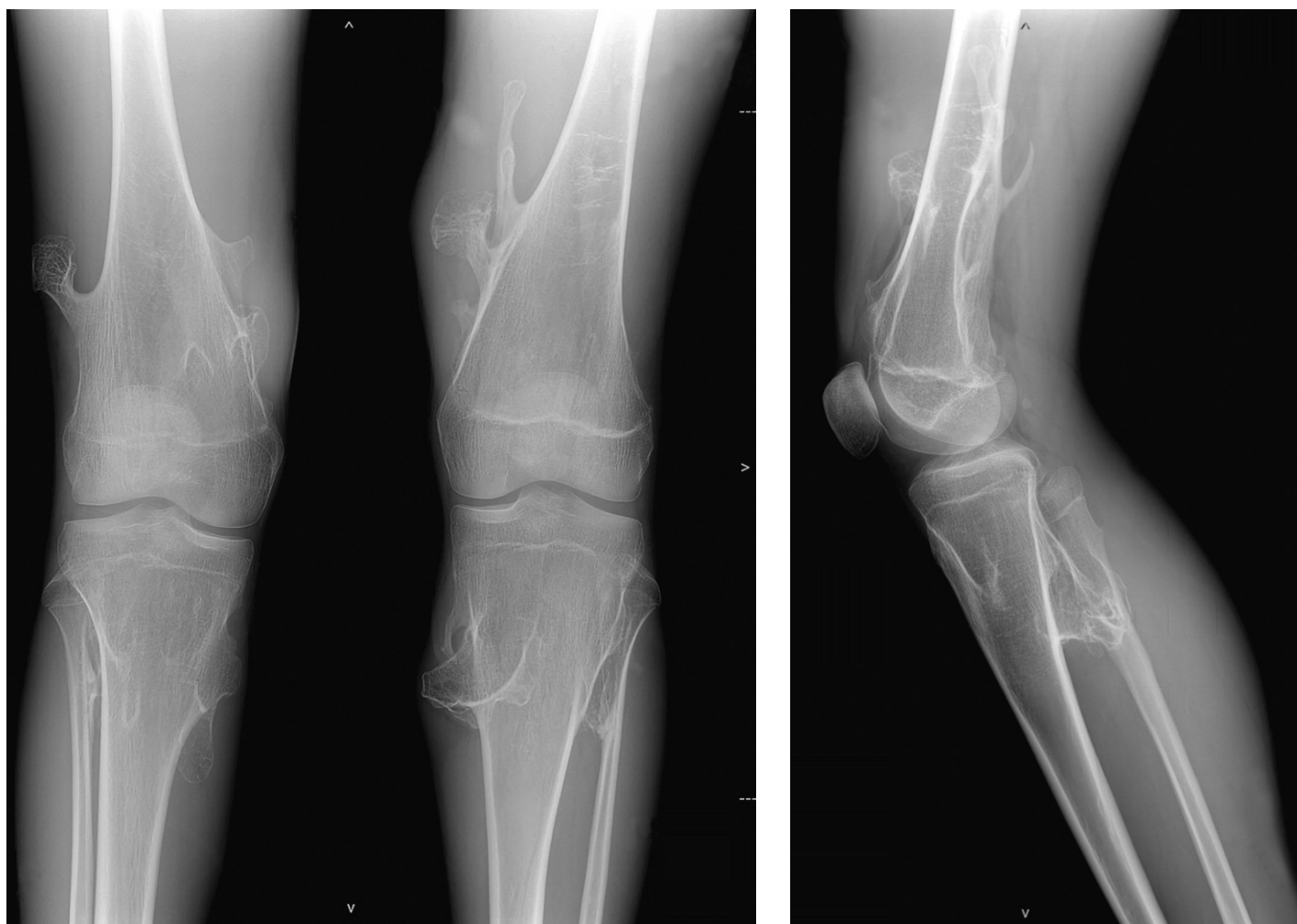


ISSN 2658-6606 (Print)
ISSN 2658-6592 (Online)

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ В МЕДИЦИНЕ

2025, ТОМ 7, № 1

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ ДЛЯ ВРАЧЕЙ



2025, VOLUME 7, № 1

SCIENTIFIC AND PRACTICAL JOURNAL FOR DOCTORS

VISUALIZATION IN MEDICINE

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ В МЕДИЦИНЕ

2025, ТОМ 7, № 1

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ ДЛЯ ВРАЧЕЙ

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Александр Владимирович Поздняков — д. м. н., профессор, Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет (г. Санкт-Петербург, Российская Федерация)

ЗАМЕСТИТЕЛИ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

Елена Владимировна Синельникова — д. м. н., профессор, Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет (г. Санкт-Петербург, Российская Федерация)

Александра Анатольевна Сперанская — д. м. н., профессор, Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова (г. Санкт-Петербург, Российская Федерация)

ОТВЕТСТВЕННЫЙ СЕКРЕТАРЬ

Майя Михайловна Гребенюк — Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет (г. Санкт-Петербург, Российская Федерация)

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Сергей Сергеевич Багненко — д. м. н., профессор, Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н.Н. Петрова (г. Санкт-Петербург, Российская Федерация)

Игорь Валерьевич Бойков — д. м. н., профессор, Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова (г. Санкт-Петербург, Российская Федерация)

Алексей Васильевич Борсуков — д. м. н., профессор, Смоленский государственный медицинский университет (г. Смоленск, Российская Федерация)

Дмитрий Анатольевич Гранов — академик РАН, д. м. н., профессор, Российский научный центр радиологии и хирургических технологий имени академика А.М. Гранова (г. Санкт-Петербург, Российская Федерация)

Таирхан Бекплатович Даутов — д. м. н., профессор, Национальный научный кардиохирургический центр (Астана, Казахстан)

Алексей Алексеевич Дмитращенко — д. м. н., профессор, 3 Центральный военный клинический госпиталь им. А.А. Вишневого (г. Москва, Российская Федерация)

Игорь Сергеевич Железняк — д. м. н., профессор, Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова (г. Санкт-Петербург, Российская Федерация)

HEAD EDITOR

Alexander V. Pozdnyakov — Dr. Sci. (Med.), Professor, Saint Petersburg State Pediatric Medical University (Saint Petersburg, Russian Federation)

HEAD EDITOR-IN-CHIEF

Elena V. Sinelnikova — Dr. Sci. (Med.), Professor, Saint Petersburg State Pediatric Medical University (Saint Petersburg, Russian Federation)

Alexandra A. Speranskaya — Dr. Sci. (Med.), Professor, Pavlov First Saint Petersburg State Medical University (Saint Petersburg, Russian Federation)

EXECUTIVE SECRETARY

Maya M. Grebenyuk — Saint Petersburg State Pediatric Medical University (Saint Petersburg, Russian Federation)

EDITORIAL BOARD

Sergey S. Bagnenko — Dr. Sci. (Med.), Professor, National Medical Research Center of Oncology named after N.N. Petrov (Saint Petersburg, Russian Federation)

Igor V. Boykov — Dr. Sci. (Med.), Professor, Military Medical Academy named after S.M. Kirov (Saint Petersburg, Russian Federation)

Alexey V. Borsukov — Dr. Sci. (Med.), Professor, Smolensk State Medical University (Smolensk, Russian Federation)

Dmitriy A. Granov — Academician of the RAS, Dr. Sci. (Med.), Professor, Russian Scientific Center of Radiology and Surgical Technologies named after Academician A.M. Granov (Saint Petersburg, Russian Federation)

Tairhan B. Dautov — Dr. Sci. (Med.), Professor, National Scientific Cardiac Surgery Center (Astana, Kazakhstan)

Alexey A. Dmitrashchenko — Dr. Sci. (Med.), Professor, 3 Central Military Clinical Hospital named after A.A. Vishnevsky (Moscow, Russian Federation)

Igor S. Zheleznyak — Dr. Sci. (Med.), Professor, Military Medical Academy named after S.M. Kirov (Saint Petersburg, Russian Federation)

Рецензируемый

научно-практический журнал

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ В МЕДИЦИНЕ

Visualization in Medicine

Основан в 2016 году в Санкт-Петербурге

ISSN 2658-6606 (Print)

ISSN 2658-6592 (Online)

Выпускается 4 раза в год

Журнал реферируется РЖ ВИНТИ.

Издатели, учредители:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Минздрава России (адрес: 194100, Санкт-Петербург, ул. Литовская, д. 2). Фонд НОИ «Здоровые дети — будущее страны» (адрес: 197371, Санкт-Петербург, ул. Парашютная, д. 31, к. 2, кв. 53).

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций, свидетельство: ПИ № ФС77-74241 от 02 ноября 2018 г.

Журнал входит в Перечень ведущих научных журналов и изданий ВАК, в которых должны быть опубликованы основные результаты диссертаций на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук (Распоряжение № 222-р от 10.06.2024).

Проект-макет: Титова Л.А.

Layout project: Titova L.A.

Электронная версия / Electronic version:

<http://elibrary.ru>,

<http://ojs3.gpmu.org/index.php/visual-med>

Титова Л.А. (выпускающий редактор)

Варламова И.Н. (верстка)

Titova L.A. (Commissioning Editor)

Varlamova I.N. (layout)

Адрес редакции: 194100, Санкт-Петербург,

ул. Литовская, д. 2.

Тел./факс: (812) 295-31-55

e-mail: lt2007@inbox.ru

Address for correspondence:

2 Lithuania, Saint Petersburg

194100 Russian Federation.

Tel/Fax: +7 (812) 295-31-55

e-mail: lt2007@inbox.ru

Статьи просьба направлять по адресу /

Please send articles to:

lt2007@inbox.ru

<http://ojs3.gpmu.org/index.php/visual-med>

Формат 60 × 90/8. Усл.-печ. л. 5,5. Тираж 100 экз.

Распространяется бесплатно. Оригинал-макет

изготовлен ФГБОУ ВО СПбГПМУ Минздрава

России.

Format 60 × 90/8. Cond.-printed sheets 5,5.

Circulation 100. Distributed for free. The original

layout is made Saint Petersburg State Pediatric

Medical University.

Отпечатано ФГБОУ ВО СПбГПМУ

Минздрава России. 194100, Санкт-Петербург,

ул. Литовская ул., д. 2.

Заказ 47. Дата выхода 19.05.2025.

Printed by Saint Petersburg State Pediatric

Medical University. 2 Lithuania, Saint Petersburg

194100 Russian Federation.

Order 47. Release date 19.05.2025.

Полное или частичное воспроизведение материалов, содержащихся в настоящем издании, допускается только с письменного разрешения редакции.

Ссылка на журнал «Visualization in Medicine / Визуализация в медицине» обязательна.

2025, VOLUME 7, N 1

SCIENTIFIC AND PRACTICAL JOURNAL FOR DOCTORS

VISUALIZATION IN MEDICINE

- Ирина Эммануиловна Ицкович** — д. м. н., профессор, Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова (г. Санкт-Петербург, Российская Федерация)
- Наталья Александровна Карлова** — д. м. н., профессор, Санкт-Петербургский государственный университет, медицинский факультет (г. Санкт-Петербург, Российская Федерация)
- Юрий Борисович Лишманов** — член-корреспондент РАН, д. м. н., профессор, Томский национальный исследовательский медицинский центр РАН (г. Томск, Российская Федерация)
- Владимир Николаевич Малаховский** — д. м. н., профессор, Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова (г. Санкт-Петербург, Российская Федерация)
- Андрей Владимирович Мищенко** — д. м. н., профессор, Городская клиническая онкологическая больница №1 Департамента здравоохранения города Москвы (г. Москва, Российская Федерация)
- Вадим Олегович Панов** — к. м. н., Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н.Н. Блохина (г. Москва, Российская Федерация)
- Игорь Николаевич Пронин** — академик РАН, д. м. н., профессор, Научно-исследовательский институт нейрохирургии им. академика Н.Н. Бурденко (г. Москва, Российская Федерация)
- Владимир Викторович Рязанов** — д. м. н., профессор, Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет (г. Санкт-Петербург, Российская Федерация)
- Александр Викторович Савелло** — д. м. н., профессор, Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова (г. Санкт-Петербург, Российская Федерация)
- Константин Иванович Себелев** — д. м. н., профессор, Национальный медицинский исследовательский центр им. В.А. Алмазова (г. Санкт-Петербург, Российская Федерация)
- Светлана Владимировна Серебрякова** — д. м. н., профессор, Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никифорова (г. Санкт-Петербург, Российская Федерация)
- Валентин Евгеньевич Синицын** — д. м. н., профессор, университетская клиника Медицинского научно-образовательного центра МГУ им. М.В. Ломоносова (г. Москва, Российская Федерация)
- Андрей Владимирович Струц** — к. ф-м. н., доцент, Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет (г. Санкт-Петербург, Российская Федерация)
- Татьяна Николаевна Трофимова** — член-корреспондент РАН, д. м. н., профессор, Санкт-Петербургский государственный университет, медицинский факультет; Институт мозга человека им. Н.П. Бехтерева РАН; Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. академика И.П. Павлова (г. Санкт-Петербург, Российская Федерация)
- Андрей Александрович Тулупов** — член-корреспондент РАН, д. м. н., профессор, Институт «Международный томографический центр» Сибирского отделения РАН (г. Новосибирск, Российская Федерация)
- Игорь Евгеньевич Тюрин** — д. м. н., профессор, Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования (г. Москва, Российская Федерация)
- Владимир Максимович Черемисин** — д. м. н., профессор, Санкт-Петербургский государственный университет, медицинский факультет (г. Санкт-Петербург, Российская Федерация)
- Владимир Александрович Фокин** — д. м. н., профессор, Национальный медицинский исследовательский центр им. В.А. Алмазова (г. Санкт-Петербург, Российская Федерация)
- Irina E. Itskovich** — Dr. Sci. (Med.), Professor, North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov (Saint Petersburg, Russian Federation)
- Natalia A. Karlova** — Dr. Sci. (Med.), Professor, Saint Petersburg State University, Faculty of Medicine (Saint Petersburg, Russian Federation)
- Yuriy B. Lishmanov** — Corresponding Member of the RAS, Dr. Sci. (Med.), Professor, Tomsk National Research Medical Center of the RAS (Tomsk, Russian Federation)
- Vladimir N. Malakhovskiy** — Dr. Sci. (Med.), Professor, Military Medical Academy named after S.M. Kirov (Saint Petersburg, Russian Federation)
- Andrey V. Mishchenko** — Dr. Sci. (Med.), Professor, City Clinical Oncology Hospital No. 1 of the Moscow City Health Department (Moscow, Russian Federation)
- Vadim O. Panov** — Cand. Sci. (Med.), National Medical Research Center of Oncology named after N.N. Blokhin (Moscow, Russian Federation)
- Igor N. Pronin** — Academician of the RAS, Dr. Sci. (Med.), Professor, Research Institute of Neurosurgery named after Academician N.N. Burdenko (Moscow, Russian Federation)
- Vladimir V. Ryazanov** — Dr. Sci. (Med.), Professor, Saint Petersburg State Pediatric Medical University (Saint Petersburg, Russian Federation)
- Alexander V. Savello** — Dr. Sci. (Med.), Professor, Military Medical Academy named after S.M. Kirov (Saint Petersburg, Russian Federation)
- Konstantin I. Sebelev** — Dr. Sci. (Med.), Professor, Almazov National Medical Research Centre (Saint Petersburg, Russian Federation)
- Svetlana V. Serebryakova** — Dr. Sci. (Med.), Professor, All-Russian Center for Emergency and Radiation Medicine named after A.M. Nikiforov (Saint Petersburg, Russian Federation)
- Valentin E. Sinitsyn** — Dr. Sci. (Med.), Professor, University Clinic of the Medical Research and Educational Center of Moscow State University named after M.V. Lomonosov (Moscow, Russian Federation)
- Andrey V. Struts** — Cand. Sci. (Phys.-Math.), Associate Professor, Saint Petersburg State Pediatric Medical University (Saint Petersburg, Russian Federation)
- Tatiana N. Trofimova** — Corresponding Member of the RAS, Dr. Sci. (Med.), Professor, Saint Petersburg State University, Faculty of Medicine; Institute of the Human Brain named after N.P. Bekhtereva of the Russian Academy of Sciences; Pavlov First Saint Petersburg State Medical University (Saint Petersburg, Russian Federation)
- Andrey A. Tulupov** — Corresponding Member of the RAS, Dr. Sci. (Med.), Professor, Institute “International Tomographic Center” of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Novosibirsk, Russian Federation)
- Igor E. Tyurin** — Dr. Sci. (Med.), Professor, Russian Medical Academy of Continuous Professional Education (Moscow, Russian Federation)
- Vladimir M. Cheremisin** — Dr. Sci. (Med.), Professor, Saint Petersburg State University, Faculty of Medicine (Saint Petersburg, Russian Federation)
- Vladimir A. Fokin** — Dr. Sci. (Med.), Professor, Almazov National Medical Research Centre (Saint Petersburg, Russian Federation)



СОДЕРЖАНИЕ / CONTENTS

❖ ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

*А.А. Дерягина, Д.А. Малеков, А.В. Косулин,
А.М. Бармасова, К.В. Штернлихт,
В.И. Полищук, А.В. Поздняков*

Мультиспиральная компьютерная томография в оценке показателей воронкообразной деформации грудной клетки у детей разного возраста при планировании оперативного лечения4

*Н.Н. Варламова, З.М. Ибрагимова,
Е.В. Синельникова, В.Г. Часнык*

Алгоритм методов визуализации в дифференциальной диагностике очаговых образований печени на примере клинических случаев 11

❖ ОБЗОРЫ

*С.П. Нарзиева, Н.В. Марченко, А.И. Тащилкин,
Д.Л. Дубицкий, Е.Ю. Шевченко,
Д.Ю. Новокионов, Д.Д. Лопарева,
А.А. Дерягина, Р.А. Постаногов, В.П. Куценко*

Использование и безопасность контрастных веществ в современной визуализации в педиатрии.....27

*Е.А. Сотникова, М.С. Левина, Е.А. Савалей,
О.Н. Киселева, О.Ф. Позднякова,
Ю.В. Тащилкина, А.М. Сергеев*

Современный взгляд на множественную экзостозную хондродисплазию (обзор литературы, клиническое наблюдение).....36

❖ КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ

*Е.А. Сотникова, Е.А. Савалей, Д.Ю. Книга, И.П. Аршев,
Л.И. Тывин, В.И. Прошин, М.М. Гребенюк*

Возможности традиционной рентгенодиагностики юношеского эпифизеолиза головки бедренной кости ...47

МЕДИЦИНСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

М.Г. Бойцова, Н.А. Карлова, Я.П. Зорин

Преподавание клинической лучевой диагностики студентам по специальности 31.05.01 «Лечебное дело»...54

❖ ИНФОРМАЦИЯ

Правила для авторов59

❖ ORIGINAL PAPERS

*A.A. Deryagina, D.A. Malekov, A.V. Kosulin,
A.M. Barmasova, K.V. Shternlicht,
V.I. Polishchuk, A.V. Pozdnyakov*

Multispiral computed tomography in assessing indicators of funnel-shaped chest deformity in children of different ages when planning surgical treatment4

*N.N. Varlamova, Z.M. Ibragimova,
E.V. Sinelnikova, V.G. Chasnyk*

The algorithm of imaging methods in the differential diagnosis of focal liver formations on the example of clinical cases 11

❖ REVIEWS

*S.P. Narzieva, N.V. Marchenko, A.I. Tashchilkin,
D.L. Dubitskiy, E.Yu. Shevchenko,
D.Yu. Novokshonov, D.D. Lopareva,
A.A. Deryagina, R.A. Postanogov, V.P. Kutsenko*

The use and safety of contrast agents in modern imaging in pediatrics.....27

*E.A. Sotnikova, M.S. Levina, E.A. Savaley,
O.N. Kiseleva, O.F. Pozdnyakova,
Yu.V. Tashchilkina, A.M. Sergeev*

Modern view on hereditary multiple exostoses (literature review, case report)36

❖ CLINICAL CASE

*E.A. Sotnikova, E.A. Savaley, D.Yu. Kniga, I.P. Areshev,
L.I. Tyvin, V.I. Proshin, M.M. Grebenyuk*

Possibilities of traditional radiologic diagnosis of juvenile epiphyseolysis femoral head47

❖ MEDICAL EDUCATION

M.G. Boitsova, N.A. Karlova, Ya.P. Zorin

The teaching of the clinical radiology to students on speciality 31.05.01 “Genegal medicine”54

❖ INFORMATION

Rules for authors59



УДК 616-073.756.8+616.712-007.24-071.3-053.2-089.15
DOI: 10.56871/ViM.2025.12.74.001

МУЛЬТИСПИРАЛЬНАЯ КОМПЬЮТЕРНАЯ ТОМОГРАФИЯ В ОЦЕНКЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВОРОНКООБРАЗНОЙ ДЕФОРМАЦИИ ГРУДНОЙ КЛЕТКИ У ДЕТЕЙ РАЗНОГО ВОЗРАСТА ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ ОПЕРАТИВНОГО ЛЕЧЕНИЯ

© Арина Александровна Дерягина, Дамир Асиятович Малекоев, Артем Владимирович Косулин,
Анна Михайловна Бармасова, Ксана Викторовна Штернлихт, Владимир Иванович Полищук,
Александр Владимирович Поздняков

Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет. 194100, г. Санкт-Петербург,
ул. Литовская, д. 2, Российская Федерация

Контактная информация: Арина Александровна Дерягина — студентка 6 курса факультета «Лечебное дело».
E-mail: arinaderyagina@bk.ru ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-6239-7084>

Для цитирования: Дерягина А.А., Малекоев Д.А., Косулин А.В., Бармасова А.М., Штернлихт К.В., Полищук В.И.,
Поздняков А.В. Мультиспиральная компьютерная томография в оценке показателей воронкообразной деформации грудной
клетки у детей разного возраста при планировании оперативного лечения. Визуализация в медицине. 2025;7(1):4–10.
DOI: <https://doi.org/10.56871/ViM.2025.12.74.001>

Поступила: 21.01.2025

Одобрена: 28.02.2025

Принята к печати: 26.03.2025

Резюме. Воронкообразная деформация грудной клетки представляет собой деформацию грудной стенки, характеризующуюся вогнутым искривлением грудины и передних отделов ребер, различным по глубине и форме. Метод компьютерной томографии позволяет определить индекс воронкообразной деформации грудной клетки (ВДГК), оценить ротацию грудины, в отличие от метода Гижичко, с помощью которого можно установить только степень деформации. Рентгенологический метод не отображает полной картины изменений ВДГК. Несмотря на значительное количество работ, посвященных определению оптимального возраста хирургической коррекции ВДГК на основе анализа послеоперационных рецидивов, болевого синдрома, прогрессирования деформации в период роста и качества жизни пациентов, остается недостаточно изученной возрастная динамика морфометрических параметров ВДГК по данным компьютерной томографии. Отсутствие закономерности изменения степени и характера деформации в зависимости от возраста ограничивает возможности обоснованного выбора сроков оперативного лечения. Определение индекса ВДГК и угла ротации грудины играет важную роль в оценке патологических изменений у пациентов разного возраста при планировании оперативного лечения. Цель нашей работы — оценка индекса ВДГК и ротации грудины для определения подходящего возраста в выборе оптимального хирургического подхода при планировании оперативного лечения.

