-42. https://doi.org/10.1007/BF02011606

Сведения об авторах / Information about the authors

Ольхова Елена Борисовна, доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры лучевой диагностики ФГБОУ ВО «Российский университет медицины» Министерства здравоохранения Российской Федерации НОИ стоматологии им. А. И. Евдокимова, Москва, Россия; заведующая отделением ультразвуковой диагностики ГБУЗ «Детская городская клиническая больница святого Владимира Департамента здравоохранения г. Москвы», Москва, Россия.
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.
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.

Васин Руслан Аликович, нейрохирург высшей квалификационной категории отделения детской нейрохирургии, врач ультразвуковой диагностики ГУЗ «Областная детская больница», г. Липецк, Россия.
Вклад автора: проведение исследования, анализ и интерпретация полученных данных, анализ литературы, сбор материала, написание текста.

Vasin Ruslan Alikovich, neurosurgeon of the highest qualification category, Department of Pediatric Neurosurgery, ultrasound diagnostics doctor at the Regional Children's Hospital of Lipetsk, Lipetsk, Russia.
Author's contributions: a research, analysis and interpretation of the data obtained, literature analysis, collection of material, text writing.

Шандра Анна Геннадьевна, врач ультразвуковой диагностики отделения ультразвуковой диагностики ГБУЗ «Детская городская клиническая больница святого Владимира Департамента здравоохранения г. Москвы», Москва, Россия.
Вклад автора: проведение исследования, анализ литературы, написание текста.

Shandra Anna Gennad'evna, doctor of ultrasound diagnostics of Department of the Ultrasound Diagnostic Moscow Clinical Municipal Children Hospital St. Vladimir, Moscow of Healthcare Department, Moscow, Russia.
Author's contributions: a research, literature analysis, text writing.

Красников Максим Александрович, нейрохирург высшей квалификационной категории, заведующий отделением детской нейрохирургии ГУЗ «Областная детская больница», г. Липецк, Россия.
Вклад автора: проведение исследования, анализ и интерпретация полученных данных, анализ литературы, сбор материала.

Krasnikov Maxim Aleksandrovich, neurosurgeon of the highest qualification category, head of the department of pediatric neurosurgery of the Regional Children's Hospital of Lipetsk, Lipetsk, Russia.
Author's contributions: a research, analysis and interpretation of the data obtained, literature analysis, collection of material.

Статья поступила в редакцию 05.04.2025;
одобрена после рецензирования 05.06.2025;
принята к публикации 05.06.2025.

The article was submitted 05.04.2025;
approved after reviewing 05.06.2025;
accepted for publication 05.06.2025.

Отчет о научно-практической конференции «Лучевая диагностика заболеваний челюстно-лицевой области в педиатрии»

Report on the Scientific and Practical Conference «Radiation Diagnostics of Diseases of the Maxillofacial Region in Pediatrics»

6 июня 2025 г. в Москве на базе НМИЦ ДГОИ им. Дмитрия Рогачева состоялась научно-практическая конференция «Лучевая диагностика заболеваний челюстно-лицевой области в педиатрии».

Организаторами конференции выступили НМИЦ ДГОИ им. Дмитрия Рогачева, Фонд развития лучевой диагностики, Центральный научно-исследовательский институт лучевой диагностики, а также компании-участники — АО «Байер», ООО «ФИЛИПС», ООО «ТД «Пульс».

К участию в работе конгресса были приглашены руководители медицинских, научных и образовательных учреждений, врачи-рентгенологи и врачи ультразвуковой диагностики. В мероприятии приняли участие 200 специалистов.

Открытие конференции началось с приветственных слов директора НМИЦ ДГОИ им. Дмитрия Рогачева Грачева Н. С. и заместителя директора Лопатина А. В.