Ключевые слова: мультиспиральная компьютерная томография, воронкообразная деформация грудной клетки

MULTISPIRAL COMPUTED TOMOGRAPHY IN ASSESSING INDICATORS OF FUNNEL-SHAPED CHEST DEFORMITY IN CHILDREN OF DIFFERENT AGES WHEN PLANNING SURGICAL TREATMENT

© Arina A. Deryagina, Damir A. Malekov, Artyom V. Kosulin, Anna M. Barmasova,
Ksana V. Shternlicht, Vladimir I. Polishchuk, Alexander V. Pozdnyakov

Saint Petersburg State Pediatric Medical University. 2 Lithuania, Saint Petersburg 194100 Russian Federation

Contact information: Arina A. Deryagina — 6th year student of the Faculty of General Medicine.
E-mail: arinaderyagina@bk.ru ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-6239-7084>

For citation: Deryagina AA, Malekov DA, Kosulin AV, Barmasova AM, Shternlicht KV, Polishchuk V, Pozdnyakov AV. Multispiral
computed tomography in assessing indicators of funnel-shaped chest deformity in children of different ages when planning surgical
treatment. Visualization in Medicine. 2025;7(1):4–10. DOI: <https://doi.org/10.56871/ViM.2025.12.74.001>

Received: 21.01.2025

Revised: 28.02.2025

Accepted: 26.03.2025

Abstract. Funnel-shaped chest deformity is a deformity of the chest wall characterized by a concave bend of the sternum and the anterior sections of the ribs, of varying depth and shape. The computed tomography method allows you to determine the index of funnel-shaped deformation of the chest, to assess the rotation of the sternum, unlike the Gizhitskaya method, which allows you to determine only the degree of deformation. The X-ray method does not show a complete picture of the changes in the funnel-shaped deformity of the chest. Despite a significant amount of work devoted to determining the optimal age for surgical correction of funnel-shaped chest deformity based on the analysis of postoperative relapses, pain syndrome, progression of deformity during growth and quality of life of patients, the age dynamics of morphometric parameters of funnel-shaped chest deformity according to computed tomography remains insufficiently studied. The lack of a pattern of changes in the degree and nature of deformity depending on age limits the possibility of a reasonable choice of the timing of surgical treatment. The determination of the deformation index and the angle of rotation of the sternum plays an important role in assessing pathological changes in patients of different ages when planning surgical treatment. The purpose of our work was to evaluate the index of deformation and rotation of the sternum to determine the optimal age when planning surgical treatment.

Keywords: multispiral computed tomography, funnel-shaped chest deformity

ВВЕДЕНИЕ

Воронкообразная деформация грудной клетки (ВДГК) (*Pectus excavatum*) представляет собой деформацию грудной стенки, характеризующуюся вогнутым искривлением грудины и передних отделов ребер, различным по глубине и форме. Деформация приводит к уменьшению объема грудной клетки, сдавлению и смещению органов средостения, вызывает функциональные нарушения со стороны дыхательной и сердечно-сосудистой систем, которые проявляются различной степенью выраженности и косметическими дефектами [1]. ВДГК является самым частым видом деформации и составляет примерно 90% всех деформаций грудной клетки. Частота встречаемости данной патологии составляет 1 случай на 400–800 новорожденных, чаще встречается у мужчин (м:ж = 3:1) [2, 3].

Диагноз ВДГК можно предположить по визуальному осмотру пациента, но для анализа степени деформации необходимо комплексное обследование, для этого требуется рентгенологическое исследование и мультиспиральная компьютерная томография (МСКТ). Для определения степени деформации используют индекс Гижицкой. Данный индекс измеряют на рентгенограмме грудной клетки в боковой проекции. Принцип определения основан на отношении двух расстояний: наименьшего (между задней поверхностью грудины и передней поверхностью тел позвонков) к наибольшему (расстояние между истинным положением грудины), т.е. фактического к должному. По индексу Гижицкой выделяют три степени деформации: I степень — до 0,7; II степень — от 0,7 до 0,5; III степень — менее 0,5.

На данный момент по сравнению с рентгенологическим методом более информативным является метод МСКТ грудной клетки [4–6]. Данное исследование позволяет оценить индекс деформации по методу Халлера, который имеет схожее с индексом Гижицкой измерение (минимальное рас-

стояние между передней поверхностью тел позвонков и задней пластинкой грудины), но более адаптирован для МСКТ, поскольку позволяет получить дополнительное измерение в поперечном сечении (максимальное горизонтальное расстояние между внутренними краями ребер). При проведении компьютерной томографии методика позволяет оценить угол ротации грудины, в отличие от метода Гижицкой. Метод компьютерной томографии позволяет провести оценку не только индекса деформации, но и других структур торакальной области, таких как легкие, средостение [7].

Для проведения оценки по методу Халлера индекс рассчитывают по аксиальным срезам в виде отношения поперечного размера грудной клетки (горизонтального расстояния между внутренней частью ребер) к переднезаднему размеру (расстояние между передней поверхностью позвоночника и задней пластинкой грудины) (рис. 1). Значения



Рис. 1. Аксиальный срез компьютерной томографии с мягкотканым фильтром. Представлены поперечные (А) и продольные (В) измерения, индекс А/В=5,5 (индекс Халлера)

Fig. 1. Axial section of computed tomography with a soft-tissue filter. The transverse (A) and longitudinal (B) measurements of the A/B index=5,5 (Haller index) are presented

индекса Халлера соответствуют: норма — $<2,5$; мягкая воронкообразная деформация грудной клетки (I степень) — $2,5-3,2$; умеренная воронкообразная деформация грудной клетки (II степень) — $3,2-3,5$; тяжелая воронкообразная деформация грудной клетки (III степень) — $>3,5$. При показателях выше $3,2-3,5$ рекомендовано оперативное лечение [8]. Н.Л. Park предложил анатомическую классификацию по степеням деформации грудной клетки. Согласно данной классификации выделяют

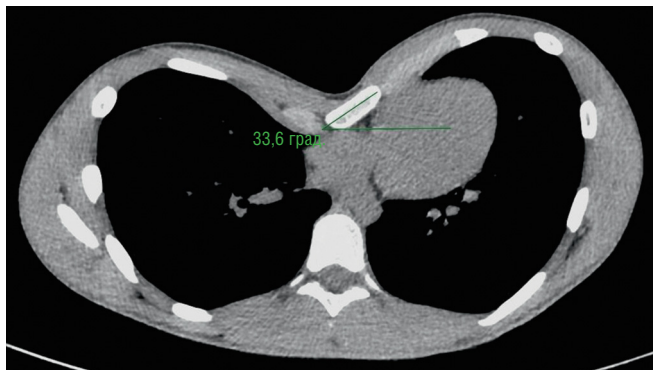


Рис. 2. Аксиальный срез компьютерной томографии с мягкотканым фильтром. Представлена ротация грудины, которая оценивается как соотношение прямой линии, проведенной параллельно грудины, к условной горизонтали, ротация $>30^\circ$

Fig. 2. Axial section of computed tomography with a soft-tissue filter. The rotation of the sternum is presented, which is assessed as the ratio of a straight line drawn parallel to the sternum to a conditional horizontal, rotation $>30^\circ$

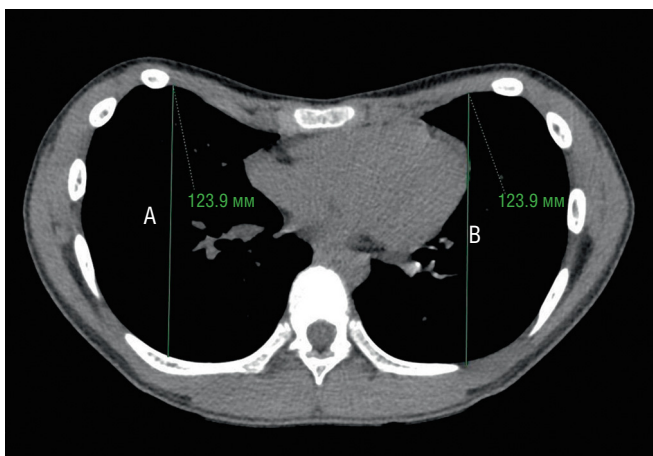


Рис. 3. Аксиальный срез компьютерной томографии с мягкотканым фильтром. Представлена симметричная воронкообразная деформация грудной клетки, поперечное измерение справа (A) и слева (B)

Fig. 3. Axial section of computed tomography with a soft-tissue filter. A symmetrical funnel-shaped chest deformity is presented, with a transverse dimension on the right (A) and on the left (B)

симметричный тип ВДГК (IA тип, IB тип) (рис. 3) и асимметричный (IIA1, IIA2, IIA3, II) (рис. 4) [9]. Определение формы и степени деформации позволяет планировать оперативное лечение.

Ротация грудины является важным морфологическим критерием, который следует отметить для каждого пациента с ВДГК. Оценивается с помощью соотношения прямой линии, проведенной по внутреннему краю грудины, к условной горизонтали в аксиальной проекции (рис. 2). Ротация грудины $>30^\circ$ считается серьезной, в то время как к легкой форме ротации относятся все варианты $<30^\circ$ [10].

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Провести оценку индекса ВДГК и ротации грудины для определения оптимального возраста при планировании оперативного лечения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В клинике Санкт-Петербургского государственного педиатрического медицинского университета было обследовано 315 пациентов в возрасте от 3 до 17 лет с установленным диагнозом «воронкообразная деформация грудной клетки». Из 315 человек 25 пациентов были обследованы в динамике с разным временным промежутком (от 1 года до 4 лет).

Всем пациентам была выполнена мультиспиральная компьютерная томография грудной клетки на аппарате Philips Ingenuity 128 Slice, толщина



Рис. 4. Аксиальный срез компьютерной томографии с мягкотканым фильтром. Представлена асимметричная воронкообразная деформация грудной клетки, поперечное измерение справа (A) и слева (B)

Fig. 4. Axial section of computed tomography with a soft-tissue filter. A asymmetrical funnel-shaped chest deformity is presented, with a transverse dimension on the right (A) and on the left (B)

среза составляла 0,9 мм, наложение срезов (передискретизация — oversampling) — 0,5, мультипланарная реконструкция — 0,7 мм. Исследование проведено по стандартной программе, получены изображения в аксиальной плоскости, в дальнейшем проведены мультиплоскостные реформации.

Статистическая обработка результатов была проведена при помощи компьютерной программы Jamovi 2.3.28.0.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Выборка составила 315 пациентов, из них 77 девочек (24%) и 238 мальчиков (76%), средний возраст — 13,4 года. Всем пациентам был рассчитан индекс Халлера, также оценивалась ротация грудины. Индекс Халлера: норма ($<2,5$) — 11 человек, I степень (2,5–3,2) — 97 человек, II степень (3,2–3,5) — 59 человек, III степень ($>3,5$) — 148 человек. Ротация грудины более 30° наблюдалась у 20 человек, менее 30° — у 295 человек.

Между индексом Халлера и возрастом обнаружена слабая отрицательная корреляция, которая является статистически значимой. Это означает, что с увеличением возраста индекс Халлера имеет тенденцию к уменьшению, но связь между переменными очень слабая (табл. 1). Практическая значимость этой корреляции невелика, так как возраст объясняет лишь около 1,7% изменчивости индекса Халлера.

Коэффициент корреляции Спирмена указывает на слабую положительную связь между ротацией грудины и индексом Халлера (табл. 1). С увеличением ротации грудины индекс Халлера имеет тенденцию увеличиваться, но связь между переменными очень слабая. Практическая значимость данной корреляции невелика, так как ротация грудины

объясняет лишь около 2,6% изменчивости индекса Халлера.

Минимальная положительная корреляция выявляется между возрастом пациентов и углом ротации грудины (табл. 1). Корреляционная связь не достигает уровня статистической значимости. При клинической оценке ротации грудины возрастные показатели не требуют специального учета. Практическая значимость корреляции крайне мала, так как возраст объясняет менее 1% изменчивости ротации грудины.

Репрезентативная группа составила 25 пациентов с ВДГК, из них 8 девочек (32%) и 17 мальчиков (68%), которым было выполнено динамическое исследование (2–3 наблюдения), также включающее расчет индекса Халлера и оценку ротации грудины (табл. 2, 3). Средний интервал исследований составил 1,5 года. Выборка небольшая и требует дальнейшего анализа.

Из 25 человек индекс Халлера не изменился у 4 пациентов (16%), уменьшился у 10 пациентов (40%), увеличился у 11 пациентов (44%).

Сумма рангов нетипичных сдвигов: 133,5. Тэмп=133,5 — полученное эмпирическое значение находится в зоне незначимости (табл. 2). По данной выборке нарастание индекса Халлера незначимо.

Из 25 человек ротация грудины увеличилась у 16 пациентов (64%), не изменилась у 9 пациентов (36%).

Сумма рангов нетипичных сдвигов: 45. Тэмп=45 — полученные эмпирические значения Тэмп находятся в зоне значимости (табл. 3). По данной выборке нарастание угла ротации грудины значимо.

ОБСУЖДЕНИЕ

Мультиспиральная компьютерная томография является ключевым методом оценки показателей

Таблица 1

Корреляционная матрица 315 пациентов с воронкообразной деформацией грудной клетки

Table 1

Correlation matrix of 315 patients with funnel-shaped chest deformity

Параметры / Parameters	Тест / Test	Возраст / Age	Индекс Халлера / Haller Index
Индекс Халлера / Haller Index	Корреляция Спирмена / Spearman's rho	-0,131	-
	df	313	-
	p-value	0,020	-
Ротация грудины / Rotation of the sternum	Корреляция Спирмена / Spearman's rho	0,093	0,161
	df	313	313
	p-value	0,100	0,004

Таблица 2

Расчет Т-критерия Вилкоксона для индекса Халлера у репрезентативной группы из 25 пациентов

Table 2

Calculation of the Wilcoxon T-test for the Haller index in a representative group of 25 patients

№	Индекс Халлера (1) / Haller Index (1)	Индекс Халлера (2) / Haller Index (2)	Сдвиг (2-1) / Shift (2-1)	Абсолютное значение сдвига / Absolute value of the shift	Ранговый номер сдвига / Shift rank number
1	4,3	4,1	-0,2	0,2	4,5
2	4,2	4,4	0,2	0,2	4,5
3	2,9	3,3	0,4	0,4	9,5
4	2,7	2,7	0	0	0
5	3,6	3,6	0	0	0
6	5,2	3,9	-1,3	1,3	20
7	3,2	2,8	-0,4	0,4	9,5
8	3,2	4,1	0,9	0,9	16
9	4,1	3,1	-1	1	18
10	2,5	3,2	0,7	0,7	13,5
11	2,5	2,7	0,2	0,2	4,5
12	2,4	2,8	0,4	0,4	9,5
13	3,5	4,1	0,6	0,6	12
14	2,9	3,1	0,2	0,2	4,5
15	5,1	4,1	-1	1	18
16	4,4	5,4	1	1	18
17	2,6	2,8	0,2	0,2	4,5
18	2,1	2,1	0	0	0
19	8,5	5,3	-3,2	3,2	21
20	3,9	3,2	-0,7	0,7	13,5
21	3,7	3,5	-0,2	0,2	4,5
22	4,9	4,5	-0,4	0,4	9,5
23	3,2	3,3	0,1	0,1	1
24	6,6	5,8	-0,8	0,8	15
25	3,5	3,5	0	0	0

Таблица 3

Расчет Т-критерия Вилкоксона для ротации грудины у репрезентативной группы из 25 человек

Table 3

Calculation of the Wilcoxon T-test for determining sternum rotation in a representative group of 25 people

№	Ротация грудины (1) / Sternum rotation (1)	Ротация грудины (2) / Sternum rotation (2)	Сдвиг (2-1) / Shift (2-1)	Абсолютное значение сдвига / Absolute value of the shift	Ранговый номер сдвига / Shift rank number
1	5	9	4	4	17
2	6	9	3	3	13
3	0	0	0	0	5
4	0	6	6	6	22
5	5	8	3	3	13
6	0	0	0	0	5
7	20	23	3	3	13
8	18	24	6	6	22

Окончание табл. 3 / Ending of the Table 3

№	Ротация грудины (1) / Sternum rotation (1)	Ротация грудины (2) / Sternum rotation (2)	Сдвиг (2-1) / Shift (2-1)	Абсолютное значение сдвига / Absolute value of the shift	Ранговый номер сдвига / Shift rank number
9	0	0	0	0	5
10	0	6	6	6	22
11	0	6	6	6	22
12	7	12	5	5	19
13	20	24	4	4	17
14	7	10	3	3	13
15	5	5	0	0	5
16	15	21	6	6	22
17	0	0	0	0	5
18	5	5	0	0	5
19	12	12	0	0	5
20	7	11	4	4	17
21	26	40	14	14	25
22	25	28	3	3	13
23	7	7	0	0	5
24	0	0	0	0	5
25	7	9	2	2	10

ВДГК у детей перед оперативным лечением. Метод позволяет не только определить степень деформации грудной клетки, оценить угол ротации грудины, но и исключить сопутствующие патологии, необходимые в оценке предоперационного планирования. Анализ всех показателей и индекса грудной клетки, полученных с помощью МСКТ перед операцией, дает возможность определить оптимальный подход хирургического лечения. Преимуществами МСКТ перед другими методами являются: высокая точность измерения показателей (возможность 3D-реконструкции), оценка костных и мягкотканых структур, возможность расчета индексов для объективизации показаний к оперативному лечению.

Зависимости между показателями (возраст, индекс Халлера, ротация грудины) не выявлено. Изменения не связаны друг с другом. Ограничением исследования является выборка, состоящая из пациентов разного возраста. Стоит также учитывать индивидуальные особенности пациентов (степень деформации, возраст, кардиореспираторные нарушения, сопутствующие заболевания и психологическое состояние). Все это подчеркивает необходимость персонализированного подхода к пациентам с ВДГК.

В нашей работе данные, полученные при МСКТ и в дальнейшем статистически обработанные, демонстрируют, что с возрастом не происходит зна-

чимого увеличения степени воронкообразной деформации грудной клетки, а также нарастания угла ротации грудины. В связи с чем ожидаемый эффект от оперативного вмешательства в более раннем возрасте не превосходит таковой в более позднем.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Мультиспиральная компьютерная томография является обязательным этапом предоперационного обследования у пациентов с воронкообразной деформацией грудной клетки, который позволяет объективизировать показания к хирургической коррекции, выбрать оптимальный метод оперативного вмешательства и улучшить отдаленные результаты лечения. Проведенный анализ не выявил статистически значимых корреляций между основными диагностическими параметрами: возрастом пациента, индексом Халлера (как количественным показателем выраженности деформации), углом ротации грудины. Основным ограничением наблюдения следует считать неоднородность исследуемой группы по возрастному составу, что могло повлиять на результаты анализа взаимосвязей между изучаемыми параметрами. Однако у репрезентативной группы результаты также подтверждают, что с возрастом показатели если и изменяются, то незначительно.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. Все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

Информированное согласие на публикацию. Авторы получили письменное согласие законных представителей пациентов на публикацию медицинских данных.

ADDITIONAL INFORMATION

Author contribution. Thereby, all authors made a substantial contribution to the conception of the study, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the article, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the study.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

Consent for publication. Written consent was obtained from legal representatives of the patients for publication of relevant medical information within the manuscript.

ЛИТЕРАТУРА

- Shamberger R.C. Congenital chest wall deformities. *Curr Probl Surg.* 1996;33:469–542. DOI:10.1016/s0011-3840(96)80005-0.
- Fokin A.A., Steuerwald N.M., Ahrens W.A. et al. Anatomical, histologic, and genetic characteristics of congenital chest wall deformities. *Semin Thorac Cardiovasc Surg.* 2009;21:44–57. DOI: 10.1053/j.semtcvs.2009.03.001.
- Потапчук А.А., Дидур М.Д. Осанка и физическое развитие детей. Программы диагностики и коррекции нарушений. СПб.; 2001.
- Косулин А.В., Елякин Д.В., Охлопкова Е.И., Придатко О.Г., Клыбанская Ю.В., Дворецкий В.С. Хирургическое лечение врожденного кифоза на фоне множественных пороков развития позвонков. *Педиатр.* 2018;9(1):112–117. DOI: 10.17816/PED91112-117.
- Косулин А.В., Елякин Д.В., Дмитриева Н.Н., Абзалиева А.Д., Блаженко А.А., Волченко Л.В. Случай хирургического лечения запущенного врожденного кифосколиоза. *Педиатр.* 2018;9(3):118–123. DOI: 10.17816/PED93118-123.
- Разинова А.А., Гребенюк М.М., Поздняков А.В., Позднякова О.Ф., Малек Д.А. Высокотехнологичные методы визуализации (физико-технические основы высокотехнологичных методов визуализации). 2019.
- Robbins L.P. Pectus excavatum. *Radiology case reports.* 2011;6(1):460. DOI: 10.2484/rcr.v6i1.460.
- Kelly RE. Jr. Pectus excavatum: historical background, clinical picture, preoperative evaluation and criteria for operation. *Semin Pediatr Surg.* 2008;17:181–93. DOI: 10.1053/j.sempedsurg.2008.03.002.
- Brochhausen C., Tural S., Muller F.K., Schmitt V.H., Coerd W., Wihlm J.M., Schier F., Kirkpatrick C.J. Pectus excavatum: history, hypotheses and treatment options. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2012;14(6):801–6. DOI: 10.1093/icvts/ivs045.
- Cartoski M., Nuss D., Goretsky M. et al. Classification of the Dymorphology of Pectus Excavatum. *J Pediatr Surg.* 2006;41(9):1573–81. DOI: 10.1016/j.jpedsurg.2006.05.055.
- Shamberger R.C. Congenital chest wall deformities. *Curr Probl Surg.* 1996;33:469–542. DOI: 10.1016/s0011-3840(96)80005-0.
- Fokin A.A., Steuerwald N.M., Ahrens W.A. et al. Anatomical, histologic, and genetic characteristics of congenital chest wall deformities. *Semin Thorac Cardiovasc Surg.* 2009;21:44–57. DOI: 10.1053/j.semtcvs.2009.03.001.
- Potapchuk A.A., Didur M.D. Posture and physical development of children. Programs for the diagnosis and correction of disorders. Saint Petersburg; 2001. (In Russian).
- Kosulin A.V., Elyakin D.V., Okhlopova E.I., Pridatko O.G., Klybanskaya Yu.V., Dvoretzky V.S. Surgical treatment of congenital kyphosis on the background of multiple vertebral malformations. *Pediatrician.* 2018;1:112–117. (In Russian). DOI: 10.17816/PED91112-117.
- Kosulin A.V., Elyakin D.V., Dmitrieva N.N., Abzalieva A.D., Blazhenko A.A., Volchenko L.V. A case of surgical treatment of advanced congenital kyphoscoliosis. *Pediatrician.* 2018;9(3):118–123. (In Russian). DOI: 10.17816/PED93118-123.
- Razina A.A., Grebenyuk M.M., Pozdnyakov A.V., Pozdnyakova O.F., Malekov D.A. High-tech visualization techniques (physico-technical foundations of high-tech visualization methods). 2019. (In Russian).
- Robbins L.P. Pectus excavatum. *Radiology case reports.* 2011;6(1):460. DOI: 10.2484/rcr.v6i1.460.
- Kelly RE. Jr. Pectus excavatum: historical background, clinical picture, preoperative evaluation and criteria for operation. *Semin Pediatr Surg.* 2008;17:181–93. DOI: 10.1053/j.sempedsurg.2008.03.002.
- Brochhausen C., Tural S., Muller F.K., Schmitt V.H., Coerd W., Wihlm J.M., Schier F., Kirkpatrick C.J. Pectus excavatum: history, hypotheses and treatment options. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2012;14(6):801–6. DOI: 10.1093/icvts/ivs045.
- Cartoski M., Nuss D., Goretsky M. et al. Classification of the Dymorphology of Pectus Excavatum. *J Pediatr Surg.* 2006;41(9):1573–81. DOI: 10.1016/j.jpedsurg.2006.05.055.

REFERENCES

УДК 616-073.43+620.179.16+616.36-006-003.4-007.15
DOI: 10.56871/ViM.2025.99.50.002

АЛГОРИТМ МЕТОДОВ ВИЗУАЛИЗАЦИИ В ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКЕ ОЧАГОВЫХ ОБРАЗОВАНИЙ ПЕЧЕНИ НА ПРИМЕРЕ КЛИНИЧЕСКИХ СЛУЧАЕВ

© Наталья Николаевна Варламова^{1,2}, Зейнаб Магомедовна Ибрагимова²,
Елена Владимировна Синельникова¹, Вячеслав Григорьевич Часнык¹

¹ Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет. 194100, г. Санкт-Петербург, ул. Литовская, д. 2, Российская Федерация

² Гастроэнтерологический центр «Эксперт». 197110, г. Санкт-Петербург, ул. Пионерская, д. 16, Российская Федерация

Контактная информация: Наталья Николаевна Варламова — ассистент кафедры лучевой диагностики и биомедицинской визуализации ФП и ДПО СПбГПМУ, врач ультразвуковой диагностики гастроэнтерологического центра «Эксперт». E-mail: topsi2005@mail.ru ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9905-4089> SPIN: 9064-1359

Для цитирования: Варламова Н.Н., Ибрагимова З.М., Синельникова Е.В., Часнык В.Г. Алгоритм методов визуализации в дифференциальной диагностике очаговых образований печени на примере клинических случаев. Визуализация в медицине. 2025;7(1):11–26. DOI: <https://doi.org/10.56871/ViM.2025.99.50.002>

Поступила: 23.01.2025

Одобрена: 03.03.2025

Принята к печати: 26.03.2025

Резюме. Современной задачей различных методов медицинской визуализации является диагностическая настороженность в отношении опухолевых поражений печени. Очаговые заболевания печени, в том числе и злокачественные, как правило, протекают бессимптомно. Таким образом, ранняя и точная диагностика не может быть переоценена. Традиционное транс-абдоминальное ультразвуковое исследование остается базовым инструментом обследования печени и обладает высокой специфичностью. Усовершенствования в ультразвуковых технологиях позволяют повысить и чувствительность метода. В настоящее время накоплен огромный опыт применения различных методов медицинской визуализации в диагностике очаговых изменений печени, таких как простые и сложные кисты, гемангиомы, абсцессы, аденомы, очаговая узловатая гиперплазия, злокачественные образования. Несмотря на то что большинство очаговых образований печени являются доброкачественными, риск малигнизации остается высоким, и правильная тактика наблюдения определяется после подробного обследования. Новые высокоинформативные диагностические методики позволяют выявить очаговые образования на ранних стадиях опухолевого процесса размером менее 1 см. Остается актуальным вопрос о сложности выявления очаговых, в том числе и злокачественных, поражений на фоне цирротической трансформации печени. Выбор оптимального алгоритма визуализации различных очаговых образований печени должен быть основан на прогнозируемых результатах, преимуществах, недостатках и противопоказаниях каждого метода, специфичности, чувствительности, безопасности пациента.

Ключевые слова: ультразвуковое исследование, киста печени, опухоль печени, объемные образования печени

THE ALGORITHM OF IMAGING METHODS IN THE DIFFERENTIAL DIAGNOSIS OF FOCAL LIVER FORMATIONS ON THE EXAMPLE OF CLINICAL CASES

© Natalia N. Varlamova^{1,2}, Zeinab M. Ibragimova², Elena V. Sinelnikova¹, Vyacheslav G. Chasnyk¹

¹ Saint Petersburg State Pediatric Medical University. 2 Lithuania, Saint Petersburg 194100 Russian Federation

² Gastroenterological center “Expert”. 16 Pionerskaya str., Saint Petersburg 197110 Russian Federation

Contact information: Natalia N. Varlamova — Assistant of the Department of Radiation Diagnostics and Biomedical Imaging of FP and APE of the SPbSPMU, Ultrasound diagnostics doctor gastroenterological center “Expert”. E-mail: topsi2005@mail.ru ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9905-4089> SPIN: 9064-1359

For citation: Varlamova NN, Ibragimova ZM, Sinelnikova EV, Chasnyk VG. The algorithm of imaging methods in the differential diagnosis of focal liver formations on the example of clinical cases. Visualization in Medicine. 2025;7(1):11–26. DOI: <https://doi.org/10.56871/ViM.2025.99.50.002>

Received: 23.01.2025

Revised: 03.03.2025

Accepted: 26.03.2025

Abstract. The modern task of various medical imaging methods is diagnostic alertness in relation to liver tumor lesions. Focal liver diseases, including malignant ones, are usually asymptomatic, so early and accurate diagnosis cannot be overestimated. Traditional transabdominal ultrasound remains the basic tool for liver examination and has a high specificity. Improvements in ultrasound

technology can also increase the sensitivity of the method. To date, extensive experience has been gained in using various imaging methods in the diagnosis of focal liver lesions such as simple and complex cysts, hemangiomas, abscesses, adenomas, focal nodular hyperplasia, and malignancies. Despite the fact that most of the focal formations of the liver are benign, the risk of malignancy remains high, and the correct monitoring tactics are determined after a detailed examination. New highly informative diagnostic techniques make it possible to identify focal formations in the early stages of the tumor process with a size of less than 1 cm. The issue of the difficulty of detecting focal, including malignant, lesions against the background of cirrhotic liver transformation remains relevant. The choice of an algorithm for visualizing various liver lesions should be based on the predicted results, advantages, disadvantages and contraindications of each method, specificity, sensitivity, and patient safety.

Keywords: ultrasound examination, liver cyst, liver tumor, bulky liver formations

ВВЕДЕНИЕ

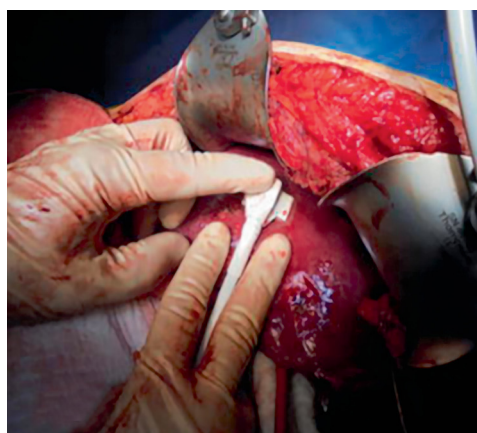
К настоящему времени в связи с широким диапазоном диагностических методов визуализации наблюдается рост случайно выявленных очаговых поражений печени как при мониторинге хронических заболеваний печени, так и у условно здоровых людей [1]. Ранняя диагностика новообразований имеет решающее значение для определения тактики дальнейшего ведения пациентов. Точность и детализация визуализирующих методов исследования в оценке очаговых изменений позволяет избежать необоснованных биопсий, которые могут привести к незначительным (9,5%) и серьезным (2,4%) осложнениям, а также смертности (до 0,1%) [2].

Для диагностики очаговых поражений в арсенале врачей есть ряд инструментов с различными технологиями получения изображения. Прочное место среди визуализирующих методов занимает ультразвуковое исследование (УЗИ) с такими модальностями, как В-режим, доплерография

(УЗДГ), ультразвуковое исследование с контрастным усилением (КУУЗИ), УЗ-эластометрия. Наряду с ультразвуковыми методиками широко используются и лучевые исследования с новыми модификациями: мультиспиральная компьютерная томография (МСКТ), магнитно-резонансная или магнитно-ядерная томография (МРТ), диффузионно-взвешенная магнитно-резонансная томография (ДВ МРТ) или диффузионная спектральная томография (DWI — англ. diffusion weight imaging), позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ-КТ) [3–5].

Диагностическая точность традиционного УЗИ в выявлении и дифференциальной диагностике очаговых поражений печени оценивается в 62%. Его чувствительность для выявления метастазов колеблется от 40 до 80%. Для метастазов менее 1 см чувствительность УЗИ снижается до 20% [6–8].

Особое место занимает интраоперационное УЗИ (ИОУЗИ), где используются Т-, U- и I-образные высокочастотные микроконвексные датчики от 2 до 10 МГц и выше, радиус кривизны 20 мм, угол



a/a



b/b

Рис. 1. Сканирование поверхности печени с помощью интраоперационного микроконвексного датчика (датчика Макуучи), 1–13 МГц, 65°, Hitachi Aloka Medical, Ltd., Япония (интраоперационный вид). На фотографии показано, как следует держать датчик: он должен лежать на ладони, зажатый между пальцами (фото предоставлено М.В. Арушанян, Fujifilm, ARIETTA Team)

Fig. 1. Scanning of the liver surface using an intraoperative microconvex sensor (Макуучи sensor), 1–13 MHz, 65°, Hitachi Aloka Medical, Ltd., Japan (intraoperative view). The photo shows how to hold the sensor: it should be placed in the palm of your hand, clamped between your fingers (photo courtesy of M.V. Arushanyan, Fujifilm, ARIETTA Team)

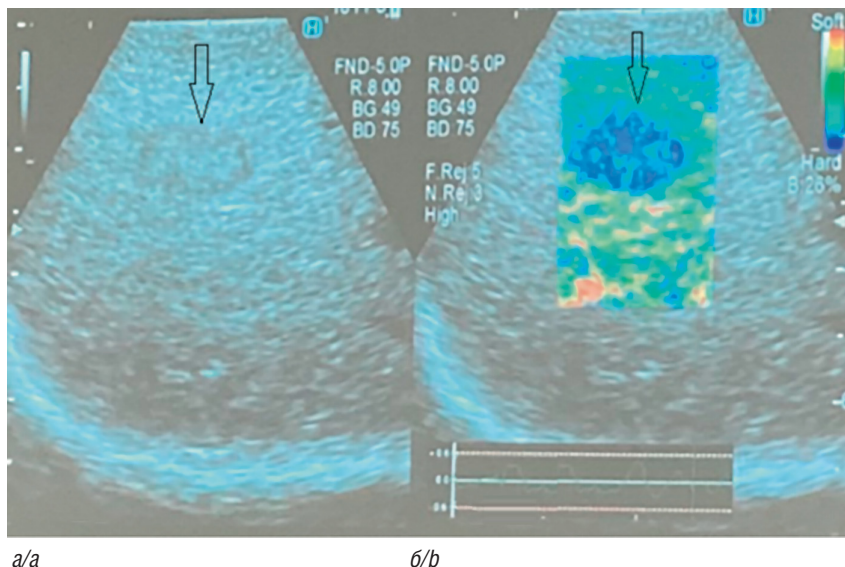


Рис. 2. Компрессионная эластография для исследования очагового поражения при интраоперационном исследовании печени: *a* — очаговое образование в серой шкале; *b* — очаговое образование в режиме компрессионной эластографии окрашивается синим цветом и является более упругим по сравнению с менее упругой окружающей паренхимой красно-зеленого спектра (фото предоставлено П. Беловым, Fujifilm, ARIETTA Team, источник: Dr Kokudo. The National Centre for Global Health and Medicine (NCGM))

Fig. 2. Compression elastography for the study of focal lesions during intraoperative examination of the liver: *a* — focal formation in the gray scale; *b* — the focal formation in the compression elastography mode is colored blue and is more elastic compared to the less elastic surrounding parenchyma of the red-green spectrum. (photo courtesy of P. Belov, Fujifilm, ARIETTA Team, source: Dr. Kokudo. The National Centre for Global Health and Medicine (NCGM))



Рис. 3. Интраоперационное исследование новообразования в печени с контрастированием в высоком разрешении: *a* — в серой шкале гетерогенное образование без четких контуров; *b* — в венозную фазу произошло вымывание из паренхимы печени (фото предоставлено М.В. Арушанян, Fujifilm, ARIETTA Team, источник: <https://rus-exp.com/education/techs/surgery/makuuchi.php?ysclid=m55p9n5ugn830577907>)

Fig. 3. Intraoperative examination of a neoplasm in the liver with high-resolution contrast: *a* — Heterogeneous formation without clear contours on a gray scale; *b* — leaching from the liver parenchyma occurred in the venous phase (photo courtesy of M.V. Arushanyan, Fujifilm, ARIETTA Team, source: <https://rus-exp.com/education/techs/surgery/makuuchi.php?ysclid=m55p9n5ugn830577907>)

сканирования от 65 до 82°, что позволяет визуализировать образования менее 2 мм (рис. 1, а, б) [9, 10]. Данные датчики названы Макуучи в честь врача, придумавшего такую конструкцию.

Ультразвуковой метод, который показывает относительную деформацию тканей в цветовом картировании в реальном времени, называется компрессионная эластография. Интраоперационное использование эластографии позволяет выявить не визуализируемые при классическом УЗИ изоэхогенные очаговые образования и тем самым улучшить информативность тонкоигольной пункционной биопсии за счет лучшей визуализации патологического очага (рис. 2).

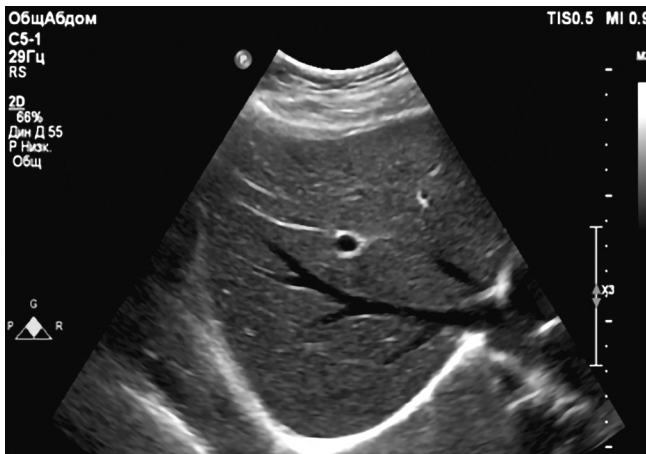


Рис. 4. УЗ-изображение неизменной паренхимы печени (личный архив Н.Н. Варламовой)

Fig. 4. Ultrasound image of the unchanged liver parenchyma (personal archive of N.N. Varlamova)

С 2014 года началась новая эра ультразвуковой диагностики, когда в Российской Федерации были разрешены к применению контрастно-усиленные препараты. УЗИ с контрастным усилением позволяет провести не только качественный, но и количественный анализ гемодинамики патологического образования (рис. 3).

Печень представляет собой солидный интраабдоминальный орган с однородной мелкозернистой эхоструктурой. В норме паренхима печени равна или чуть выше по отношению к корковому веществу почки, незначительно ниже по отношению к паренхиме поджелудочной железы и ниже эхогенности селезенки. В структуре паренхимы печени лоцируются непатологические включения, такие как линейные анэхогенные и гиперэхогенные структуры (сосуды, стенки сосудов, связки) (рис. 4).

Последний пересмотр классификации опухолей пищеварительного тракта был предпринят Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) в 2019 году [10]. На данный момент в нее входят более 40 различных видов опухолей. Существуют множество УЗ-классификаций очаговых образований печени. Наиболее часто используемые учитывают структуру образования (табл. 1) и фоновое состояние печени (рис. 5) [11].

В данной статье мы подробно рассмотрим вариативность ультразвуковой картины некоторых часто встречаемых в рутинной практике очаговых образований печени.

Гемангиомы представляют собой опухоли неэпителиального (мезенхимального) происхождения и являются наиболее распространенными

Таблица 1

Ультразвуковая классификация очаговых образований печени в зависимости от структуры образования

Table 1

Ultrasound classification of focal liver formations depending on the structure of the formation

Жидкостный характер / Liquid character	Солидный характер / Solid character	
	доброкачественные / benign	злокачественные / malignant
<ul style="list-style-type: none"> • Кисты / Cysts. • Абсцесс / Abscess. • Ушиб / Injury. • Кистозные метастазы / Cystic metastases 	<ul style="list-style-type: none"> • Гемангиома / Hemangioma. • Очаговая узловатая гиперплазия / Focal nodular hyperplasia. • Фокальная нодулярная гиперплазия / Focal nodular hyperplasia. • Гепатоцеллюлярная аденома / Hepatocellular adenoma. • Липома, ангиолипостома / Lipoma, angioliipoma. • Очаговый стеатоз / Focal steatosis. • Узелковая регенеративная гиперплазия / Nodular regenerative hyperplasia. • Кальцинированная гранулема / Calcified granuloma 	<ul style="list-style-type: none"> • Гепатоцеллюлярный рак / Hepatocellular carcinoma. • Холангиокарцинома / Cholangiocarcinoma. • Метастазы / Metastases. • Ангиосаркома / Angiosarcoma

доброкачественными сосудистыми поражениями печени. Распространенность этих поражений колеблется от 3 до 20%, возраст обнаружения чаще между 30–50 годами, предрасположенность больше у женщин (соотношение 2–5:1), четкой связи с беременностью или приемом оральных контрацептивов нет [1].

Размер гемангиом обычно остается стабильным и может варьировать от менее 4 см (капиллярные) до более чем 20 см (кавернозные и гигантские). Капиллярные гемангиомы повышенной эхогенности, однородной структуры имеют четкие ровные контуры, лоцируются чаще рядом с ветвями печеночных вен (рис. 6) [11].

Несмотря на то что гемангиомы представляют собой сплетения большого количества ветвящихся

сосудов с узким просветом, хаотичным и очень медленным кровотоком, в большинстве случаев при обычном цветовом доплеровском картировании кровотоков не регистрируется, поэтому ЦДК не имеет важного значения в дифференциальной диагностике [11]. Регистрация «питающего» сосуда от периферии к центральной части опухоли возможна только при использовании режима микрокровотока (SMI), который интегрирован в премиальные ультразвуковые системы. Осложнения возникают редко, в основном при значительных размерах опухоли из-за сжатия соседних структур, разрыва или спонтанного кровотечения [12]. Гемангиомы могут выглядеть гипозоночными при жировой дистрофии печени из-за гиперэхогенного фона (рис. 7).

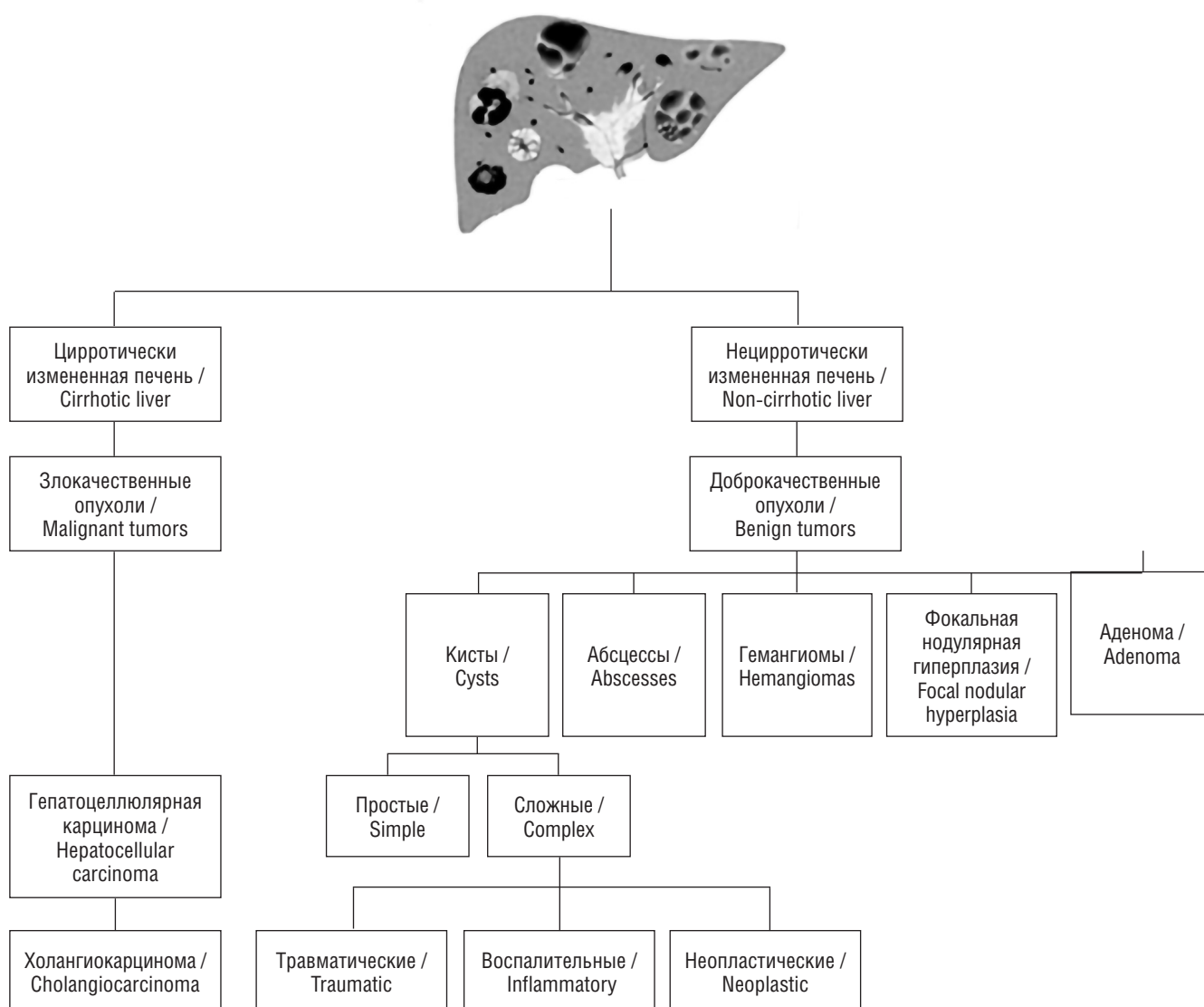


Рис. 5. Ультразвуковая классификация очаговых образований печени в зависимости от фонового состояния печени
 Fig. 5. Ultrasound classification of liver nodules depending on the background condition of the liver

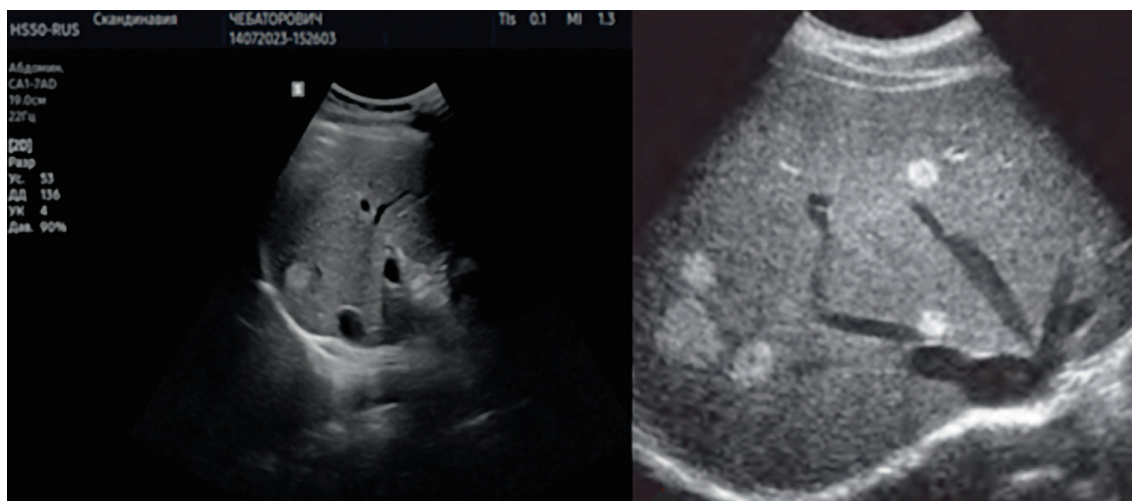


Рис. 6. В-режим. Классическая ультразвуковая картина гемангиом печени

Fig. 6. B-mode. Classical ultrasound picture of liver hemangiomas

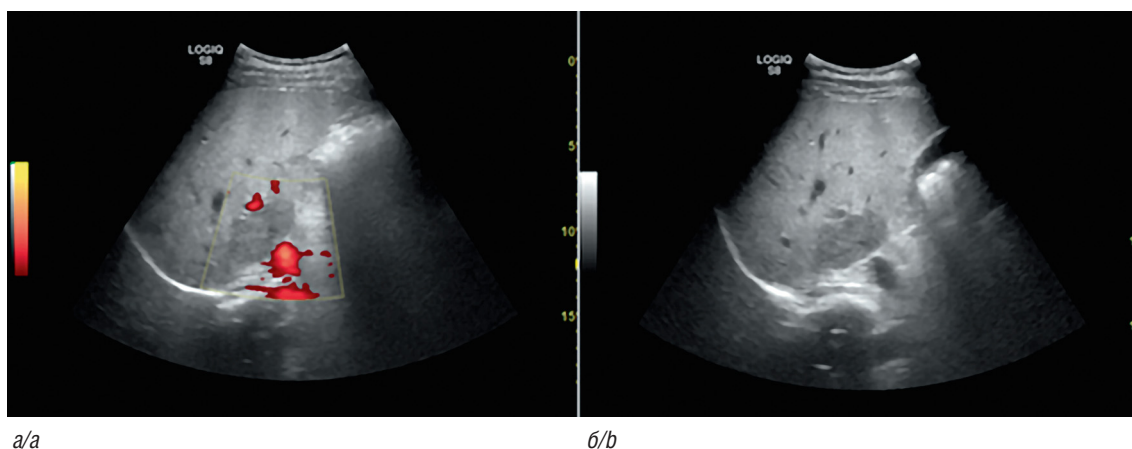


Рис. 7. Гемангиома на фоне стеатоза печени: *а* — режим энергетического картирования — кровоток не регистрируется; *б* — гипозоногенное образование на фоне повышенной эхогенности печени (личный архив Н.Н. Варламовой)

Fig. 7. Hemangioma on the background of liver steatosis: *a* — energy mapping mode — blood flow is not recorded; *b* — hypoechoic formation on the background of increased echogenicity of the liver (personal archive of N.N. Varlamova)