В работе конгресса приняли участие:

- Лежнев Дмитрий Анатольевич, доктор медицинских наук, профессор, заслуженный врач РФ, заведующий кафедрой лучевой диагностики с/ф НОИ стоматологии им. А. И. Евдокимова ФГБОУ ВО «Российский университет медицины» МЗ РФ;
- Ольхова Елена Борисовна, доктор медицинских наук, заведующая отделением УЗД Детской городской клинической больницы святого Владимира, профессор кафедры лучевой диагностики с/ф НОИ стоматологии им. А. И. Евдокимова ФГБОУ ВО «Российский университет медицины» МЗ РФ;
- Юсуфов Акиф Арифович, доктор медицинских наук, заведующий кафедрой лучевой диагностики Тверского ГМУ, заведующий диагностическим отделением Тверского ГМУ, главный внештатный специалист по детской лучевой диагностике МЗ Тверской области;
- Вазгомент Ольга Викторовна, доктор медицинских наук, профессор кафедры лучевой диагностики детского возраста ФГБУ ДПО РМАНПО, ведущий научный сотрудник ФГБУ НМИЦ ЦНИИС и ЧЛХ;
- Шолохова Наталия Александровна, доктор медицинских наук, заведующая отделением лучевой диагностики Детской городской клинической больницы святого Владимира, профессор кафедры лучевой диагностики детского возраста ФГБУ ДПО РМАНПО;
- Ликарь Юрий Николаевич, доктор медицинских наук, профессор, заведующий отделением радиоизотопной диагностики ФГБУ НМИЦ ДГОИ;

- Аникин Анатолий Владимирович, кандидат медицинских наук, заведующий отделом лучевой диагностики ФГАУ «Национальный медицинский исследовательский центр здоровья детей» МЗ РФ;
- Михайлова Елена Владимировна, кандидат медицинских наук, заведующая детским отделением рентгенодиагностики НИИ детской онкологии и гематологии им. академика РАМН Л. А. Дурнова ФГБУ «НМИЦ онкологии им. Н. Н. Блохина» МЗ РФ;
- Терещенко Галина Викторовна, кандидат медицинских наук, заведующая отделением рентгенологии, научным отделом лучевой диагностики НМИЦ ДГОИ;
- Петухов Алексей Владимирович, челюстно-лицевой хирург отделения ЧЛХ ГБУЗ ДГКБ святого Владимира;
- Куприянов Дмитрий Алексеевич, ведущий научный сотрудник ФГБУ НМИЦ ДГОИ, старший научный специалист по поддержке научных исследований ООО «ФИЛИПС»;
- Луковкина Ольга Вячеславовна, врач-рентгенолог отделения лучевой диагностики Детской городской клинической больницы святого Владимира;
- Краснов Алексей Сергеевич, научный сотрудник отдела лучевой диагностики НМИЦ ДГОИ.

Представленные доклады и дискуссии затрагивали тематику совершенствования лучевых диагностических алгоритмов, современных достижений и инновационных диагностических решений в диагностике заболеваний челюстно-лицевой области у детей. Обсуждались возможности и преимущества ультразвуковой диагностики, рентгенологических методов в зависимости от локализованного или системного характера заболевания. Были продемонстрированы алгоритмы диагностики сосудистых мальформаций челюстно-лицевой области, алгоритмы контрастирования в лучевой диагностике заболеваний челюстно-лицевой области.

Конференция завершилась научной дискуссией с обсуждением широкого круга вопросов совершенствования лучевой диагностики в детской онкологии.

Отчет о Международном монгольском конгрессе, посвященном 30-летию создания радиологической ассоциации

Report on Mongolian Congress of Radiology 2025 the 30th Annular Meeting of the Mongolian Society of Radiology

В период **с 19 по 21 июня 2025 года** состоялся Международный монгольский конгресс, посвященный 30-летию создания радиологической ассоциации.