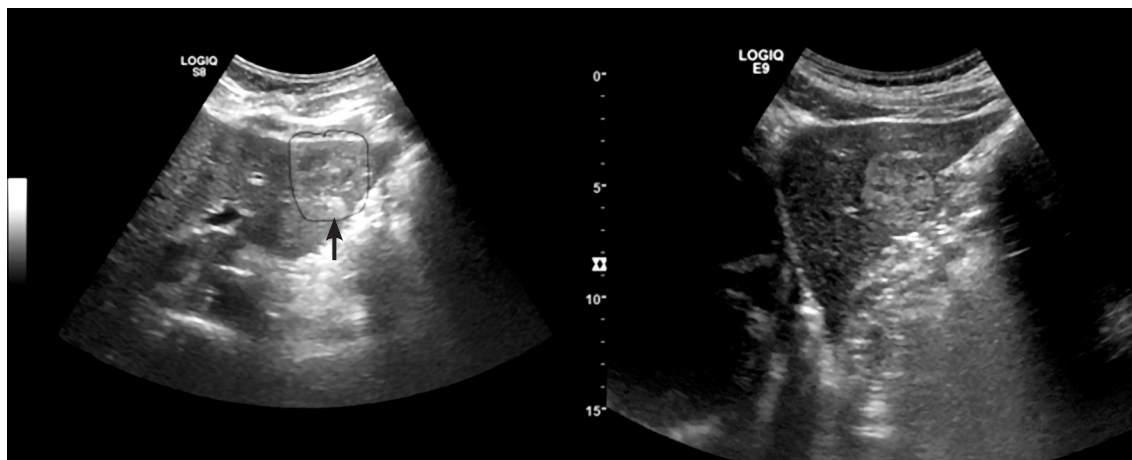
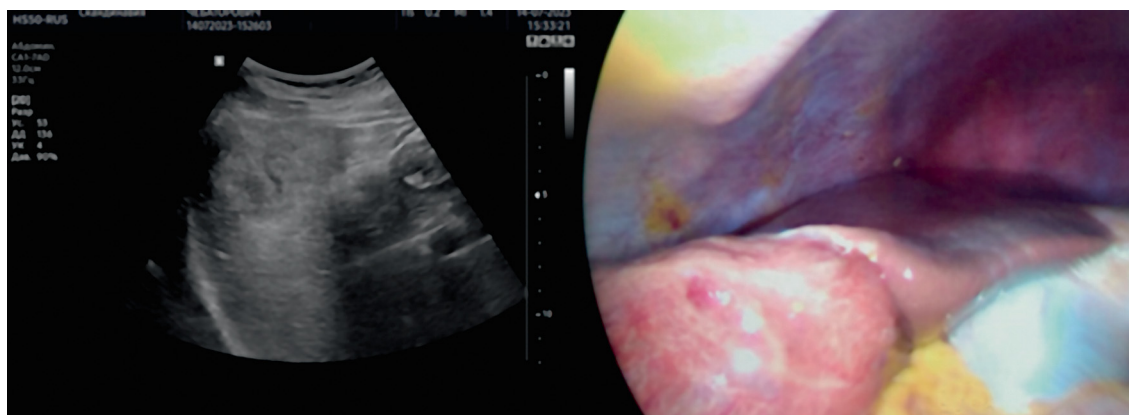


Рис. 8. Кавернозная гемангиома (личный архив Н.Н. Варламовой)

Fig. 8. Cavernous hemangioma (personal archive of N.N. Varlamova)



a/a

б/б

Рис. 9. Кавернозная гемангиома: *a* — ультразвуковая картина; *б* — лапароскопическое исследование (личный архив Н.Н. Варламовой)

Fig. 9. Cavernous hemangioma; *a* — ultrasound image; *b* — laparoscopic examination (personal archive of N.N. Varlamova)

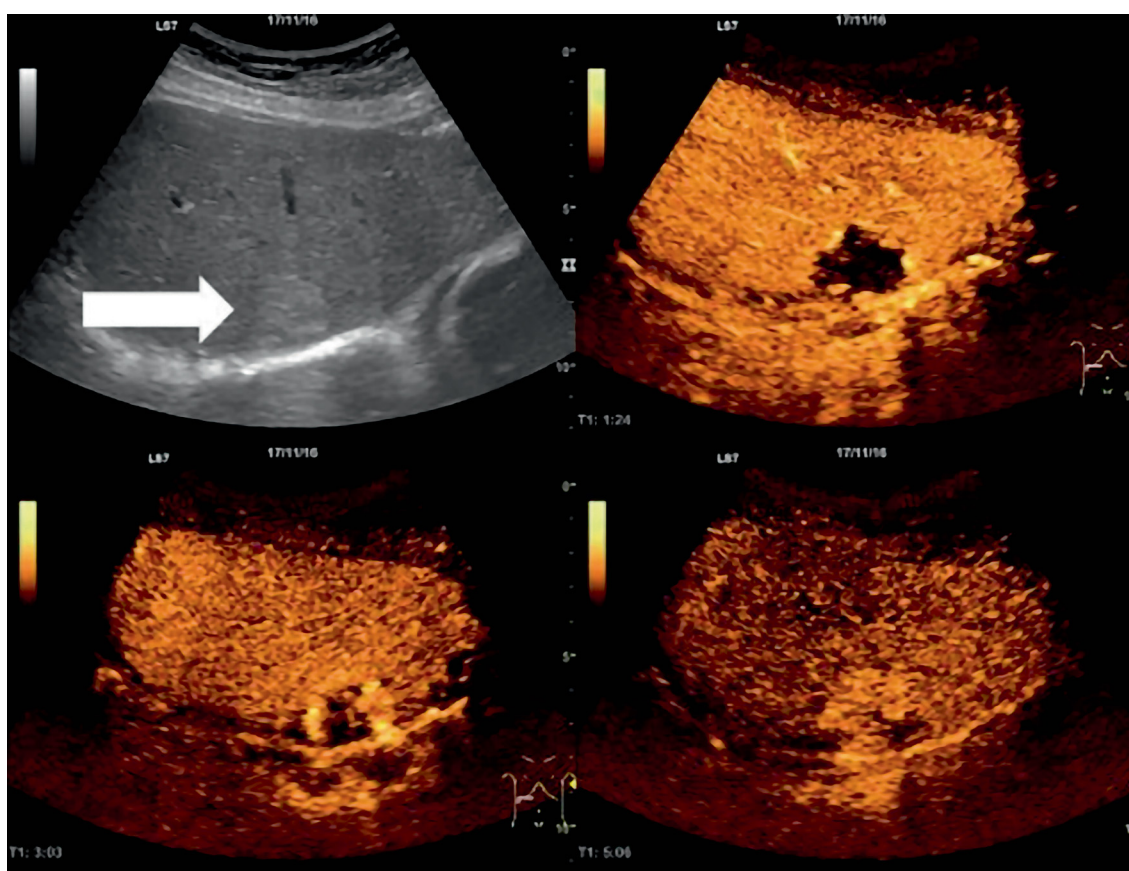


Рис. 10. Ультразвуковое исследование гемангиомы печени в В-режиме и с контрастным усилением (CEUS). Источник: Max Powers, Liver hemangioma sonography ceus, CC BY-SA 4.0

Fig. 10. Ultrasound examination of liver hemangioma in B-mode and with contrast enhancement (CEUS). Source: Max Powers, Liver hemangioma sonography ceus, CC BY-SA 4.0

Для кавернозных гемангиом характерны разнообразная форма, более крупные размеры, гетерогенная эхогенность и неоднородная эхоструктура, может определяться эффект «дистального усиления»

», неровные контуры, гемангиомы могут деформировать край печени (рис. 8, 9).

Общим для всех методов исследования с контрастным усилением является периферическое

и сферическое накопление контраста с последующим центростремительным накоплением в отсроченных фазах. Типичные КУУЗИ-признаки гемангиомы — периферическое нодулярное контрастирование в артериальной фазе, прогрессирующее центростремительно до частичного или полного заполнения, которое длится от нескольких секунд до нескольких минут (рис. 10).

Эластография сдвиговой волны, в отличие от компрессионной, позволяет уже количественно оценить значения упругости в очаге и сопоставить с интактной паренхимой (рис. 11). Эластография рассматривается как дополняющий критерий в оценке очаговой патологии.

Литературные данные показывают, что опухоли имеют более высокую жесткость, чем окружающая неизменная паренхима. Однако трудности возникают в оценке жесткости опухоли на цирротической печени, так как разница в жесткости может быть вариабельной. По этой причине в настоящее время пока еще нет единых эластографических критериев злокачественности, и, как следствие, проводить дифференциальную диагностику между истинными солидными очагами методом эластографии не рекомендовано [13].

Очаговая узловая гиперплазия (ОУГ) — в литературе также встречаются синонимы названия этого заболевания: узловая гиперплазия печени, очаговый цирроз, паренхиматозная гамартома печени, фокальная нодулярная гиперплазия, фибронодулярная гиперплазия — явля-

ется вторым наиболее распространенным доброкачественным образованием печени. Чаще всего встречается у пациентов молодого и среднего возраста (35–50 лет), в 90% случаев — у женщин. Так же, как и у гемангиом, нет четкой связи с беременностью или приемом оральных контрацептивов. Может сочетаться с другими очаговыми образованиями (аденомы, кисты, гемангиомы) [14].

Очаговая узловая гиперплазия представляет собой пролиферативную клеточную реакцию на дистрофичные aberrантные артерии и является гиперплазией печеночной паренхимы, разделенной на узлы фиброзными прослойками, которые могут образовывать рубцы звездчатой формы [15].

Как правило, при ультразвуковом исследовании ОУГ представляет собой одиночное однородное гипо- или изоэхогенное и очень редко гиперэхогенное образование с четкими контурами, без капсулы, при ЦДК центральные артерии имеют вид колеса со спицами и видны на УЗИ в 20–30% случаев (рис. 12, 13) [16, 17].

Для дифференциальной диагностики ОУГ от аденом, гиперсосудистых злокачественных поражений, гемангиом с высоким кровотоком большое значение имеет высокоскоростное центробежное заполнение сосудистого русла опухоли в виде паттерна «спицеобразного колеса» ОУГ во время артериальной фазы при КУУЗИ. Во время портальной венозной фазы происходит полное усиление,

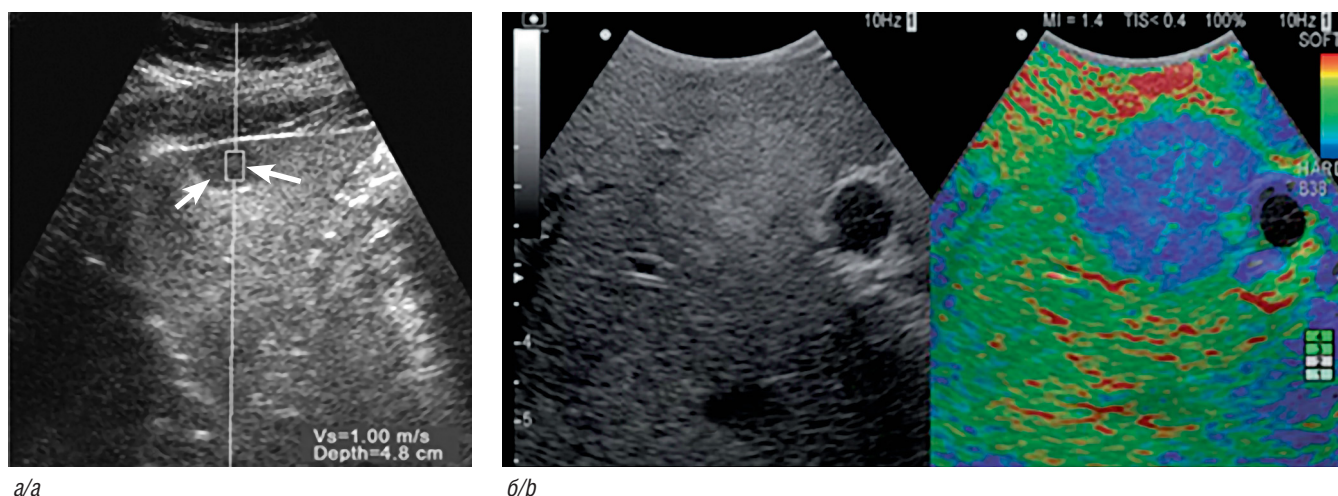


Рис. 11. Эластография сдвиговой волны гемангиомы на фоне стеатоза (а; источник: <https://drmolov.ru/jelastografija-pri-ochagovom-zabolevanii-pecheni/>); компрессионная эластография кавернозной гемангиомы (б; источник: <https://rus-exp.com/education/techs/surgery/makuuchi.php?ysclid=m55p9n5ugn830577907>)

Fig. 11. Elastography of the hemangioma shear wave on the background of steatosis (a; source: <https://drmolov.ru/jelastografija-pri-ochagovom-zabolevanii-pecheni/>); compression elastography of cavernous hemangioma (b; source: <https://rus-exp.com/education/techs/surgery/makuuchi.php?ysclid=m55p9n5ugn830577907>)

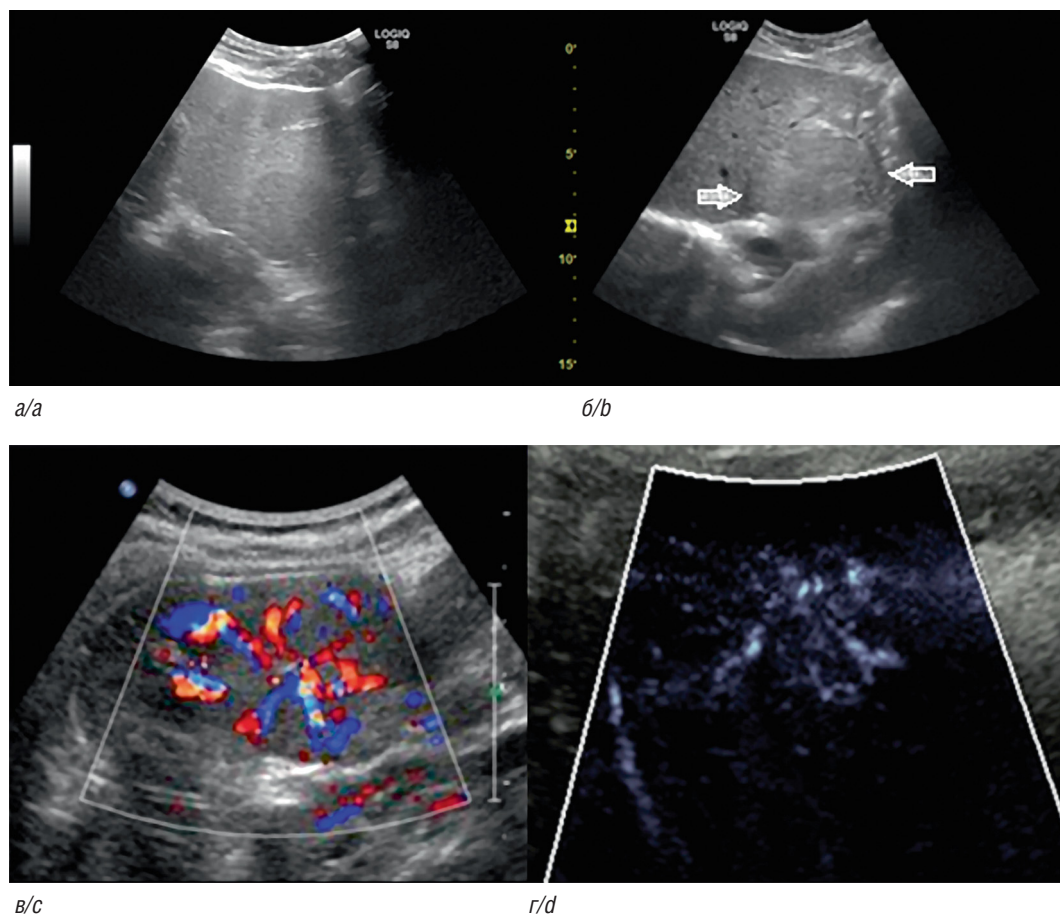
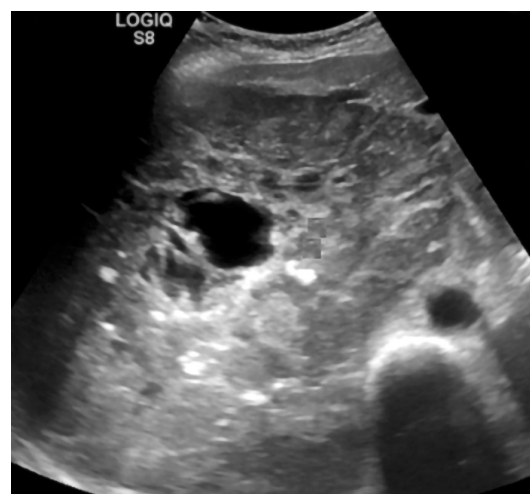


Рис. 12. Очаговая узловая гиперплазия в В-режиме и режиме цветового доплеровского картирования: *a* — В-режим, в структуре паренхимы лоцируется одиночное изоэхогенное однородное округлое образование; *б* — В-режим, в структуре паренхимы четко лоцируется только псевдокапсула, образовавшаяся вследствие давления на окружающую ткань печени или сосуды (обозначена стрелками); *в* — режим цветового доплеровского картирования, в очаге определяются множественные сосуды, которые имеют типичную картину «колеса со спицами»; *г* — режим микрососудистого кровотока (MVI/MV-flow), визуализация кровотока в образовании в кровеносных сосудах малого диаметра с низкой скоростью

Fig. 12. Focal nodular hyperplasia in B-mode and color Doppler mapping mode: *a* — B-mode, a single isoechoic homogeneous rounded formation is located in the parenchyma structure; *b* — B-mode, in the parenchymal structure, only a pseudocapsule is clearly located, formed due to pressure on the surrounding liver tissue or blood vessels (indicated by arrows); *c* — the color Doppler mapping mode, multiple vessels are detected in the focus, which have a typical “wheel with spokes” pattern; *d* — microvascular blood flow mode (MVI/MV-flow) visualization of blood flow in the formation of small-diameter blood vessels with low velocity

Рис. 13. Очаговая узловая гиперплазия после химиоэмболизации. Контуры и структура деформируются (личный архив Н.Н. Варламовой)

Fig. 13. Focal nodular hyperplasia after chemoembolization. The contours and structure are deformed (personal archive of N.N. Varlamova)



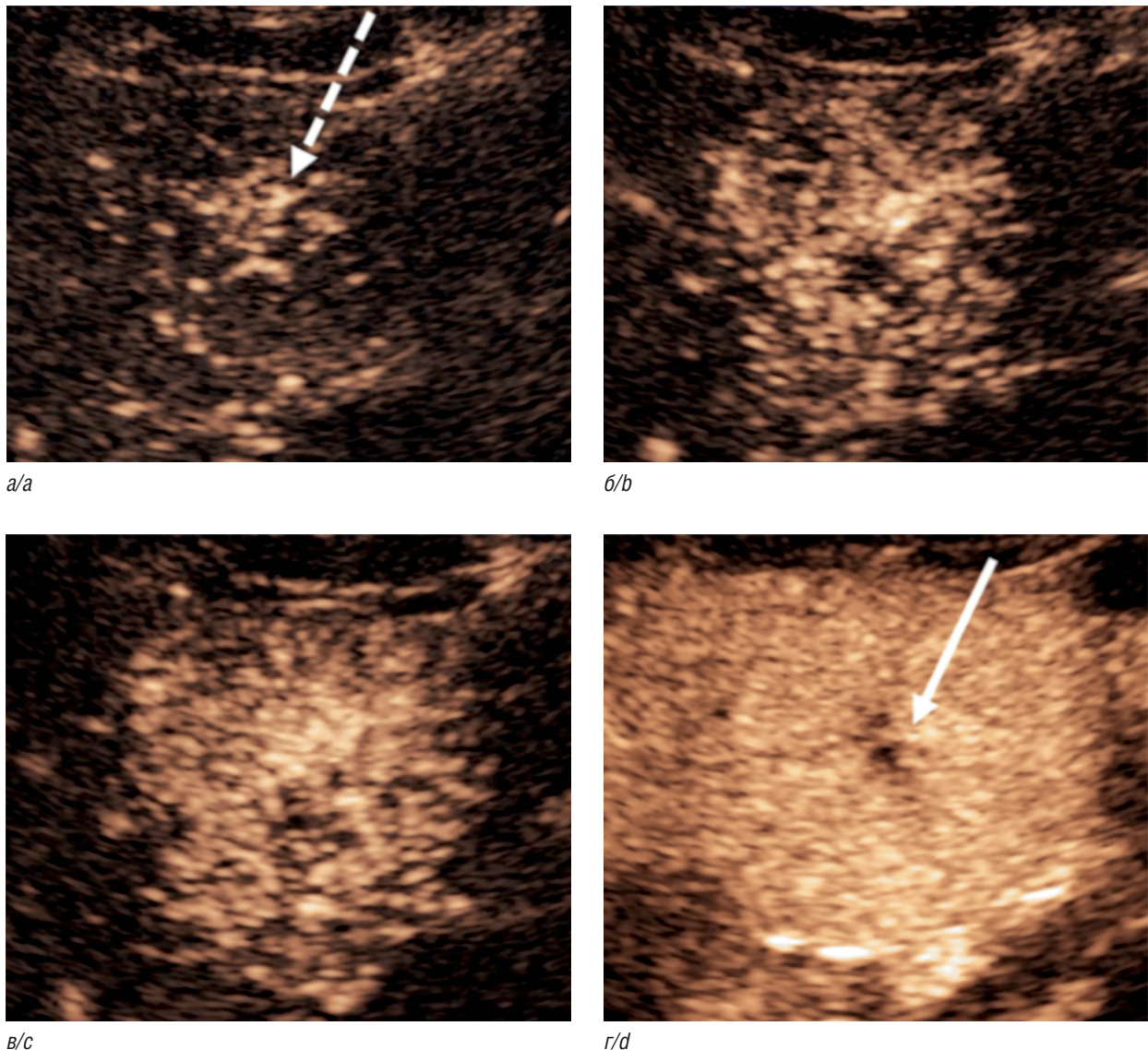


Рис. 14: Ультразвуковое исследование с контрастным усилением: (фото а–в) ранняя и поздняя артериальная фаза характеризуются последовательным центробежным контрастированием и появлением эффекта «спиц колеса» (пунктирная стрелка на фото а). В раннюю портальную фазу на 80-й секунде лоцируется центральный рубец на гиперэхогенном фоне самого образования (фото г) (Источник: Pediatric Radiology)

Fig. 14. Contrast-enhanced ultrasound: (photo a–c) the early and late arterial phase is characterized by sequential centrifugal contraction and the appearance of the “spokes of the wheel” effect (dotted arrow arrow in photo a). In the early portal phase, a central scar is located for 80 seconds against the hyperechoic background of the formation itself (photo d). (Source: Pediatric Radiology)

при котором центр образования становится гипоэхогенным, что усиливает эффект от опухолевого рубца. Во время поздней фазы опухоль остается изоэхогенной по отношению к печени, что также подтверждает диагноз доброкачественного образования (рис. 14) [18, 19].

Гепатоцеллюлярная аденома (ГЦА) представляет собой редкое доброкачественное образование печени, которое относят к истинным неопластическим новообразованиям. Причины возникнове-

ния опухоли остаются до конца неясными. Чаще встречаются у женщин детородного возраста, принимающих оральные контрацептивы. В последнее время развитие ГЦА связывают с ожирением и метаболическим синдромом, а также с приемом анаболических стероидов [15, 20].

Обычно ГЦА представляет собой одиночное (в 70–80% случаев) новообразование. Как правило, носит бессимптомный характер. Размеры аденом в среднем около 5 см, но в литературе описываются

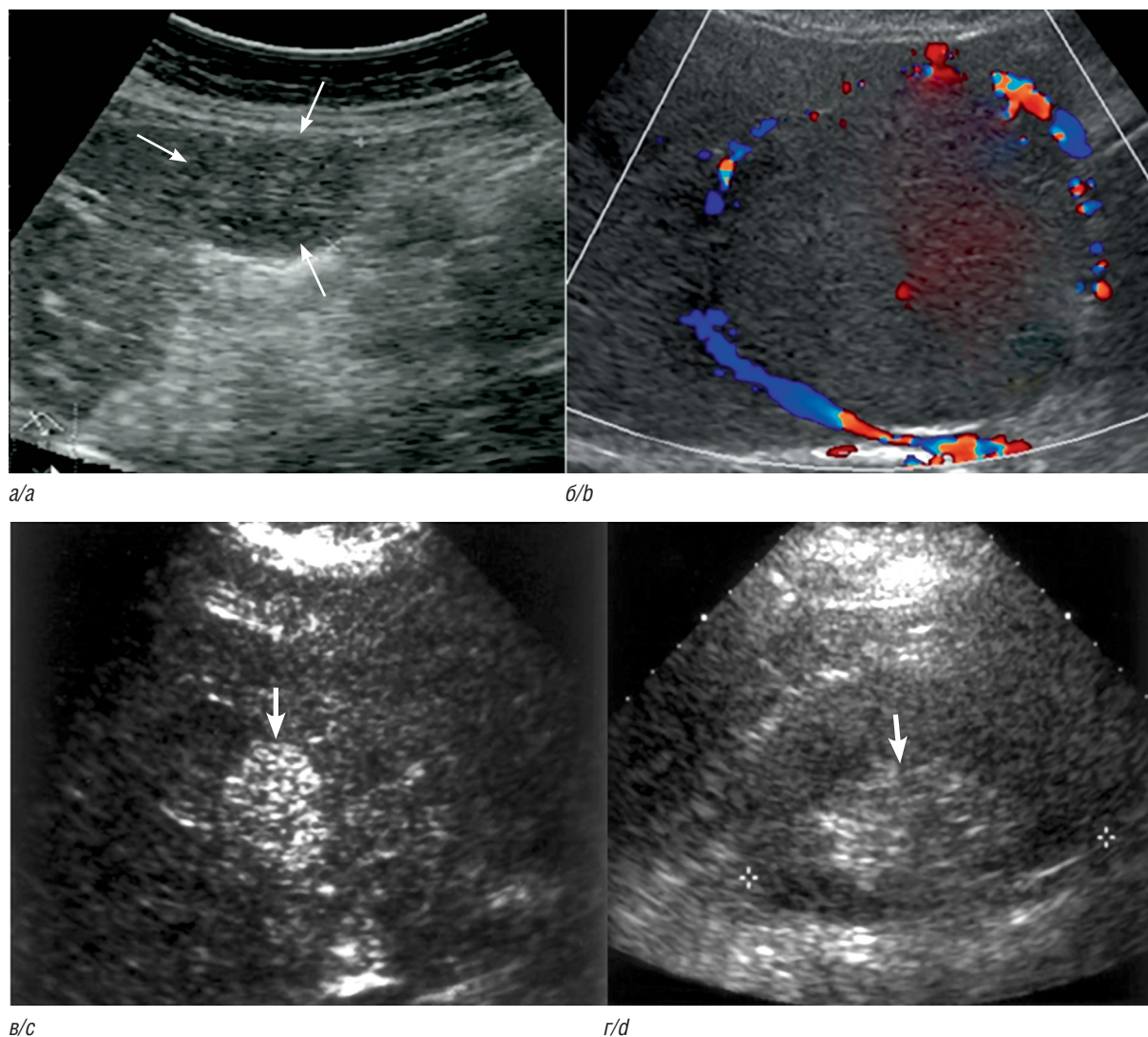


Рис. 15. Ультразвуковое исследование гепатоцеллюлярной аденомы: *a* — В-режим, гипозоногенное четко очерченное поражение (стрелка) в правой доле печени; *б* — режим цветового доплеровского картирования, кровотоков по периферии, ограничивающий гипозоногенную аденому печени; *в* — сагиттальное ультразвуковое исследование печени показывает четко очерченное, однородное, гиперэхогенное образование в правой доле (стрелка); *г* — поперечное ультразвуковое исследование печени, гипозоногенное образование (курсоры) с гиперэхогенным центром (стрелка) из-за недавнего кровотечения (Источник: radiographics.21.4.g01jl04877)

Fig. 15. Ultrasound examination of hepatocellular adenoma: *a* — B-mode, hypoechoic clearly defined lesion (arrow) in the right lobe of the liver; *b* — color doppler mapping mode, peripheral blood flow limiting hypoechoic liver adenoma; *c* — sagittal ultrasound examination of the liver shows a clearly defined, homogeneous, hyperechoic formation in the right lobe (arrow); *d* — transverse ultrasound examination of the liver of a hypoechoic formation (cursors) with a hyperechoic center (arrow) due to recent bleeding (Source: radiographics.21.4.g01jl04877)

колебания размером от 1 до 30 см. ГЦА размером 5 см и более могут приводить к спонтанным кровоизлияниям. Аденома может подвергнуться злокачественной трансформации. Даже при гистопатологическом исследовании трудно отличить аденому от хорошо дифференцированной гепатоцеллюлярной карциномы [15, 20].

Ультразвуковая картина аденом при исследовании в В-режиме крайне вариабельна. Контуры,

как правило, четкие ровные, тонкая собственная фиброзная капсула лоцируется редко. Эхогенность различная от гипо- до гиперэхогенной, эхоструктура неоднородная. Такой диапазон эхографической картины объясняется их морфологическим строением, а также состоянием на момент выявления.

Специфические признаки при ЦДК в диагностике аденом отсутствуют. Однако возможно визуализи-



Рис. 16. Ультразвуковое исследование с контрастным усилением (КУУЗИ) гепатоцеллюлярной аденомы: *a* — ранняя артериальная фаза с быстрым однородным центрипетальным усилением в многочисленных мелких артериях образования; *б* — поздняя артериальная фаза; *в* — изоваскулярное усиление кровотока в паренхиме печени на портальной и поздней венозной фазах. На всех контрастных фазах отмечается тонкий гиповаскулярный ободок (Источник: <https://liveratlas.org/diagnosis/13/?modality=us>)

Fig. 16. Ultrasound examination with contrast enhancement (CEUS) of hepatocellular adenoma: *a* — early arterial phase with rapid uniform centripetal enhancement in numerous small arteries of the formation; *b* — late arterial phase; *c* — isovascular enhancement of blood flow in the liver parenchyma in the portal and late venous phases. There is a thin hypovascular rim on all contrast phases (Source: <https://liveratlas.org/diagnosis/13/?modality=us>)

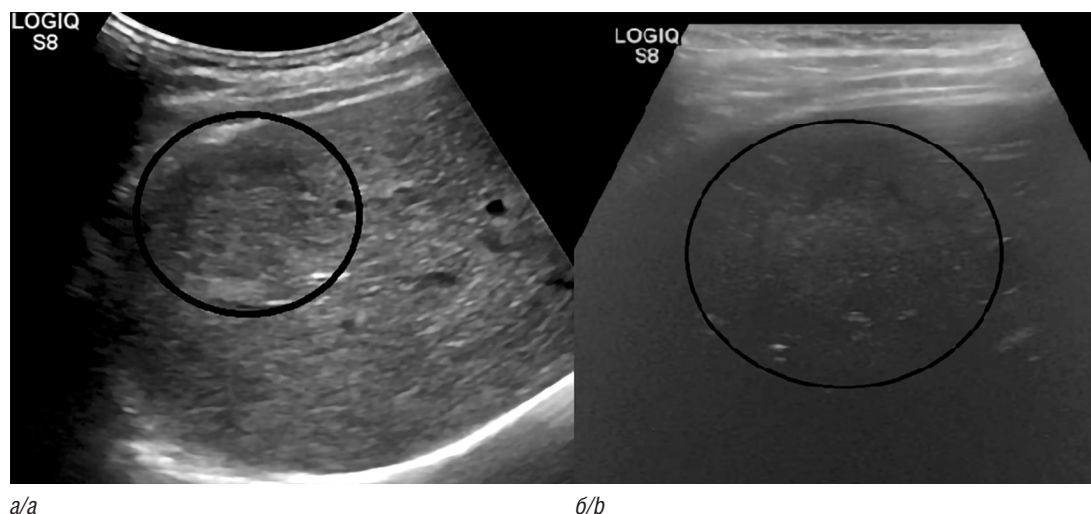


Рис. 17. Очаговое образование печени S_{VI} : *a* — В-режим, конвексный датчик; *б* — В-режим, линейный датчик, неоднородное гетерогенное образование без четких контуров

Fig. 17. Focal formation of the liver S_{VI} : *a* — B-mode, convex sensor; *b* — line mode, linear sensor, an inhomogeneous heterogeneous formation with no clear contours

зировать периферические и внутриопухолевые сосуды (рис. 15) [21].

Классическое УЗИ не является методом диагностики аденом, а требует дополнительных методов визуализации с контрастированием. Применение методики КУУЗИ дает возможность использования данного метода с целью дифференциальной диагностики ГЦА от ОУГ благодаря отсутствию в центре ГЦА рисунка в виде «колеса со спицами», но не является достаточно точным для определения подтипа ГЦА. МРТ является лучшим методом визуализации для

диагностики и классификации подтипов ГЦА (рис. 16) [1].

КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ 1

Пациентка К., 40 лет, в мае 2023 года обратилась в гастроэнтерологический центр с симптомами билиарной диспепсии. В рамках стандартного гастроэнтерологического обследования было выполнено УЗИ органов брюшной полости, где впервые было выявлено очаговое образование в S_{VI} печени. При мультипараметрическом исследовании образо-

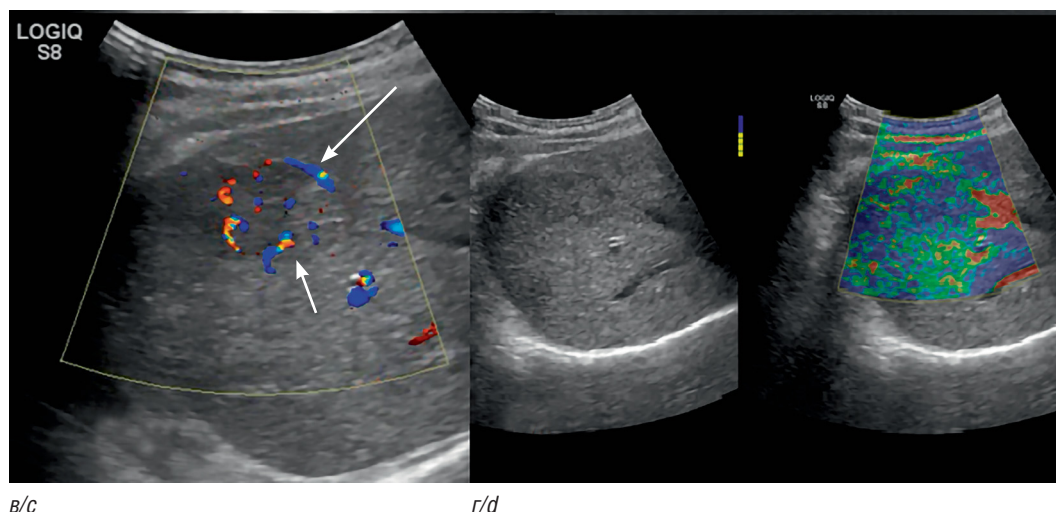


Рис. 17. Окончание. Очаговое образование печени S_{VI} : b — режим цветового доплеровского картирования, пери- и интранодулярный кровоток (стрелки); z — компрессионная эластография, 2-й тип по Ueno (личный архив Н.Н. Варламовой)

Fig. 17. Ending. Focal formation of the liver S_{VI} : c — the mode of color doppler mapping peri- and intranodular blood flow (arrows); d — compression elastography, type 2 according to Ueno (personal archive of N.N. Varlamova)

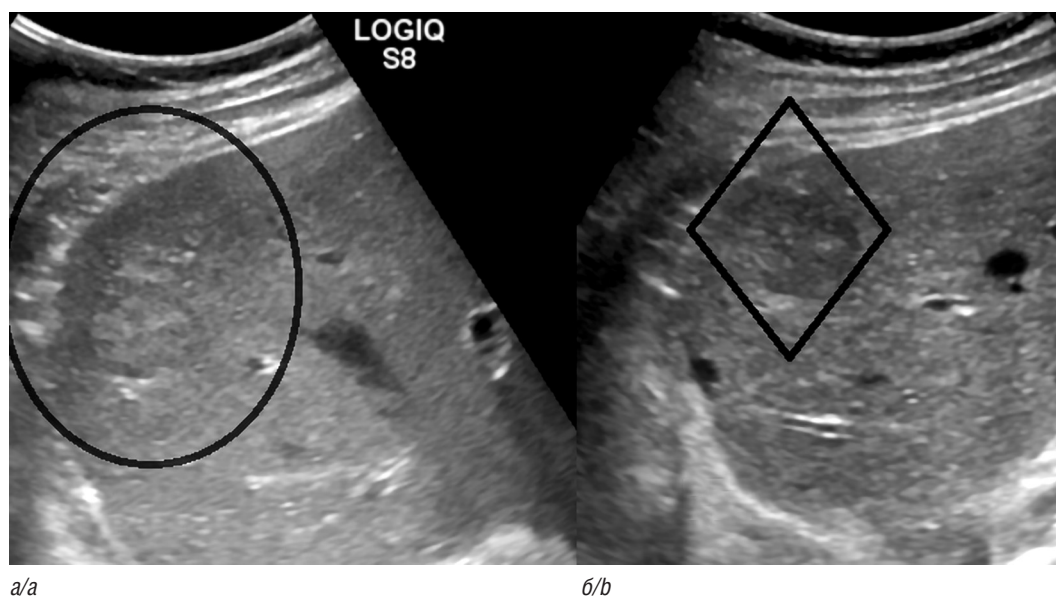


Рис. 18. В-режим, очаговые образования печени: a — максимальное образование (первое), контуры лоцируются фрагментарно, изоэхогенное, структура неоднородная; b — второе образование печени, гипозэхогенное, неоднородное, контуры неровные, частично нечеткие (личный архив Н.Н. Варламовой)

Fig. 18. B-mode, focal liver formations: a — the maximum formation (first), the contours are located fragmentarily, isoechoic, and the structure is heterogeneous; b — the second liver formation is hypoechoic, heterogeneous, the contours are uneven, partially indistinct (personal archive of N.N. Varlamova)

вания конвексным датчиком с диапазоном частот 1,8–5,0 МГц и линейным датчиком с диапазоном частот 4,0–13,0 МГц в В-режиме, режиме ЦДК и компрессионной эластографии выявлены следующие характеристики: контуры нечеткие неровные, структура неоднородная, эхогенность гетерогенная, при ЦДК перинодулярный кровоток и интранодулярные мелкие единичные сосудистые локусы,

при компрессионной эластографии (КЭГ) — смешанная мозаичная структура, характерная для второго типа эластограммы по Ueno (рис. 17).

Поскольку полученные данные мультипараметрического исследования носили нетипичный характер, решено провести компьютерную томографию с контрастированием (ультравист) с дифференциально-диагностической целью. Выявлено

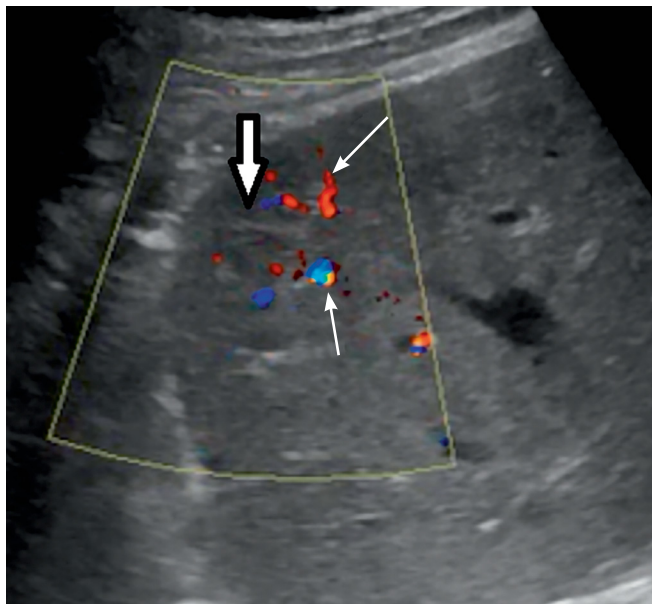


Рис. 19. Очаговое образование печени. В серой шкале лоцируются тонкие радиально идущие гиперэхогенные линейные структуры (белая стрелка), в режиме цветного доплеровского картирования лоцируются интранодулярные единичные линейные сосудистые локусы (черные стрелки) (личный архив Н.Н. Варламовой)

Fig. 19. Focal liver formation. Thin radially extending hyperechoic linear structures are located on the gray scale (white arrow), and intranodular single linear vascular loci (black arrows) are located in the color doppler mapping mode (personal archive of N.N. Varlamova)

гиперваскулярное образование с четкими ровными контурами, активно накапливающее контрастное вещество в артериальную фазу, в венозную — практически изоденсно ткани печени. *Заключение:* КТ-признаки гемангиомы.

КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ 2

Пациентка У., 37 лет, регулярно наблюдается у гастроэнтеролога по месту жительства с волнообразным течением желудочно-билиарной диспепсии. УЗИ выполнялось неоднократно: диффузные изменения поджелудочной железы, признаки дискинезии желчевыводящих путей (ДЖВП), сладж, деформация желчного пузыря. С целью получения «второго мнения» пациентка обратилась в специализированный гастроэнтерологический центр, где при УЗИ выявлено два очаговых образования печени, контуры фрагментарно нечеткие, неровные, экзогенность первого образования средняя, практически равна неизменной печени, экзогенность второго образования незначительно снижена, структура невыраженно неоднородная за счет линейных

тонких перегородок, при ЦДК первое образование имеет радиально идущие тонкие сосудистые локусы, второе образование при ЦДК — кровоток не регистрируется (рис. 18, 19).

С дифференциально-диагностической целью проведено МРТ с контрастированием (омнискан). Подтверждено наличие двух очаговых образований печени с характеристиками, наиболее присущими фокальной нодулярной гиперплазии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Практически любое визуализирующее исследование позволяет выявить очаговые образования в паренхиме печени, но уточнение диагноза является прерогативой того или иного метода (УЗИ, КУУЗИ, КТ, МРТ, пункционная биопсия). Диагностический процесс в каждом случае индивидуален и должен опираться на многочисленные обобщенные данные всех проведенных исследований. На первом этапе диагностики УЗИ (особенно выполненном в динамике) является предпочтительным, а выбор высокоинформативных дорогостоящих методик целесообразно проводить в зависимости от полученных результатов предыдущих исследований.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. Все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

Информированное согласие на публикацию. Авторы получили письменное согласие пациентов на публикацию медицинских данных.

ADDITIONAL INFORMATION

Author contribution. Thereby, all authors made a substantial contribution to the conception of the study, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the article, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the study.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

Consent for publication. Written consent was obtained from the patient for publication of relevant medical information within the manuscript.

ЛИТЕРАТУРА

1. Kahraman G., Haberal K.M., Dilek O.N. Imaging features and management of focal liver lesions. *World J Radiol.* 2024;16(6):139–167. DOI: 10.4329/wjr.v16.i6.139.
2. Thomaidis-Brears H.B., Alkhouri N., Allende D., Harisinghani M., Noureddin M., Reau N.S., French M., Pantoja C., Mouchti S., Cryer DRH. Incidence of Complications from Percutaneous Biopsy in Chronic Liver Disease: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Dig Dis Sci.* 2022;67(7):3366–3394. DOI: 10.1007/s10620-021-07089-w.
3. Benson A.B., D'Angelica M.I., Abbott D.E., Anaya D.A., Anders R., Are C., Bachini M., Borad M., Brown D., Burgoyne A., Chahal P., Chang D.T., Cloyd J., Covey A.M., Glazer E.S., Goyal L., Hawkins W.G., Iyer R., Jacob R., Kelley R.K., Kim R., Levine M., Palta M., Park J.O., Raman S., Reddy S., Sahai V., Schefter T., Singh G., Stein S., Vauthey J.N., Venook A.P., Yopp A., McMillian N.R., Hochstetler C., Darlow S.D. Hepatobiliary Cancers, Version 2.2021, NCCN Clinical Practice Guidelines in Oncology. *J Natl Compr Canc Netw.* 2021;19(5):541–565. DOI: 10.6004/jncn.2021.0022.
4. Бредер В.В., Базин И.С., Балахнин П.В., Вишке Э.Р., Косырев В.Ю., Ледин Е.В. и соавт. Практические рекомендации по лекарственному лечению больных злокачественными опухолями печени и желчевыводящей системы. Практические рекомендации RUSSCO #3s2, часть 1. Злокачественные опухоли. 2023;13:494–538. DOI: 10.18027/2224-5057-2023-13-3s2-1-494-538.
5. Макаров Л.М., Иванов Д.О., Поздняков А.В., Разинова А.А., Гребенюк М.М., Позднякова О.Ф., Мелашенко Т.В. Компьютерная визуализация результатов биомедицинских исследований. Визуализация в медицине. 2020;2(3):3–7.
6. Подкаменев А.В., Сырцова А.Р., Ти Р.А., Кузьминых С.В., Кондратьев Г.В., Мызникова И.В., Костылев А.А. Гигантские гемангиомы печени у новорожденных: краткий литературный обзор с описанием двух клинических случаев. *Педиатр.* 2020;11(5):57–65. DOI: 10.17816/PED11557-65.
7. Bange J., Cheburkin Y., Knyazeva T., Müller S., Gärtner S., Sures I., Knayzev P., Ullrich A., Prechtel D., Höfler H., Harbeck N., Schmitt M., Specht K., Wang H., Imyaninov E., Häring H.-U., Iacobelli S. Cancer progression and tumor cell motility are associated with the FGFR4 ARG388 allele. *Cancer Research.* 2002;62(3):840–847.
8. Vernuccio F., Cannella R., Bartolotta T.V. et al. Advances in liver US, CT, and MRI: moving toward the future. *European radiology experimental.* 2021;7(5(1)):52. DOI: 10.1186/s41747-021-00250-0.
9. Степанова Ю.А., Ионкин Д.А., Жаворонкова О.И., Чжао А.В., Вишневецкий В.А. Интраоперационное ультразвуковое исследование при метастазах колоректального рака в печень. *Вестник экспериментальной и клинической хирургии.* 2023;16(2):167–179. DOI: 10.18499/2070-478X-2023-16-2-167-179.
10. Paradis V., Fukuyama M., Park Y.N., Schirmacher P. Tumors of the liver and intrahepatic bile ducts. In: WHO Classification of Digestive System Tumors. 5th ed. Lyon, France: IARC Press. 2019:15–264.
11. Carol M. Rumack, Deborah Levine. *Diagnostic Ultrasound.* 2023;2.
12. Amico A., Mammino L., Palmucci S., Latino R., Milone P., Li Destri G., Antonio B., Di Cataldo A. Giant hepatic hemangioma case report: When is it time for surgery? *Ann Med Surg (Lond).* 2020;58:4–7. DOI: 10.1016/j.amsu.2020.08.003.
13. Козубова К.В., Бусько Е.А., Багненко С.С., Балахнин П.В., Шмелев А.С., Гончарова А.Б., Костромина Е.В., Кадырлев Р.А., Любимская Э.С., Буровик И.А. Точечная эластография сдвиговых волн в оценке очаговой патологии печени: проспективное исследование. *Лучевая диагностика и терапия.* 2024;15(2):65–76. DOI: 10.22328/2079-5343-2024-15-2-65-76).
14. Villavicencio Kim J., Wu G.Y. Focal Nodular Hyperplasia: A Comprehensive Review with a Particular Focus on Pathogenesis and Complications. *J Clin Transl Hepatol.* 2024;12(2):182–190. DOI: 10.14218/JCTH.2023.00265.
15. Клинические рекомендации EASL по диагностике и лечению доброкачественных опухолей печени. *Journal of hepatology.* Русское издание. 2016;2(6). <http://hepatology.pro/arhiv-nomerov/2016-2/tom-2-6/>.
16. Fang C., Anupindi S.A., Back S.J. et al. Contrast-enhanced ultrasound of benign and malignant liver lesions in children. *Pediatr Radiol.* 2021;51:2181–2197. DOI: 10.1007/s00247-021-04976-2.
17. Vidili G. et al. SIUMB guidelines and recommendations for the correct use of ultrasound in the management of patients with focal liver disease. *Journal of ultrasound.* 2019;22(1):41–51. DOI: 10.1007/s40477-018-0343-0.
18. Şirli R. et al. Contrast-enhanced ultrasound for the assessment of focal nodular hyperplasia — results of a multicentre study. *Medical Ultrasonography.* 2021;23(2):140–146. DOI: 10.11152/mu-2912.
19. Fang C., Bernardo S., Sellars M.E., Deganello A., Sidhu P.S. Contrast-enhanced ultrasound in the diagnosis of pediatric focal nodular hyperplasia and hepatic adenoma: interobserver reliability. *Pediatric Radiology.* 2019;49(1). DOI: 10.1007/s00247-018-4250-5.
20. Катрич А.Н., Польшиков С.В. Мультипараметрическое ультразвуковое исследование в диагностике новообразований печени. *Инновационная медицина Кубани.* 2021;1:72–78. DOI: 10.35401/2500-0268-2021-21-1-72-78.
21. Grazioli L., Federle M.P., Brancatelli G., Ichikawa T., Olivetti L., Blachar A. Hepatic adenomas: imaging and pathologic

findings. *Radiographics*. 2001;21(4):877–92; discussion 892–4. DOI: 10.1148/radiographics.21.4.g01j104877.