Для участия в конгрессе была приглашена российская делегация в составе Васильева А. Ю. (Москва), Селиверстова П. В. (Иркутск), Ханеева В. Б. (Улан-Удэ), Лежнева Д. А. (Москва), Дергилева А. П. (Новосибирск), Потрахова Н. Н. (Санкт-Петербург), Блинова Н. Н. (Москва), Станкевича Н. А. (Москва) (рис. 1).

Открыл конгресс Монгольско-Российский симпозиум по лучевой диагностике заболеваний головы и шеи.

Председателями этого симпозиума выступили Дашжамц Тувшинжаргал (MD, Ph. D., Associate Professor, Head of Radiology Center at the Mongolian National University of Medical Sciences, School of Medicine of the MNUMS. Head of Mongolian Society of Neuro, Head and Neck Imaging) и Васильев Александр Юрьевич (MD, ScD, Professor, State Medical University of Russia, corresponding member of the Russian Academy of Medical Science, профессор, член-корреспондент РАН, Российский университет медицины, г. Москва, Россия) (рис. 2).

Первый доклад профессора Александра Юрьевича Васильева был посвя-

Рис. 1. Российская делегация и представители Монголии на конгрессе

Рис. 2. Председатели Монгольско-Российского симпозиума по лучевой диагностике заболеваний головы и шеи Дашжамц Тувшинжаргал и Васильев Александр Юрьевич

щен лучевой диагностике огнестрельной травмы челюстно-лицевой области. Доклад демонстрировал историю диагностики огнестрельной травмы челюстно-лицевой области, вопросы патогенеза, классификацию и лучевую семиотику взрывных повреждений различной степени тяжести. Наряду с этим были раскрыты современные возможности цифровой рентгенографии и мультисрезовой компьютерной томографии в зависимости от этапов оказания медицинской помощи.

Современные тенденции лучевой диагностики в стоматологии и челюстно-лицевой хирургии представил Лежнев Дмитрий Анатольевич, доктор медицинских наук, профессор, заслуженный врач РФ, заведующий кафедрой лучевой диагностики с/ф НОИ стоматологии им. А. И. Евдокимова ФГБОУ ВО «Российский университет медицины» Минздрава России. В его сообщении была информация о современном состоянии лучевой диагностики заболеваний челюстно-лицевой области, приведен краткий обзор возможностей диагностических технологий (цифровая РГ, МСКТ, КЛКТ, МРТ, УЗИ), определены основные тенденции развития рутинных и высокотехнологичных методов исследования для решения задач стоматологии и челюстно-лицевой хирургии. Акцент в докладе сделан на мультидисциплинарный подход с учетом отказа от принципа «от простого к сложному» и переход на принцип «к наиболее эффективному» с учетом снижения дозовых нагрузок на пациентов и персонал.

Заведующим кафедрой лучевой диагностики Новосибирского государственного медицинского университета профессором Дергилевым Александром Петровичем был представлен доклад «Возможности комплексного лучевого исследования височно-нижнечелюстного сустава». Были освещены сложности визуализации костных и мягкотканных элементов сустава, показаны возможности компьютерной и магнитно-резонансной томографии его различных поражений. На нескольких клинических примерах была продемонстрирована необходимость использования обеих то-

Рис. 3. Вручение сертификатов лекторов

мографических методик в диагностике синовиального хондроматоза. В заключительной части доклада была представлена информация о возможности использования магнитно-резонансной томографии как этапа комплексного лечения смещения суставного диска в качестве метода локализации точки введения ботулотоксина.

Профессор Потрахов Николай Николаевич (Санкт-Петербург) в своем выступлении «Современные портативные рентгеновские аппараты для решения различных задач лучевой диагностики заболеваний челюстно-лицевой зоны и других локализаций» сделал краткий обзор результатов отечественных научных исследований и опытно-конструкторских разработок в области создания технических средств медицинской рентгенодиагностики в портативно-передвижном исполнении. В основе всех исследований и разработок лежит один из российских приоритетов – методика микрофокусной рентгенографии, позволяющая получать высокоинформативные рентгеновские изображения различных органов тела пациента в нестационарных неспециализированных условиях.