REFERENCES

- Kahraman G., Haberal K.M., Dilek O.N. Imaging features and management of focal liver lesions. *World J Radiol*. 2024;16(6):139–167. DOI: 10.4329/wjr.v16.i6.139.
- Thomaides-Brears H.B., Alkhoury N., Allende D., Harisinghani M., Noureddin M., Reau N.S., French M., Pantoja C., Mouchti S., Cryer DRH. Incidence of Complications from Percutaneous Biopsy in Chronic Liver Disease: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Dig Dis Sci*. 2022;67(7):3366–3394. DOI: 10.1007/s10620-021-07089-w.
- Benson A.B., D’Angelica M.I., Abbott D.E., Anaya D.A., Anders R., Are C., Bachini M., Borad M., Brown D., Burgoyne A., Chahal P., Chang D.T., Cloyd J., Covey A.M., Glazer E.S., Goyal L., Hawkins W.G., Iyer R., Jacob R., Kelley R.K., Kim R., Levine M., Palta M., Park J.O., Raman S., Reddy S., Sahai V., Schefter T., Singh G., Stein S., Vauthey J.N., Venook A.P., Yopp A., McMillian N.R., Hochstetler C., Darlow S.D. Hepatobiliary Cancers, Version 2.2021, NCCN Clinical Practice Guidelines in Oncology. *J Natl Compr Canc Netw*. 2021;19(5):541–565. DOI: 10.6004/jnccn.2021.0022.
- Breder V.V., Bazin I.S., Balaxnin P.V., Virshke E.R., Kosyrev V.Yu., Ledin E.V. i soavt. Practical recommendations for drug treatment of patients with malignant tumors of the liver and biliary tract. Practical recommendations RUSSCO #3s2, part 1. Malignant tumors. 2023;13:494–538. (In Russian). DOI: 10.18027/2224-5057-2023-13-3s2-1-494-538.
- Makarov L.M., Ivanov D.O., Pozdnyakov A.V., Razinova A.A., Grebenyuk M.M., Pozdnyakova O.F., Melashenko T.V. Computer visualization of biomedical research results. *Visualization in Medicine*. 2020;2(3):3–7. (In Russian).
- Podkamenev A.V., Syrcova A.R., Ti R.A., Kuz'minyh S.V., Kondrat'ev G.V., Myznikova I.V., Kostylev A.A. Giant liver hemangiomas in newborns: a brief literature review with a description of two clinical cases. *Pediatr*. 2020;11(5):57–65. (In Russian). DOI: 10.17816/PED11557-65.
- Bange J., Cheburkin Y., Knyazeva T., Müller S., Gärtner S., Sures I., Knayzev P., Ullrich A., Prechtel D., Höfler H., Harbeck N., Schmitt M., Specht K., Wang H., Imyanov E., Häring H.-U., Iacobelli S. Cancer progression and tumor cell motility are associated with the FGFR4 ARG388 allele. *Cancer Research*. 2002;62(3):840–847.
- Vernuccio F., Cannella R., Bartolotta T.V. et al. Advances in liver US, CT, and MRI: moving toward the future. *European radiology experimental*. 2021;7(5(1)):52. DOI: 10.1186/s41747-021-00250-0.
- Stepanova Yu.A., Ionkin D.A., Zhavoronkova O.I., Chzhao A.V., Vishnevskij V.A. Intraoperative ultrasound examination of colorectal cancer metastases to the liver. *Vestnik eksperimental'noj i klinicheskoy xirurgii*. 2023;16(2):167–179. (In Russian). DOI: 10.18499/2070-478X-2023-16-2-167-179.
- Paradis V., Fukuyama M., Park Y.N., Schirmacher P. Tumors of the liver and intrahepatic bile ducts. In: WHO Classification of Digestive System Tumors. 5th ed. Lyon, France: IARC Press. 2019:15–264.
- Carol M. Rumack, Deborah Levine. *Diagnostic Ultrasound*. 2023;2.
- Amico A., Mammino L., Palmucci S., Latino R., Milone P., Li Destri G., Antonio B., Di Cataldo A. Giant hepatic hemangioma case report: When is it time for surgery? *Ann Med Surg (Lond)*. 2020;58:4–7. DOI: 10.1016/j.amsu.2020.08.003.
- Kozubova K.V., Bus'ko E.A., Bagnenko S.S., Balaxnin P.V., Shmelev A.S., Goncharova A.B., Kostromina E.V., Kadyrleev R.A., Lyubimskaya E.S., Burovik I.A. Point shear wave elastography in the assessment of focal liver pathology: a prospective study. *Lučevaya diagnostika i terapiya*. 2024;15(2):65–76. (In Russian). DOI: 10.22328/2079-5343-2024-15-2-65-76).
- Villavicencio Kim J., Wu G.Y. Focal Nodular Hyperplasia: A Comprehensive Review with a Particular Focus on Pathogenesis and Complications. *J Clin Transl Hepatol*. 2024;12(2):182–190. DOI: 10.14218/JCTH.2023.00265.
- EASL Clinical Practice Guidelines for the Diagnosis and Treatment of Benign Liver Tumors. *Journal of hepatology*. Russkoye izdaniye. 2016;2(6). <http://hepatology.pro/archiv-nomerov/2016-2/tom-2-6/>. (In Russian).
- Fang C., Anupindi S.A., Back S.J. et al. Contrast-enhanced ultrasound of benign and malignant liver lesions in children. *Pediatr Radiol*. 2021;51:2181–2197. DOI: 10.1007/s00247-021-04976-2.
- Vidili G. et al. SIUMB guidelines and recommendations for the correct use of ultrasound in the management of patients with focal liver disease. *Journal of ultrasound*. 2019;22(1):41–51. DOI: 10.1007/s40477-018-0343-0.
- Şirli R. et al. Contrast-enhanced ultrasound for the assessment of focal nodular hyperplasia — results of a multicentre study. *Medical Ultrasonography*. 2021;23(2):140–146. DOI: 10.11152/mu-2912.
- Fang C., Bernardo S., Sellars M.E., Deganello A., Sidhu P.S. Contrast-enhanced ultrasound in the diagnosis of pediatric focal nodular hyperplasia and hepatic adenoma: interobserver reliability. *Pediatric Radiology*. 2019;49(1). DOI: 10.1007/s00247-018-4250-5.
- Katrish A.N., Pol'shikov S.V. Multiparametric ultrasound examination in the diagnosis of liver neoplasms. *Innovacionnaya medicina Kubani*. 2021;1:72–78. (In Russian). DOI: 10.35401/2500-0268-2021-21-1-72-78.
- Grazioli L., Federle M.P., Brancatelli G., Ichikawa T., Olivetti L., Blachar A. Hepatic adenomas: imaging and pathologic findings. *Radiographics*. 2001;21(4):877–92; discussion 892–4. DOI: 10.1148/radiographics.21.4.g01j104877.



УДК 616-073.75-053.2-073.755.4
DOI: 10.56871/ViM.2025.92.83.003

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ И БЕЗОПАСНОСТЬ КОНТРАСТНЫХ ВЕЩЕСТВ В СОВРЕМЕННОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ В ПЕДИАТРИИ

© Сабина Парвизовна Нарзиева, Наталья Викторовна Марченко, Алексей Иванович Тащилкин, Дмитрий Леонидович Дубицкий, Елена Юрьевна Шевченко, Дмитрий Юрьевич Новокшонов, Дарья Дмитриевна Лопарева, Арина Александровна Дерягина, Роман Анатольевич Постаногов, Валерий Петрович Куценко
Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет. 194100, г. Санкт-Петербург, ул. Литовская, д. 2, Российская Федерация

Контактная информация: Сабина Парвизовна Нарзиева — врач-рентгенолог отделения функциональной и лучевой диагностики с кабинетами компьютерной томографии. E-mail: narzieva.sabina@yandex.ru ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-6163-6827> SPIN: 7437-1120

Для цитирования: Нарзиева С.П., Марченко Н.В., Тащилкин А.И., Дубицкий Д.Л., Шевченко Е.Ю., Новокшонов Д.Ю., Лопарева Д.Д., Дерягина А.А., Постаногов Р.А., Куценко В.П. Использование и безопасность контрастных веществ в современной визуализации в педиатрии. Визуализация в медицине. 2025;7(1):27–35. DOI: <https://doi.org/10.56871/ViM.2025.92.83.003>

Поступила: 13.01.2025

Одобрена: 19.02.2025

Принята к печати: 26.03.2025

Резюме. Контрастные вещества (КВ) стали важным инструментом в медицинской визуализации, повышая четкость анатомических деталей и точность интерпретации результатов при рентгенографии, компьютерной томографии (КТ), магнитно-резонансной томографии (МРТ) и ультразвуковом исследовании (УЗИ). Несмотря на обширные рекомендации по их применению у взрослых, педиатрические протоколы остаются недостаточно разработанными. Это создает пробел в клинической практике, учитывая анатомо-физиологические особенности детей, включая скорость метаболизма, чувствительность к радиации и нюансы дозирования. В обзоре анализируются подходы к использованию контрастных средств в трех ключевых методах — КТ, МРТ и УЗИ — у пациентов от младенческого до подросткового возраста. Для КТ акцент делается на снижении доз йодосодержащих препаратов, минимизируя риски нефротоксичности и аллергических реакций. В МРТ обсуждаются гадолиниевые агенты, их безопасность при незрелом гематоэнцефалическом барьере и ограничения при почечной недостаточности. В УЗИ рассматриваются микропузырьковые средства, улучшающие детализацию сосудов и паренхиматозных органов, но требующие осторожности у детей младшего возраста. Особое внимание уделяется адаптации протоколов: коррекции объема контраста по массе тела, выбору менее инвазивных методик и учету психоэмоционального комфорта пациента. Подчеркивается необходимость создания унифицированных педиатрических руководств, основанных на мультидисциплинарном консенсусе, чтобы оптимизировать диагностическую ценность при минимизации потенциальных осложнений.

Ключевые слова: лучевая диагностика, контрастные вещества, педиатрия

THE USE AND SAFETY OF CONTRAST AGENTS IN MODERN IMAGING IN PEDIATRICS

© Sabina P. Narzieva, Natalya V. Marchenko, Alexey I. Tashchilkin, Dmitriy L. Dubitskiy, Elena Yu. Shevchenko, Dmitriy Yu. Novokshonov, Daria D. Lopareva, Arina A. Deryagina, Roman A. Postanogov, Valeriy P. Kutsenko
Saint Petersburg State Pediatric Medical University. 2 Lithuania, Saint Petersburg 194100 Russian Federation

Contact information: Sabina P. Narzieva — radiologist at the Department of functional and radiation diagnostics with computed tomography rooms. E-mail: narzieva.sabina@yandex.ru ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-6163-6827> SPIN: 7437-1120

For citation: Narzieva SP, Marchenko NV, Tashchilkin AI, Dubitskiy DL, Shevchenko EYu, Novokshonov DYU, Lopareva DD, Deryagina AA, Postanogov RA, Kutsenko VP. The use and safety of contrast agents in modern imaging in pediatrics. Visualization in Medicine. 2025;7(1):27–35. DOI: <https://doi.org/10.56871/ViM.2025.92.83.003>

Received: 13.01.2025

Revised: 19.02.2025

Accepted: 26.03.2025

Abstract. Contrast agents (CAs) have become essential tools in medical imaging, enhancing the clarity of anatomical details and the accuracy of result interpretation in X-ray, computed tomography (CT), magnetic resonance imaging (MRI), and ultrasound (US). Despite extensive guidelines for their use in adults, pediatric protocols remain underdeveloped. This creates a gap in clinical practice, given children's distinct anatomical and physiological features, including metabolic rate, radiation sensitivity, and dosing nuances. This review analyzes approaches to using contrast agents across three key modalities — CT, MRI, and US — in patients ranging from infancy to adolescence. For CT, the focus is on reducing doses of iodine-based agents to minimize risks of nephrotoxicity and allergic reactions. In MRI, gadolinium-based agents are discussed, including their safety in the context of an immature blood-brain barrier and limitations in renal insufficiency. For ultrasound, microbubble agents are examined, which improve vascular and parenchymal organ visualization but require caution in younger children. Special emphasis is placed on protocol adaptations: adjusting contrast volume based on body weight, selecting less invasive techniques, and prioritizing patient psychological comfort. The need for unified pediatric guidelines, grounded in multidisciplinary consensus, is highlighted to optimize diagnostic value while minimizing potential complications.

Keywords: X-ray, contrast agents, pediatrics

ВВЕДЕНИЕ

Внутривенные контрастные вещества используются при проведении магнитно-резонансной томографии (МРТ), компьютерной томографии (КТ) и ультразвуковом исследовании (УЗИ) для анатомической оценки и определения характера поражения. Безопасность всегда имеет первостепенное значение при введении любых контрастных средств детям, поэтому радиологам и врачам, оформляющим заявку, важно знать о профиле безопасности и возможных побочных явлениях, которые могут возникнуть. В данной статье рассматриваются частота и типы нежелательных явлений, связанных с внутривенными контрастными средствами, о которых сообщается в педиатрической литературе. Внутривенные контрастные средства в целом безопасны в педиатрической практике. Тем не менее понимание возможных побочных эффектов, связанных с их применением, и мер профилактики таких редких осложнений крайне важно для предотвращения рисков и обеспечения безопасности пациентов. Кроме того, понимание особенностей накопления гадолиния в тканях может облегчить беседы с обеспокоенными врачами и родителями. Данный обзор представляет собой краткий, но исчерпывающий справочник для радиологов и врачей, назначающих исследования, по вопросам безопасности внутривенного контрастирования у пациентов детского возраста.

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОНТРАСТНЫХ СРЕДСТВ У ДЕТЕЙ

Введение контрастных веществ возможно только при наличии клинических показаний, утвержденных Министерством здравоохранения РФ или другими регулирующими органами (например, FDA, EMA). Примеры показаний: КТ с контрастом — оценка опухолей, воспалений, сосудистых аномалий (например, тромбоз, аневризма). При использовании КС необходимо учитывать возраст и массу тела ребенка.

Стоит принимать во внимание диаметр внутривенного катетера, место его постановки для уменьшения риска травматизации сосудов, а также скорость введения. Для катетера 24-го калибра (G) максимальная скорость введения варьирует от 1 до 5 мл/с. Стоит отметить, что при неангиографической КТ, МРТ и УЗИ скорость введения контрастного вещества, как правило, составляет 1–2 мл/с. При КТ-ангиографии скорость введения контрастного вещества обычно составляет 2–3 мл/с [1].

Также при проведении детям лучевых исследований с контрастированием нужно выделить место, которое следует выделить с соблюдением общих принципов безопасного внутривенного контрастирования (анализ крови на креатинин для оценки функции почек, информированное согласие законного представителя на введение КС) [2].

С учетом индивидуальных особенностей детского организма при введении КС, необходимо провести опрос о наличии у ребенка аллергических реакций, уведомить законного представителя о возможных побочных эффектах при введении КС.

ВЫБОР КОНТРАСТНОГО СРЕДСТВА У ДЕТЕЙ

Условно можно выделить несколько классификаций КС (рис. 1). Во-первых, в зависимости от метода медицинской визуализации (рентгеноскопия, компьютерная томография, магнитно-резонансная томография). Во-вторых, в зависимости от пути введения контрастного препарата (внутривенный путь, пероральный и т.д.).

КОНТРАСТИРОВАНИЕ В КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ

При выборе контрастного препарата в педиатрической практике обращают внимание на такие свойства, как осмотическая активность и вязкость контрастного вещества. Осмотическая активность является способностью раствора вызывать движение воды в клетку или из нее. Дети имеют низкую



Рис. 1. Классификация рентгеноконтрастных средств [2]

Fig. 1. Classification of radiopaque media [2]

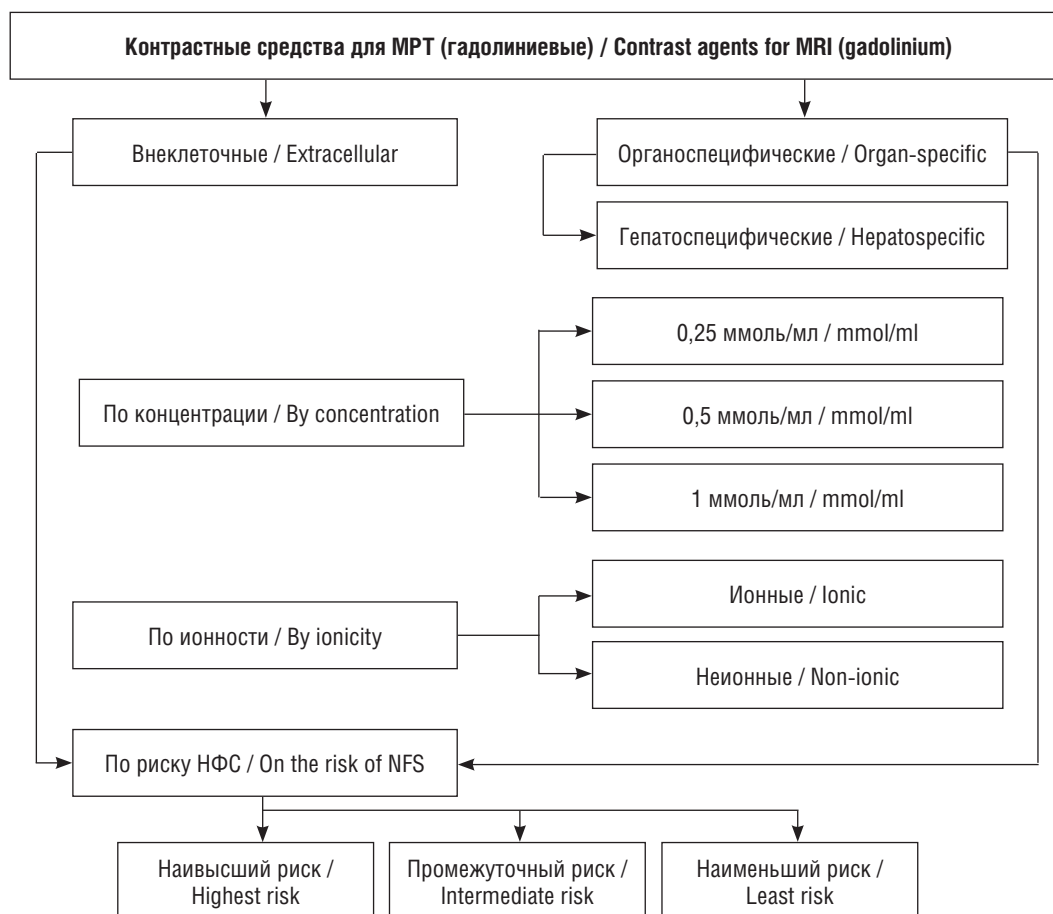


Рис. 2. Классификация контрастных средств для магнитно-резонансной томографии (МРТ) [2]

Fig. 2. Classification of contrast media for magnetic resonance imaging (MRI) [2]

переносимость к внутрисосудистой осмотической нагрузке, поэтому введение ребенку гиперосмолярного контрастного средства может привести к увеличению объема циркулирующей крови, в результате чего может возникнуть сердечная недостаточность и впоследствии отек легких. В свою очередь, вязкость йодосодержащего препарата играет важную роль непосредственно во время инфузии вещества и улучшает визуализацию. Более вязкие рентгеноконтрастные препараты способны повредить сосуд при инъекции. Для безопасного применения вязкого контрастного вещества рекомендуется увеличить температуру препарата [4].

Йодированные контрастные препараты содержат йод, который значительно повышает радиоплотность, способствуя лучшей визуализации сосудистых структур и органов. Йодированные препараты выпускаются в различных формах, с радиоплотностью от 25 до 30 единиц Хаунсфилда на миллиграмм йода на миллилитр, при напряжении трубки 100–120 кВ [5].

Существует два основных типа йодосодержащих контрастных веществ: ионные и неионные. Эффективность йодированных контрастных веществ обусловлена их сильным взаимодействием с рентгеновскими фотонами, что делает их незаменимыми для таких методов, основанных на рентгеновском излучении, как компьютерная томография и ангиография. Высокое атомное число йода значительно увеличивает поглощение рентгеновского излучения тканями, содержащими контрастное вещество, повышая контрастность рентгенографического изображения [5].

Сегодня используются неионные низко- или изоосмолярные средства из-за их повышенной безопасности и меньшего количества побочных реакций. Наиболее часто используемый препарат в педиатрической практике — неионный мономер иоверсол.

При проведении компьютерной томографии предпочтительно использовать неионные препараты с содержанием йода 300–320 мг/мл, так как применение низкого напряжения уменьшает необходимость высокой концентрации вводимого препарата.

Что касается объемов вводимого препарата детям, то им предпочтительно введение небольших (1,5–2 мл/кг) объемов КС. Следует учитывать прямую зависимость максимальной скорости введения контраста и наружного диаметра катетера: Предпочтительнее использовать катетеры малого диаметра и скорость введения от 0,5 до 5 мл/с [6].

КОНТРАСТИРОВАНИЕ В МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНОЙ ТОМОГРАФИИ

Магнитно-резонансная томография в педиатрии является незаменимым этапом в диагностике пато-

логических изменений в центральной нервной системе, опорно-двигательном аппарате, мышечной системе, брюшной полости и забрюшинном пространстве. С помощью применения парамагнитных контрастных препаратов врач-рентгенолог может проанализировать не только анатомические структуры, но и определиться с предположительным диагнозом, провести дифференциальную диагностику между заболеваниями, оценить функциональность органов систем.

Для МРТ используются макроциклические гадолиниевые контрастные препараты (рис. 2). Гадолиний является парамагнитным элементом, который изменяет скорость релаксации T1 протонов воды в тканях, что приводит к более яркому сигналу [6, 7]. Агенты на основе гадолиния взаимодействуют с протонами воды, ускоряя процесс релаксации T1. Парамагнитные ионы гадолиния создают колебательные магнитные поля за счет теплового движения, что приводит к более быстрому затуханию индуцированной поляризации. Это взаимодействие изменяет контрастные свойства близлежащих тканей на полученном МР-изображении [5].

В настоящее время наиболее востребованным и благоприятным в применении одномолярным контрастным препаратом в МРТ является гадобутрол. С 2014 года гадобутрол был одобрен для применения в педиатрии у детей любого возраста, включая доношенных новорожденных детей [2].

Однако, несмотря на широкий выбор парамагнетиков у детей, перед их использованием необходимо изучить инструкцию конкретного препарата, так как не все гадолиниевые агенты зарегистрированы для введения у детей с рождения. Существует ряд действий, которые следует выполнить перед использованием КВ у ребенка. К примеру, если зарегистрированное для применения у детей контрастное средство недоступно, то врачу-рентгенологу, во-первых, следует оформить согласие на введение парамагнетика у родителей. Вместе с тем, даже при наличии информированного согласия на введение гадолинийсодержащего средства от родителей, запрещается вводить препарат, не рекомендованный к применению у детей. В таком случае, во-вторых, проводится врачебная комиссия с обоснованием применения конкретного парамагнитного агента на основе гадолиния.

Для качественного проведения магнитно-резонансного исследования у детей необходимо обеспечить полную неподвижность во время всей процедуры. Помимо неврологических нарушений существует ряд других причин, по которым дети не могут сохранять неподвижность во время МР-процедуры. Например, выраженная двигательная

активность проявляется у детей с клаустрофобией, паническими атаками, боязнью проведения исследования, а также с заболеваниями, вызывающими мышечную/суставную боль.

Именно поэтому при подготовке к МРТ с контрастным усилением отдельное внимание необходимо обратить на устранение тревоги и движений пациента. В большинстве случаев приходится прибегать к различным методам седации детей. Наиболее распространенными являются внутривенное введение пропофола и ингаляционный метод анестезии севофлураном. Однако стоит отметить, что перед анестезиологическим обеспечением необходимо обосновать показания на наркоз и подготовить пациента (получить заключение от педиатра, провести электрокардиограмму (ЭКГ), сдать клинический анализ крови и часть биохимических показателей), также перед проведением исследования следует исключить противопоказания и за 4 часа до исследования не принимать пищу и воду [8].

ПРЕПАРАТЫ СУЛЬФАТА БАРИЯ

Помимо внутривенного существует пероральное контрастирование, которое чаще всего используется при рентгеноскопии желудочно-кишечного тракта.

Это ионное соединение состоит из бария, металлического элемента с атомным номером 56. Высокое атомное число сульфата бария делает его отличным поглотителем рентгеновского излучения для радиологической визуализации, его нерастворимость снижает токсичность и предотвращает всасывание в желудочно-кишечном тракте (ЖКТ). Обычно сульфат бария принимают перорально или вводят с помощью клизмы. Сульфат бария эффективно покрывает слизистую оболочку желудочно-кишечного тракта. Данный вид контрастирования помогает в диагностических задачах, а также при терапевтических решениях [5, 9–13].

КОНТРАСТИРОВАНИЕ В УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Ультразвуковое исследование считается незаменимым методом диагностики в педиатрической практике ввиду его экономичности, отсутствия ионизирующего излучения, необходимости седации, а также портативности. Для оценки функциональности органов для онкологических пациентов в кардиологической практике немаловажным дополнением в УЗИ является использование контрастирования. Среди наиболее популярных контрастных средств в настоящее время числятся Lumason, Optison и Definity различных произ-

водителей. Lumason, который наиболее часто используется в педиатрии, состоит из газообразного гексафторида серы, окруженного фосфолипидной оболочкой. Преимуществом данного контрастного препарата является то, что фосфолипидная оболочка выводится из организма через гепатобилиарную систему, а газ — через легкие [14]. Таким образом, выведение данного КС через почки не производится, а, соответственно, использование контрастирования при УЗИ не представляется затруднительным для детей с почечной недостаточностью. Контрастирование достигается путем ультразвуковой кавитации (микробузырьки под действием ультразвуковых волн сужаются и расширяются), за счет чего создается ультразвуковой сигнал, который улавливается датчиком [15].

Для детей дозировка КС составляет 0,03 мл/кг с максимальной дозой 2 мл.

Применение контрастирования в ультразвуковой диагностике в педиатрии оптимально для визуализации печени, а именно для характеристики очаговых поражений, чтобы эффективно дифференцировать доброкачественные процессы (гемангиомы и фокальные узловые гиперплазии) от злокачественных (гепатобластомы).

Помимо дифференциальной диагностики заболеваний печени, УЗИ с контрастированием играет важную роль в оценке аномалий почек у детей, для отличия сложных кист от солидных почечных образований. В кардиологии УЗИ с применением контраста помогает для выявления различных пороков сердечно-сосудистой системы, таких как дефекты межпредсердной перегородки и открытый овальный канал.

ВИДЫ ПОБОЧНЫХ РЕАКЦИЙ НА КОНТРАСТНЫЕ СРЕДСТВА

В настоящее время продолжают исследования по поводу влияния введения контрастных веществ на КТ и МРТ у детской группы населения. Наиболее часто побочные или нежелательные реакции наблюдаются при введении йодосодержащих контрастных средств, используемых в КТ.

Нежелательные реакции на КС делятся на следующие виды:

- 1) по времени возникновения — острые (развиваются в течение 1 часа от введения КС) и отсроченные (поздние, возникают в интервале от 1 часа до 1 недели после введения КС);
- 2) по месту возникновения — внепочечные (общие) и почечные (нефротоксичное действие КС);
- 3) специфические виды побочных реакций (нефрогенный системный фиброз; реакции, связанные с влиянием препаратов на свертываемость крови, функцию щитовидной железы,

а также вызванные взаимодействием с лекарственными средствами) [16].

Лечащий врач, назначающий исследование с контрастированием, должен заблаговременно собрать анамнез у законных представителей ребенка. Особенно стоит обратить внимание на наличие в анамнезе таких патологий, как бронхиальная астма, тяжелая аллергия на любые вещества и препараты, предыдущие умеренные или тяжелые острые реакции на КС.

Как было сказано ранее, острые побочные реакции развиваются в течение 1 часа от момента введения КС. Они представляют собой алергоподобные, гиперчувствительные или хемотоксические реакции. По степени тяжести данные побочные реакции принято разделять на легкие, умеренные и тяжелые. При легких реакциях наблюдаются тошнота, кожная сыпь и зуд. При умеренных реакциях может добавиться бронхоспазм, отек лица и гортани, тяжелая рвота, вагусная сосудистая реакция. Острые побочные реакции тяжелой степени тяжести нередко требуют оказания экстренной медицинской помощи в связи с развитием гипотензивного шока, коллапса с судорогами, а также остановкой дыхания и/или сердечной деятельности.

Побочные реакции, возникающие в интервале от 1 часа до 1 недели после введения контрастного вещества, называются поздними. Характеризуются также кожными реакциями в виде сыпи, отека кожи и зуда. Помимо этого часто встречаются такие симптомы, как головная боль, тошнота, рвота, боли в мышцах. Однако зачастую многие из вышеописанных симптомов не связаны с действием КС [16, 17].

Специфические виды побочных реакций чаще всего развиваются на фоне хронической болезни почек, острой почечной недостаточности и у пациентов, находящихся на диализе. В связи с этим лучевых исследований с контрастным усилением следует избегать у пациентов данной группы населения.

В перечень мероприятий, предупреждающих появление нежелательных реакций на контрастные средства, входят:

- наблюдение за пациентом в течение 30 минут после введения контрастного вещества;
- присутствие врача — анестезиолога-реаниматолога, а также наличие всего необходимого для проведения экстренных реанимационных мероприятий;
- владение специалистами лучевой диагностики навыками оказания первой неотложной помощи, а также регулярные инструктажи по данной тематике.

ЭКСТРАВАЗАЦИЯ

Экстравазация внутривенного контрастного вещества в мягкие ткани является не самым частым

осложнением у детей (примерно 1% случаев у педиатрических пациентов). Однако стоит учитывать некоторые особенности по предотвращению распространения контрастного препарата внутрикожно или подкожно.

Риск повреждения мягких тканей при экстравазации КС выше при использовании высокоосмолярных препаратов (йодосодержащие контрастные вещества), поэтому препараты с низкой осмолярностью, как правило, редко вызывают некроз тканей при экстравазации [18].

Существуют различные факторы возникновения экстравазации у детей. К примеру, стоит учитывать особенности анатомического строения вен у пациентов педиатрического профиля. Большой риск экстравазации имеется у пациентов с нарушением артериальной перфузии или венозного оттока, а также у детей с малым диаметром и хрупкими стенками сосудов. В зоне риска находятся также дети, которым делают инъекции в области с меньшим количеством окружающих мягких тканей (тыльная сторона кистей или стоп). Не стоит забывать и о технических факторах, таких как несоблюдение техники установки внутривенных катетеров и неправильное использование автоматических инжекторов.

Основными симптомами при контрастной экстравазации могут быть отеки, ощущение стянутости, жгучей боли, эритема, болезненность или отек в месте инъекции.

В случае возникновения экстравазации следует тщательно наблюдать за состоянием ребенка до нивелирования симптомов. Началом лечения является приподнимание пораженной конечности, прикладывание на место инъекции холодного компресса [6].

КОНТРАСТ-ИНДУЦИРОВАННОЕ ОСТРОЕ ПОВРЕЖДЕНИЕ ПОЧЕК

Острое постконтрастное повреждение почек (ОППП) вызывается внутривенным йодированным контрастом в течение 48 часов после введения и характеризуется повышением сывороточного креатинина более чем в 1,5 раза или на 26,5 мкмоль/л (0,3 мг/дл) и более от исходного уровня, снижением объема выделенной мочи до $\leq 0,5$ мл/кг в час в течение 6 часов после внутрисосудистого введения контрастного средства.

Патогенез ОППП связан с цитотоксичностью и вазоконстрикцией, вызванными контрастным веществом: ишемия паренхимы почек из-за вазоконстрикции, прямое токсическое действие на канальцевую систему, атероэмболия при проведении инвазивных вмешательств. К факторам риска па-

циента относятся гипотония, гиповолемия, острое или хроническое повреждение почек.

На основе скорости клубочковой фильтрации (СКФ) в 2018 году было выпущено руководство по оценке риска острого повреждения почек (RANZCR — Royal Australian and New Zealand College of Radiologists, Королевский колледж рентгенологов Австралии и Новой Зеландии):

Пациенты с СКФ ≥ 45 мл/мин/1,73 м ² / Patients with SCF ≥ 45 ml/min/1.73 m ²	Незначительный риск / Low risk
Пациенты с СКФ от 30 до 45 мл/мин/1,73 м ² / Patients with SCF from 30 to 45 ml/min/1.73 m ²	Низкий риск / Low risk
Пациенты с рСКФ ≥ 30 мл /мин/1,73 м ² / Patients with eGFR ≥ 30 ml/min/1.73 m ²	Повышенный риск / Increased risk
Пациенты с рСКФ 15 мл /мин/1,73 м ² / Patients with eGFR 15 ml/min/1.73 m ²	Терминальная стадия почечной недостаточности / End stage renal failure

Внутривенное контрастирование следует проводить только в том случае, если диагностическая польза значительно превышает риски. Пациентам из группы риска могут быть рекомендованы альтернативные методы визуализации, такие как бесконтрастная КТ, МРТ или УЗИ [5].

Разработанной тактики лечения ОППП не существует, поэтому следует уделить внимание профилактике, основным способом которой при ОППП является гидратация с внутривенным введением физиологического раствора. Существует два варианта гидратации:

- стандартный (0,9% раствор натрия хлорида внутривенно в дозе 3–4 мл/кг в час на протяжении 4 часов до введения контрастного препарата и 4 часов после этого);
- «долгий» (0,9% раствор натрия хлорида внутривенно в дозе 1 мл/кг в час на протяжении 12 часов перед введением контрастного препарата и 12 часов после этого).

Еще одним вариантом профилактики является гидратация с использованием натрия бикарбоната (защелачивание канальцевой мочи путем введения натрия бикарбоната может ослабить образование свободных радикалов, приводя к меньшему окислительному повреждению). Помимо этого имеются и другие варианты предотвращения развития ОППП: использование N-ацетилцистеина, витамина С, статинов, блокаторов ангиотензин-превращающего фермента и рецепторов ангиотензина II, заместительная почечная терапия [6, 19–21].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведение лучевых исследований с контрастным усилением у пациентов педиатрического профиля остается важным инструментом в современной диагностике. Это обуславливает необходимость глубокого понимания специалистами лучевой диагностики специфики применения контрастных препаратов в детском возрасте, включая особенности дозирования, профиль безопасности и возрастные анатомо-физиологические ограничения.

Строгое соблюдение стандартизированных протоколов введения контрастных средств способствует повышению диагностической точности, минимизации артефактов и эффективной дифференциации патологических процессов. Оптимизация методик контрастирования не только улучшает визуализацию структур, но и обеспечивает своевременную постановку клинически значимого диагноза, что является ключевым фактором в выборе дальнейшей тактики ведения педиатрического пациента.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. Все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

ADDITIONAL INFORMATION

Author contribution. Thereby, all authors made a substantial contribution to the conception of the study, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the article, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the study.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

ЛИТЕРАТУРА

1. Maloney E., Iyer R.S., Phillips G.S., Menon S., Lee J.J., Callahan M.J. Practical administration of intravenous contrast media in children: screening, prophylaxis, administration and

- treatment of adverse reactions. 2019;49(4):433–447. DOI: 10.1007/s00247-018-4306-6.
2. Mammias I.N., Spandidos D.A. The perspectives and the challenges of paediatric radiology: an interview with Dr Georgia Papaioannou, Head of the Paediatric Radiology Department at the ‘Mitera’ Children’s Hospital in Athens, Greece. *Exp Ther Med*. 2019;18:3238–3242.
 3. Гомболевский В.А., Лайпан А.Ш., Бадюл М.И., Инджиев А.А., Буренчев Д.В., Шапиев А.Н., Ким С.Ю., Подтетенов Д.С., Чернина В.Ю., Морозов С.П., Нуднов Н.В., Проценко Д.Н. Особенности применения контрастных препаратов в лучевой диагностике. Методические рекомендации. М.; 2019.
 4. Callahan M.J., Servaes S., Lee E.Y. et al. Practice patterns for the use of iodinated i.v. contrast media for pediatric CT studies: a survey of the Society for Pediatric Radiology. *AJR Am J Roentgenol*. 2014;202:872–879.
 5. Clinical applications, safety profiles, and future developments of contrast agents in modern radiology: A comprehensive review. *Reabal Najjar*. 2024. DOI: 10.1002/ird3.95.
 6. Cheeney S.H.E., Maloney E., Iyer R.S. Safety considerations related to intravenous contrast agents in pediatric imaging. 2023. DOI: 10.1007/s00247-022-05470-z.
 7. McDonald R.J., Weinreb J.C., Davenport M.S. Symptoms associated with gadolinium exposure (SAGE): a suggested term. *Radiology*. 2021;302:270–273.
 8. Алиханов А.А., Шимановский Н.Л. Применение магнитно-резонансных контрастных средств в детской практике. 2016;1(7):82–94. DOI: 616-053.2-073.756.8.
 9. Andreucci M., Solomon R., Tasanarong A. Side effects of radiographic contrast media: pathogenesis, risk factors, and prevention. *BioMed Res Int*. 2014;2014:741018–20. DOI: 10.1155/2014/741018.
 10. Zaccarini D.J., Lubin D., Sanyal S., Abraham J.L. Barium sulfate deposition in the gastrointestinal tract: review of the literature. *Diagn Pathol*. 2022;17(1):99. DOI: 10.1186/s13000-022-01283-8.
 11. Макаров Л., Поздняков А., Позднякова О. Визуализация образа структур головного мозга. Визуализация в медицине. 2023;5(3):10–15.
 12. Шабалов Н.П., Иванов Д.О., Цыбулькин Э.К. и др. Неонатология. Том 2. М.: МЕДпресс-информ; 2004. EDN: QLGBMN.
 13. Подкаменев А.В., Караваева С.А., Мызникова И.В., Сырцова А.Р., Ти Р.А., Позднякова О.Ф., Кондратьев Г.В., Купатадзе Д.Д., Ли А.Г., Назарова И.В. Кровоизлияние в тимус, имитирующее объемное образование переднего средостения, как осложнение поздней геморрагической болезни у новорожденного. *Педиатр*. 2018;9(5):120–124. DOI: 10.17816/PED95120-124.
 14. McCulloch M., Gresser C., Moos S., Odabashian J., Jasper S., Bednarz J. et al. Ultrasound contrast physics: a series on contrast echocardiography, article 3. *J Am Soc Echocardiogr*. 2000;13(10):959–67. DOI: 10.1067/mje.2000.107004.
 15. Ntoulia A., Anupindi S.A., Back SJ et al. Contrast-enhanced ultrasound: a comprehensive review of safety in children. *Pediatr Radiol*. 2021;51:2161–2180.
 16. Синицын В.Е., Тюрин И.Е., Шимановский Н.Л., Кармазановский Г.Г., Быченко В.Г., Рубцова Н.А., Филатова Д.А. Безопасное использование контрастных средств в рентгенологии (методическое руководство Российского общества рентгенологов и радиологов). *Вестник рентгенологии и радиологии*. 2023;104(6):363–384. DOI: 10.20862/0042-4676-2023-104-6-363-384.
 17. Dillman J.R., Ellis J.H., Cohan R.H. et al. Allergic-like breakthrough reactions to gadolinium contrast agents after corticosteroid and antihistamine premedication. *AJR Am J Roentgenol*. 2008;190:187–190.
 18. Amaral J.G., Traubici J., BenDavid G. et al. Safety of power injector use in children as measured by incidence of extravasation. *AJR Am J Roentgenol*. 2006;187:580–583.
 19. Синицын В.Е., Филатова Д.А., Мершина Е.А. Контраст-индуцированное острое почечное повреждение: современное состояние вопроса. *Медицинская визуализация*. 2022;26(1):27–39. DOI: 10.24835/1607-0763-1088.
 20. Крылова А.И., Сотникова Е.А., Гольбиц А.Б. Лучевые исследования с контрастным усилением у детей. *Педиатр*. 2016;7(1):111–119. DOI: 10.17816/PED71111-119.
 21. Kibrom B.T., Manyazewal T., Demma B.D., Feleke T.H., Kabtimer A.S., Ayele N.D., Korsa E.W., Hailu S.S. Emerging technologies in pediatric radiology: current developments and future prospects. *Pediatric Radiology*. 2023;53:1352–1363. DOI: 10.1007/s00247-022-05470-z.

REFERENCES

1. Maloney E., Iyer R.S., Phillips G.S., Menon S., Lee J.J., Callahan M.J. Practical administration of intravenous contrast media in children: screening, prophylaxis, administration and treatment of adverse reactions. 2019;49(4):433–447. DOI: 10.1007/s00247-018-4306-6.
2. Mammias I.N., Spandidos D.A. The perspectives and the challenges of paediatric radiology: an interview with Dr Georgia Papaioannou, Head of the Paediatric Radiology Department at the ‘Mitera’ Children’s Hospital in Athens, Greece. *Exp Ther Med*. 2019;18:3238–3242.
3. Gombolevsky V.A., Laipan A.Sh., Badyul M.I., Indzhiev A.A., Burenchev D.V., Shapiey A.N., Kim S.Yu., Podtetenev D.S., Chernina V.Yu., Morozov S.P., Nudnov N.V., Protsenko D.N. Features of the use of contrast agents in radiation diagnostics. Methodological recommendations. Moscow: 2019. (In Russian).
4. Callahan M.J., Servaes S., Lee E.Y. et al. Practice patterns for the use of iodinated i.v. contrast media for pediatric CT studies: a survey of the Society for Pediatric Radiology. *AJR Am J Roentgenol*. 2014;202:872–879.
5. Clinical applications, safety profiles, and future developments of contrast agents in modern radiology: A comprehensive review. *Reabal Najjar*. 2024. DOI: 10.1002/ird3.95.

6. Cheeney S.H.E., Maloney E., Iyer R.S. Safety considerations related to intravenous contrast agents in pediatric imaging. 2023. DOI: 10.1007/s00247-022-05470-z.
7. McDonald R.J., Weinreb J.C., Davenport M.S. Symptoms associated with gadolinium exposure (SAGE): a suggested term. *Radiology*. 2021;302:270–273.
8. Alihanov A.A., Shimanovsky N.L. Use of contrast-enhanced magnetic resonance in pediatric patients. 2016;1(7):82–94. (In Russian). DOI: 616-053.2-073.756.8.
9. Andreucci M., Solomon R., Tasanarong A. Side effects of radiographic contrast media: pathogenesis, risk factors, and prevention. *BioMed Res Int*. 2014;2014:741018–20. DOI: 10.1155/2014/741018.
10. Zaccarini D.J., Lubin D., Sanyal S., Abraham J.L. Barium sulfate deposition in the gastrointestinal tract: review of the literature. *Diagn Pathol*. 2022;17(1):99. DOI: 10.1186/s13000-022-01283-8.
11. Makarov L., Pozdnyakov A., Pozdnyakova O. Visualization of the image of brain structures. *Visualization in Medicine*. 2023;5(3):10–15. (In Russian).
12. Shabalov N.P., Ivanov D.O., Tsybulkin E.K. and others. Neonatology. Volume 2. Moscow: MEDpress-inform; 2004. (In Russian). EDN: QLGBMN.
13. Podkamenev A.V., Karavaeva S.A., Myznikova I.V., Syrtsova A.R., Ti R.A., Pozdnyakova O.F., Kondratyev G.V., Kupatadze D.D., Li A.G., Nazarova I.V. Hemorrhage into the thymus, simulating the voluminous formation of the anterior mediastinum, as a complication of late hemorrhagic disease in a newborn. *Pediatrician*. 2018;9(5):120–124. (In Russian). DOI: 10.17816/PED95120-124.
14. McCulloch M., Gresser C., Moos S., Odabashian J., Jasper S., Bednarz J. et al. Ultrasound contrast physics: a series on contrast echocardiography, article 3. *J Am Soc Echocardiogr*. 2000;13(10):959–67. DOI: 10.1067/mje.2000.107004.
15. Ntoulia A., Anupindi S.A., Back S.J. et al. Contrast-enhanced ultrasound: a comprehensive review of safety in children. *Pediatr Radiol* 2021;51:2161–2180.
16. Valentin E. Sinitsyn, Igor E. Tyurin, Nikolay L. Shimanovskiy, Grigoriy G. Karmazanovskiy, Vladimir G. Bychenko, Natalia A. Rubtsova, Daria A. Filatova. Safe Use of Contrast Media in Radiology (Clinical Guidelines). *Journal of Radiology and Nuclear Medicine*. 2023;104(6):363–384. (In Russian). DOI: 10.20862/0042-4676-2023-104-6-363-384.
17. Dillman J.R., Ellis J.H., Cohan R.H. et al. Allergic-like breakthrough reactions to gadolinium contrast agents after corticosteroid and antihistamine premedication. *AJR Am J Roentgenol*. 2008;190:187–190.
18. Amaral J.G., Traubici J., BenDavid G. et al. Safety of power injector use in children as measured by incidence of extravasation. *AJR Am J Roentgenol*. 2006;187:580–583.
19. Sinitsyn V.E., Filatova D.A., Mershina E.A. Contrast-induced acute kidney injury: current state of the art. *Medical Visualization*. 2022;26(1):27–39. (In Russian). DOI: 10.24835/1607-0763-1088.
20. Krylova A.I., Sotnikova E.A., Golbits A.B. The use of contrast media in radiology in children. 2016;7(1):111–119. (In Russian). DOI: 10.17816/PED71111-119.
21. Kibrom B.T., Manyazewal T., Demma B.D., Feleke T.H., Kabtimer A.S., Ayele N.D., Korsa E.W., Hailu S.S. Emerging technologies in pediatric radiology: current developments and future prospects. *Pediatric Radiology*. 2023;53:1352–1363. DOI: 10.1007/s00247-022-05470-z.

УДК [616.71-002.28-007.15]-02-092-08-085
DOI: 10.56871/ViM.2025.74.84.004

СОВРЕМЕННЫЙ ВЗГЛЯД НА МНОЖЕСТВЕННУЮ ЭКЗОСТОЗНУЮ ХОНДРОДИСПЛАЗИЮ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ, КЛИНИЧЕСКОЕ НАБЛЮДЕНИЕ)

© Елена Анатольевна Сотникова, Мария Сергеевна Левина, Евгения Александровна Савалей, Ольга Николаевна Киселева, Ольга Федоровна Позднякова, Юлия Викторовна Ташчилкина, Артур Михайлович Сергеев

Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет. 194100, г. Санкт-Петербург, ул. Литовская, д. 2, Российская Федерация

Контактная информация: Елена Анатольевна Сотникова — к.м.н., доцент кафедры медицинской биофизики.
E-mail: elena_sotnikova@mail.ru ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-3392-3129> SPIN: 4762-6501

Для цитирования: Сотникова Е.А., Левина М.С., Савалей Е.А., Киселева О.Н., Позднякова О.Ф., Ташчилкина Ю.В., Сергеев А.М. Современный взгляд на множественную экзостозную хондродисплазию (обзор литературы, клиническое наблюдение). Визуализация в медицине. 2025;7(1):36–46. DOI: <https://doi.org/10.56871/ViM.2025.74.84.004>

Поступила: 17.01.2025

Одобрена: 25.02.2025

Принята к печати: 26.03.2025

Резюме. Множественная экзостозная хондродисплазия (МЭХ) представляет собой относительно редкое наследственное заболевание, сопровождающееся образованием множественных остеохондром. МЭХ имеет аутосомно-доминантный тип наследования и характеризуется вариабельной экспрессивностью, что приводит к значительным различиям в клинических проявлениях. Наиболее часто возникновение МЭХ обусловлено мутациями в генах экзостозин-1 (*EXT-1*) и экзостозин-2 (*EXT-2*), играющих важную роль в синтезе гепарансульфата (ГС), участвующего в регуляции формирования костной и хрящевой тканей. Дефект в синтезе ГС приводит к нарушению нормального роста костей, что проявляется развитием остеохондром — доброкачественных костно-хрящевых образований, возникающих преимущественно в области длинных трубчатых костей, особенно в метафизарных зонах. Несмотря на то что МЭХ может протекать бессимптомно, у пациентов, страдающих этим заболеванием, наблюдается широкий спектр клинических проявлений. Симптоматика варьирует от локальных болевых ощущений, возникающих вследствие давления образования на окружающие ткани, до выраженных костных деформаций и функциональных расстройств. Деформации скелета могут приводить к укорочению конечностей, нарушению осанки, ограничению подвижности суставов и компрессии сосудисто-нервных структур. Одним из наиболее опасных осложнений МЭХ является злокачественная трансформация остеохондромы во вторичную хондросаркому (1–5% случаев). Терапевтический подход при МЭХ складывается из динамического наблюдения и хирургической резекции в случае наличия показаний. В последние годы ведутся исследования по возможному применению таргетной терапии, направленной на коррекцию нарушенного метаболизма гепарансульфата, однако клиническое применение подобных методов пока остается на стадии изучения. Целью настоящей статьи является обзор обновленных данных относительно эпидемиологии, патогенеза, клинической картины, методов визуализации, вариантов лечения и прогноза МЭХ.