По окончании симпозиума всем участникам были вручены сертификаты лекторов (рис. 3).

Симпозиум прошел в дружеской атмосфере и с пожеланиями дальнейшего сотрудничества в разных направлениях.

Реклама, НПАО «АМИКО», ИНН 7726005851, www.amico.ru, ERID: 2SDnjcKJmKS

ВСЁ ДЛЯ РЕНТГЕНОДИАГНОСТИКИ

АМИКО
рентгенотехника

НПАО «АМИКО» является одним 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 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-адре-

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[1], Михаил Иванович Сидоров[2]

— **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[1], Михаил Иванович Сидоров[2]

[1] ФГБОУ ВО «Российский университет медицины» Министерства здравоохранения Российской Федерации НОИ стоматологии им. А. И. Евдокимова, Москва, Россия

[2] 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:

[1] электронная почта, https://orcid.org/...

[2] электронная почта, 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;x: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[1], имя, отчество, фамилия[2], имя, отчество, фамилия[3]
[1] ФГБОУ ВО «Название учреждения» Минздрава России, Москва, Россия
[2, 3] ФГБОУ ВО «Название учреждения» Минздрава России, Пенза, Россия
[1] электронная почта автора, https://orcid.org/...
[2] электронная почта автора, https://orcid.org/...
[3] 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;x: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 непереводимых 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[1], Sergey Yu. Sidorov[2]

— **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:

[1] Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russia

[2] 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:
[1] электронная почта, https://orcid.org/...
[2] 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 № xxxxx.

— **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[1], Egor Yu. Petrov[2], Sergey Yu. Sidorov[3]

[1] Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russia

[2,3] Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Privolzhsky Research Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation, Nizhny Novgorod, Russia

[1] электронная почта автора, https://orcid.org/...

[2] электронная почта автора, https://orcid.org/...

[3] 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 (SPPS 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, σ — 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, $p \leqslant 0{,}05$).

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.

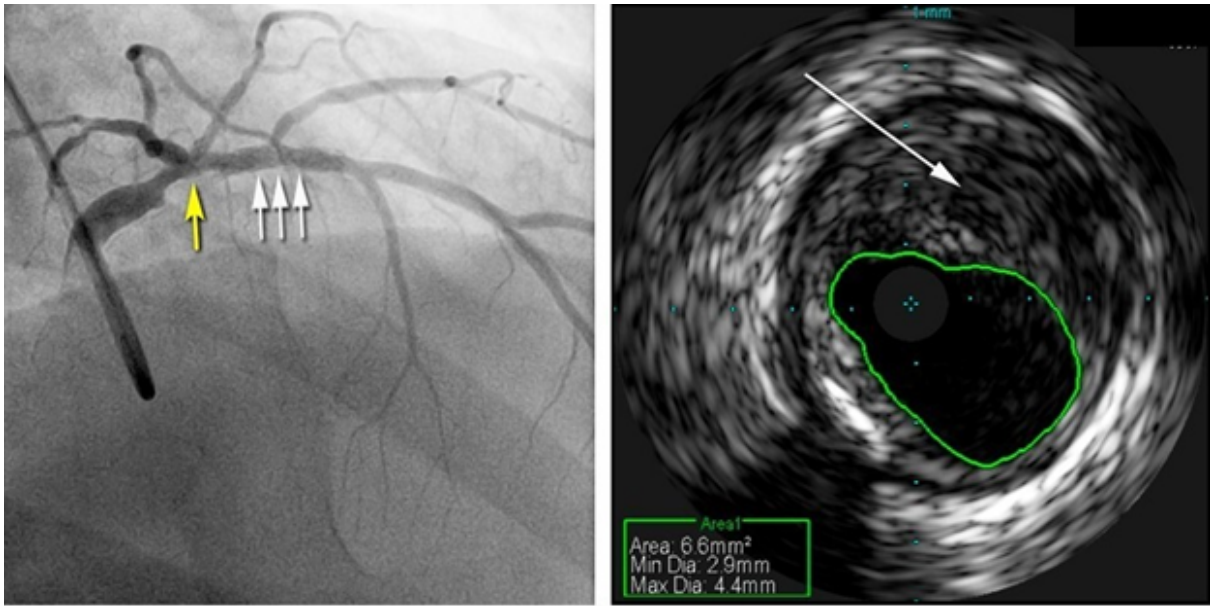
Пример оформления иллюстрации, демонстрирующей методику обследования пациента и ее результат

Если иллюстрация включает несколько изображений, то они должны быть отмечены русскими маленькими буквами — *а, б, в* 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 подрисуночной подписи (см. рис. 1).



а б

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)

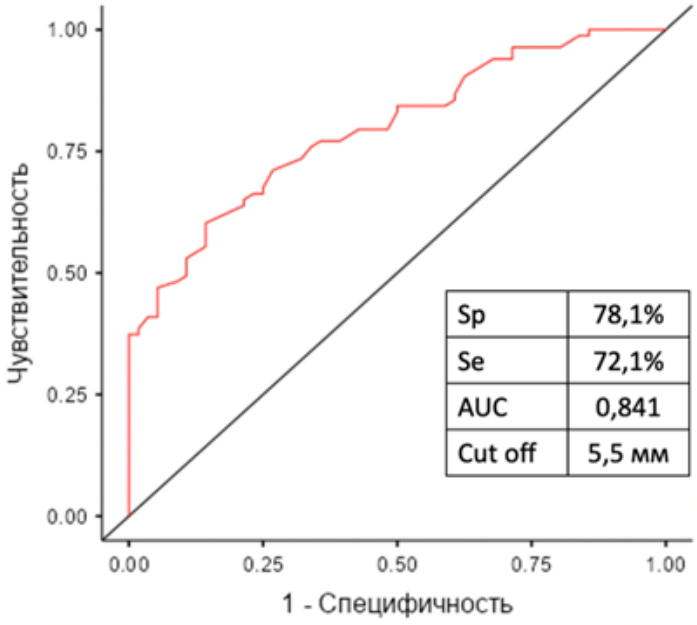


Рис. 2. ROC-анализ: сравнение размера мешотчатых аневризм и патологического контрастирования стенки аневризмы. Sp — специфичность, Se — чувствительность, AUC — площадь под кривой, Cut off — пороговое значение

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 (*а, 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 ± 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 (%)			
		Illium L	Illium R	L4	L5
Здоровые добровольцы	24	52 ± 11	50 ± 12	31 ± 9	32 ± 12
Острая фаза заболевания	20	3,2 ± 2,7	3,7 ± 3,3	2,6 ± 1,9	2,9 ± 2,5
На химиотерапии	20	78 ± 9	78 ± 7	64 ± 13	66 ± 13
Статистическая значимость различий между группами		*p < 0,01 **p < 0,01 ***p < 0,01	*p < 0,01 **p < 0,01 ***p < 0,01	*p < 0,01 **p < 0,01 ***p < 0,01	*p < 0,01 **p < 0,01 ***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 источников

Перечень статей в разделе «Список источников»

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

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

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.

Перечень тех же статей в разделе «References»

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

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

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.

Проверить наличие **DOI статей** 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.
— Служебный 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.

+7 (499) xxx-xx-xx

Вклад автора: формирование концепции, написание текста статьи.

Ivanov Ivan Ivanovitsh, radiologist, PhD, associate of professor, Department of radiology. «...Medical University» of the Ministry of Healthcare of Russia, город (на английском языке), Russia.

+7 (499) 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».

Научно-практический журнал для работников
медицинской радиологической службы России

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

**info@radp.ru
+7 (495) 980-52-38**

ISSN 2713-0118 (Online)