Ключевые слова: множественная экзостозная хондродисплазия, остеохондрома, костно-хрящевой экзостоз, экзостозин-1, *EXT-1*, экзостозин-2, *EXT-2*, гепарансульфат, костные деформации

MODERN VIEW ON HEREDITARY MULTIPLE EXOSTOSES (LITERATURE REVIEW, CASE REPORT)

© Elena A. Sotnikova, Maria S. Levina, Evgeniya A. Savaley, Olga N. Kiseleva, Olga F. Pozdnyakova, Yulia V. Tashchilkina, Artur M. Sergeev

Saint Petersburg State Pediatric Medical University. 2 Lithuania, Saint Petersburg 194100 Russian Federation

Contact information: Elena A. Sotnikova — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of Medical Biophysics. E-mail: elena_sotnikova@mail.ru ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-3392-3129> SPIN: 4762-6501

For citation: Sotnikova EA, Levina MS, Savaley EA, Kiseleva ON, Pozdnyakova OF, Tashchilkina YuV, Sergeev AM. Modern view on hereditary multiple exostoses (literature review, case report). Visualization in Medicine. 2025;7(1):36–46. DOI: <https://doi.org/10.56871/ViM.2025.74.84.004>

Received: 17.01.2025

Revised: 25.02.2025

Accepted: 26.03.2025

Abstract. Hereditary multiple exostoses (HME) is a relatively rare hereditary disorder characterized by the formation of multiple osteochondromas. HME has an autosomal dominant inheritance pattern and is characterized by variable expressivity, which leads to significant differences in clinical manifestations. Most often, HME is caused by mutations in the exostosin-1 (*EXT-1*) and exostosin-2 (*EXT-2*) genes, which play an important role in the synthesis of heparan sulfate (HS), which is involved in the regulation of bone

and cartilage tissue formation. A defect in the synthesis of HS leads to disruption of normal bone growth, which is manifested by the development of osteochondromas — benign osteochondral formations that occur mainly in the area of long tubular bones, especially in the metaphyseal zones. Although HME may be asymptomatic, patients with this disease experience a wide range of clinical manifestations. Symptoms range from localized pain caused by the pressure of the tumor on surrounding tissues to severe bone deformities and functional disorders. Skeletal deformities may lead to shortening of the limbs, poor posture, limited joint mobility, and compression of vascular and nerve structures. One of the most dangerous complications of HME is the malignant transformation of osteochondroma into secondary chondrosarcoma (1–5% cases). The therapeutic approach to HME consists of dynamic observation and surgical resection if indicated. In recent years, studies have been conducted on the possible use of targeted therapy aimed at correcting impaired heparan sulfate metabolism, but the clinical application of such methods is still at the study stage. The aim of this article is to review updated data regarding the epidemiology, pathogenesis, clinical presentation, imaging modalities, treatment options, and prognosis of HME.

Keywords: hereditary multiple exostoses, osteochondroma, osteochondral exostosis, exostosin-1, *EXT-1*, exostosin-2 *EXT-2*, heparansulfate, bone deformities

ВВЕДЕНИЕ

Наследственные заболевания скелета представляют собой группу генетически детерминированных патологий, характеризующихся нарушениями в структуре и функции костно-суставного аппарата. Эти заболевания могут проявляться аномалиями роста и развития костей и суставов, дефектами соединительной ткани, различными функциональными расстройствами. Прогресс в области молекулярной генетики и биологии тканей значительно расширил знания о молекулярных механизмах, лежащих в основе этих патологий.

Патогенез наследственных заболеваний скелета часто связан с мутациями в генах, которые отвечают за формирование и ремоделирование костной ткани, что приводит к разнообразным клиническим проявлениям. Наследственные заболевания скелета могут передаваться по различным типам наследования, включая аутосомно-доминантный, аутосомно-рецессивный и сцепленный с полом.

Наследственные заболевания скелета могут варьировать от легких, клинически незначительных аномалий, до тяжелых нарушений, приводящих к выраженным визуальным дефектам и ухудшению качества жизни пациентов.

Классификация, предложенная Н.С. Косинской в 1960-х годах, включает несколько групп заболеваний в зависимости от основного патогенетического механизма.

1. Несовершенный хондрогенез, характеризующийся преимущественно количественными нарушениями в структуре костно-суставного аппарата.

2. Несовершенный остеогенез, характеризующийся комплексными нарушениями в нескольких функциональных системах.

3. Несовершенное развитие комплексов аппаратов мезодермального происхождения, проявляющееся структурными дефектами отдельных элементов костно-суставного аппарата или их комплексов [2].

В данной статье особое внимание уделяется несовершенному хондрогенезу, в частности множест-

венной экзостозной хондродисплазии (МЭХ), также известной как наследственные множественные экзостозы, и семейному остеохондроматозу — наследственному заболеванию, характеризующемуся образованием множественных хрящевых экзостозов (остеохондром)¹ в зонах роста костей.

Остеохондрома, также в некоторых устаревших источниках известная как костно-хрящевой экзостоз, представляет собой доброкачественное экзодиффитное образование, локализующееся на поверхности кости и состоящее из костного основания, являющегося продолжением «материнской кости», с хрящевой покрывкой, на долю которой приходится 20–50% доброкачественных опухолей костей и 9% всех опухолей костей [3, 9, 13, 23, 29].

Остеохондрома может иметь широкое основание, в таком случае она именуется сидячей, или ножку — ножковая. Следует отметить, что остеохондromы на ножке всегда направлены в противоположную сторону от пластины роста и сустава.

Остеохондromы характеризуются возникновением и ростом в детском возрасте, до закрытия пластин роста, прекращая свое развитие после достижения скелетной зрелости [4, 8, 31].

Остеохондрома может проявляться как в солитарной, так и во множественной форме (15% пациентов) [8], которая развивается в контексте множественной экзостозной хондродисплазии (МЭХ), — редкого генетического заболевания, наследуемого по аутосомно-доминантному типу [13]. В литературе МЭХ также упоминается как множественные наследственные

¹ Остеохондromы ранее назывались экзостозами, однако термин «экзостоз», согласно обновленной терминологии, принятой Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ), больше не используется, поскольку термин «остеохондрома» указывает на истинное строение образований, включающих в себя и хрящевую компонент, а не только кость. Однако термины «наследственные множественные экзостозы» и «множественные наследственные экзостозы» по-прежнему часто используются в литературе в качестве описания МЭХ.

остеохондромы, множественные наследственные экзостозы и множественные хрящевые экзостозы [10].

Заболевание может протекать бессимптомно, часто выявляясь случайно при рентгенологическом обследовании, либо проявляться яркой клинической картиной, особенно у пациентов с семейным анамнезом. При МЭХ остеохондромы часто имеют причудливую форму, а также могут стать чрезвычайно большими. Избыточное разрастание костно-хрящевых образований приводит к деформациям костей и суставов, хроническому болевому синдрому, а также сдавлению сосудисто-нервных структур. Одним из серьезных осложнений остеохондром является злокачественная трансформация [13, 22].

ЭПИДЕМИОЛОГИЯ

Множественная экзостозная хондродисплазия встречается относительно редко, ее распространенность оценивается в 1 на 50 000 человек, а заболеваемость среди западной популяции составляет 1,5% в год, имея преобладание среди мужчин европеоидной расы (соотношение мужчин и женщин 3:1) [8, 20, 22, 26]. Однако эти значения, вероятно, занижены, поскольку у пациентов с бессимптомным течением заболевания МЭХ часто не диагностируются.

МЭХ обычно выявляется до 12 лет. Средний возраст постановки диагноза составляет 3 года. Пациенты с МЭХ имеют положительный семейный анамнез примерно в 65% случаев [21].

Солитарные остеохондромы встречаются примерно в шесть раз чаще, чем МЭХ. Обычно они выявляются в течение первых 40 лет жизни, причем 75% таких поражений возникают в возрасте до 20 лет [1, 16, 20].

ЭТИОЛОГИЯ И ГЕНЕТИКА

Множественная экзостозная хондродисплазия связана с мутациями в генах экзостозин-1 (*EXT-1*) и экзостозин-2 (*EXT-2*), расположенных на хромосоме 8q24.11-q24.13 и на хромосоме 11p11-12 соответственно. Связь гена *EXT-3* на хромосоме 19 поставлена под сомнение. У пациентов с МЭХ присутствуют множество мутаций в этих генах, включая миссенс-мутации, мутации со сдвигом рамки считывания и мутации сайта сплайсинга [20, 29].

Только у 30% пациентов отмечается спонтанность генетической мутации, тогда как оставшиеся 70% имеют семейный анамнез [21]. Отмечается, что у пациентов с мутациями *EXT-1* заболевание протекает тяжелее ввиду развития большего количества остеохондром и повышенной склонности к онкотрансформации [12].

Семейство EXT кодируют ферменты гликозилтрансферазы, которые необходимы для синтеза гепарансульфата (ГС), — полисахарида, который связывается с белками для производства гепарансульфатпротеогликанов (ГСПГ). ГСПГ входят в состав клеточных мембран и внеклеточного матрикса и взаимодействуют с белками костной ткани, участвуя в регуляции формирования костей и хрящей.

Генетические мутации обуславливают структурные изменения в кодируемых белках, что приводит к нарушению взаимодействий и снижению ферментативной активности с образованием дефектного ГС либо значительного его недостатка. Таким образом, нарушение синтеза ГС является причиной образования остеохондром. Более того, было доказано, что тяжесть заболевания обратно пропорциональна уровню ГС [24, 29].

ЛОКАЛИЗАЦИЯ

Наиболее часто остеохондромы поражают конечности, предпочитительно выбирая длинные трубчатые кости. Около 30% остеохондром расположены в дистальном отделе бедренной кости, 15–20% отводится проксимальному отделу большеберцовой кости и 10–20% плечевой кости, за которыми следуют стопы и руки — 10% [11, 29]. Остеохондромы обычно расположены в метафизарном отделе кости и растут в противоположном от суставов направлении.

Плоские кости, такие как лопатка, ребра, кости таза, поражаются менее чем в 5% случаев [23]. Одиночные остеохондромы редко располагаются в позвонках, тогда как у 68% пациентов с МЭХ наблюдаются спинальные остеохондромы [16]. Хотя может быть поражена любая часть позвоночника, шейный отдел поражается в 50% случаев, особенно позвонок C_{II}. Второе по частоте место поражения — грудной отдел позвоночника, особенно позвонок Th_{VIII} [23].

КЛИНИЧЕСКАЯ КАРТИНА

Симптоматика МЭХ зависит от локализации, размера и взаимодействия с окружающими тканями. Визуально и пальпаторно остеохондрома представляется как выпуклое, плотное, безболезненное и неподвижное образование [22].

Основные симптомы:

- Механическое воздействие на сосудисто-нервные пучки приводит к выраженной боли, онемению, покалыванию в конечностях, изменению характера пульса в дистальных отделах пораженной конечности, нарушению перфузии. В тяжелых случаях также возможны такие со-

- судистые осложнения, как артериальный и венозный тромбозы, образование аневризмы или псевдоаневризмы. Чаще всего поражаются подколенная артерия, общий малоберцовый нерв и задний большеберцовый нерв [14, 15, 27].
- В некоторых случаях остеохондромы могут располагаться под сухожилиями, вызывая боль во время соответствующих движений [20].
- Деформации конечностей, такие как искривления или укорочение сегментов. Могут наблюдаться вальгусные деформации, такие как *coxa valga*, *genu valgum* и лодыжечная вальгусная деформация. Другие проявления — неравномерная длина конечностей, аномалии лучезапястной и локтевой девиации, укорочение пястных, плюсневых или фаланговых костей, дисплазия вертлужной впадины, вывих или подвывих бедра, надколенника или таранной кости [29]. МЭХ может привести к непропорциональной низкорослости, что обуславливается не только затрагиванием костно-хрящевым образованием зон роста, но и системным влиянием генетического дефекта на скорость их закрытия (например, у подростков, особенно мальчиков, наблюдается более раннее закрытие пластин роста).
- Сдавление мягких тканей с формированием бурситов [22].
- Остеохондрома позвоночника может вызвать кифоз или спондилолистез.
- Асимметрия лица и дисфункция жевательных мышц в случае расположения остеохондром в области головы и шейного отдела позвоночника.

- Редкие осложнения при поражении ребер, такие как пневмоторакс и гемоторакс из-за повреждения межреберной артерии или разрыва диафрагмы [29].
- В редких случаях растущее образование может вызвать дисфагию, кишечную непроходимость или обструкцию мочевыводящих путей [20].
- Злокачественная трансформация. Недавно была разработана клиническая система классификации МЭХ, опубликованная Istituto Ortopedico Rizzoli (IOR) (табл. 1). В этой системе классификации МЭХ делится на три класса в зависимости от количества пораженных сегментов костей и наличия деформаций скелета и/или функциональных ограничений [33].

ЗЛОКАЧЕСТВЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ

Самым опасным осложнением остеохондром является злокачественная трансформация, которая обычно происходит в хрящевой покрышке и приводит к развитию вторичной хондросаркомы [11]. По оценкам специалистов, злокачественная трансформация происходит примерно в 1% случаев одиночных остеохондром и 10% случаев МЭХ. Такие злокачественные опухоли, как остеосаркома, крайне редко могут осложнять остеохондрому [8, 18, 29].

Обычными местами формирования вторичной хондросаркомы являются проксимальный отдел бедренной кости, проксимальный отдел плечевой кости, лопатка и таз. Большинство этих опухолей имеют низкую или среднюю степень злокачественности, характеризуюсь медленным ростом и редким метастазированием [19].

Таблица 1

Клиническая классификация множественной экзостозной хондродисплазии (IOR)

Table 1

Clinical Classification of Multiple Exostotic Chondrodysplasia (IOR)

Критерии / Criteria	Класс / Class	Подкласс / Subclass	
1. Отсутствие деформаций и функциональных ограничений / Absence of deformations and functional limitations	I	IA	≤5 участков с остеохондромами / ≤5 sites with osteochondromas
		IB	>5 участков с остеохондромами / >5 sites with osteochondromas
2. Деформации в отсутствие функциональных ограничений / Deformations in the absence of functional limitations	II	IIA	≤5 участков с деформациями / ≤5 sites with deformation
		IIБ	>5 участков с деформациями / >5 sites with deformation
3. Деформации и функциональные ограничения / Deformations and functional limitations	III	IIIA	1 участок с функциональными ограничениями / 1 site with functional limitation
		IIIB	>1 участка с функциональными ограничениями / >1 site with functional limitation

К «тревожным» признакам относятся рост образования или вновь появившаяся боль после достижения скелетной зрелости, увеличение толщины хрящевой покрышки, эрозированность или дольчатость края, рассеянные кальцификации в хрящевой покрышке, формирование остеолитических очагов в остеохондроме [5, 22, 31].

Однако наиболее надежным методом подтверждения онкологического перерождения является магнитно-резонансная томография (МРТ), при помощи которой можно определить толщину хрящевой покрышки: более 3 см у детей или 2 см у взрослых является признаком злокачественной трансформации [22]. Отмечается также, что хондросаркома демонстрирует септальное усиление на контрастной МРТ, тогда как остеохондрома демонстрирует только периферическое усиление [17, 23]. Точная верификация диагноза осуществляется путем гистологического исследования.

ДИАГНОСТИКА

Диагностика остеохондромы основывается на комплексном применении различных методов визуализации, которые позволяют точно определить характер образования, его размеры, расположение и взаимодействие с соседними анатомическими структурами.

Обычно для установления диагноза достаточно классической рентгенографии, однако для оценки хрящевой покрышки, а также в случае расположения остеохондромы в сложных анатомических областях используются компьютерная томография (КТ), МРТ и ультразвуковое исследование (УЗИ).

Диагноз множественной остеохондромы основывается на сочетании двух или более рентгенологически документированных остеохондром, происходящих из юкта-метафизарной области длинных трубчатых костей, с положительным семейным анамнезом или без него [17].

Ключевыми рентгенологическими признаками остеохондромы являются непрерывность кортикального слоя и губчатого вещества между образованием и «материнской» костью, а также наличие хрящевой покрышки [6, 9, 25].

Рентгенография остается основным и наиболее доступным методом диагностики остеохондромы. Образование обычно варьирует в размере и состоит из коркового слоя и губчатого вещества, которые находятся в непрерывности с подлежащей костью. При рентгенологическом исследовании можно выявить следующие характерные признаки:

- плавный переход контуров остеохондромы в контуры «материнской» кости, контуры могут быть четкими или несколько размытыми;
- прикрепление к кости в виде широкого основания («сидячая» остеохондрома) или через узкую ножку (ножковая остеохондрома); в случае ножковидной остеохондромы можно наблюдать утолщение подлежащей кости в области прикрепления образования [20];
- хрящевая покрышка остеохондромы на классических рентгенограммах обычно неразличима, поскольку ее плотность аналогична плотности окружающих мягких тканей; однако возможна визуализация участков кальцификации хрящевой ткани в виде дуг или колец; чрезмерная кальцификация «хлопьевидного» типа позволяет заподозрить онкотрансформацию;
- визуализация «тревожных» признаков, таких как нарушение контуров кортикального слоя, остеолитические очаги, зоны эрозии и деструкции.

Компьютерная томография дополняет классическую рентгенографию и позволяет получать более подробные изображения костных структур благодаря высокой разрешающей способности. Аксиальные томографические срезы облегчают интерпретацию поражений, расположенных в сложных анатомических локализациях, таких как позвоночник, лопатка и таз.

Особенности КТ при остеохондромах включают:

- высокую детализацию костных структур — КТ позволяет точно выявить мельчайшие анатомические особенности опухоли, включая ее размеры, форму, а также расположение в отношении других структур, таких как нервы и сосуды;
- возможность раннего выявления признаков агрессивного роста опухоли;
- трехмерную реконструкцию — КТ позволяет создавать трехмерные модели, которые помогают в планировании хирургического вмешательства и позволяют точно оценить пространственное расположение образования относительно других анатомических структур.

Магнитно-резонансная томография является высокоинформативным методом для визуализации точной морфологии остеохондромы и всех ранее описанных осложнений, особенно в случаях, когда необходимо оценить состояние окружающих мягких тканей и хрящевой покрышки.

МРТ предоставляет следующие важные данные:

- Оценку хрящевой ткани — МРТ позволяет точно измерить толщину хрящевой покрышки на поверхности остеохондромы. Хрящевая покрышка имеет низкий/средний сигнал

на T1-взвешенных изображениях и высокий сигнал на T2-взвешенных изображениях из-за высокого содержания воды [11]. Толщина хрящевой покрышки более 3 см у детей или 2 см у взрослых указывает на развитие вторичной хондросаркомы [18, 22]. Другие особенности визуализации включают в себя лежащий выше образования тонкий ободок низкого сигнала, представляющий собой надхрящницу, и периферическое усиление после введения гадолиния [6, 11, 23].

- Оценку прилегающих структур — МРТ помогает выявить степень компрессии сосудисто-нервных пучков и других важных анатомических структур, таких как спинной мозг, мышцы и сухожилия, что может быть важно при планировании хирургического вмешательства.

Ультразвуковое исследование используется для визуализации хрящевой покрышки остеохондромы и оценки состояния окружающих мягких тканей. Этот метод имеет следующие преимущества:

- определение хрящевой покрышки — при УЗИ хрящевая покрышка остеохондромы будет отображаться как гипоэхогенная область, ограниченная гиперэхогенной костью снизу и мягкими тканями или жировой клетчаткой сверху;
- с помощью УЗИ можно обнаружить сосудистые осложнения, такие как артериальный и венозный тромбозы, аневризма или псевдоаневризмы; также УЗИ имеет большое значение в диагностике бурсита.

Методы сцинтиграфии и позитронно-эмиссионной томографии с фтордезоксиглюкозой (ФДГ-ПЭТ) являются дополнительными и применяются для диагностики и дифференциальной диагностики хондросарком. Сцинтиграфия исследует метаболическую активность опухоли и обнаруживает новые очаги костного поражения в случае метастазирования [7, 20, 28].

ЛЕЧЕНИЕ

В настоящее время не существует медикаментозной терапии МЭХ, хотя в будущем могут появиться биологические методы лечения: активно изучаются свойства агонистов гамма-рецептора ретиноидной кислоты (RAR γ) [10]. RAR γ — это ядерный рецептор, действующий как фактор транскрипции. Он играет важную роль в развитии и росте хряща. Иностранные доклинические исследования показали, что введение агонистов RAR γ ингибирует гетеротопическую оссификацию у мышей и крыс [30].

Сегодня основой консервативного лечения является динамическое наблюдение с помощью проведения классической рентгенографии ежегодно

или раз в два года. В случае появления жалоб или ускоренного роста образования предпочтительно проведение КТ и МРТ [8].

В большинстве случаев остеохондромы не требуют специализированного лечения, если они не вызывают осложнений. Основными показаниями для хирургического удаления экзостозов являются: прогрессирующие симптомы боли или ограничение подвижности суставов, подозрение на злокачественную трансформацию, косметические дефекты, вызванные большими образованиями, нарушение функций соседних органов и тканей [29].

Если остеохондрома бессимптомна, операцию проводить не следует, так как риск осложнений, связанных с операцией, выше, чем связанных с образованием. У детей резекцию с целью предостережения от повреждения зон роста предпочтительно отложить до достижения скелетной зрелости [20].

Полная резекция путем удаления экзостозов у основания кости с последующим удалением хрящевой покрышки и надхрящницы является операцией выбора. Если ложе резекции чистое и нет остатков хрящевой покрышки и надхрящницы, риск рецидива крайне низок [32].

В случае злокачественной трансформации хондросаркомы хирургическая резекция также является методом выбора ввиду того, что вторичные хондросаркомы в большинстве своем имеют низкую степень злокачественности.

Роль адьювантной радиотерапии и химиотерапии при вторичных хондросаркомах не доказана, и их использование остается спорным [10, 20].

ПРОГНОЗ

Прогноз остеохондром благоприятный, так как образования по своей природе доброкачественные. Частота местного рецидивирования после хирургической резекции составляет менее 2%. Оценочный риск онкотрансформации составляет 1 и 10% для одиночных остеохондром и МЭХ соответственно [8, 32].

В случае развития вторичной хондросаркомы прогноз зависит от гистологической степени.

ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА

В ряде случаев важно отличать остеохондрому от других костных и хрящевых образований, а также от патологий, которые могут имитировать остеохондрому по рентгенологическим или клиническим признакам. Дифференциальная диагностика наиболее часто проводится с аномальной параостальной остеохондроматозной пролиферацией (остеофитами),

остеомой, хондромой, надмыщелковой шпорой, оссифицирующим миозитом, неправильно сросшимся переломом и болезнью Педжета.

КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ

Пациент Д., 2008 года рождения (17 лет), наблюдается у травматолога-ортопеда в Консультативно-диагностическом центре (КДЦ) Санкт-Петербургского государственного педиатрического медицинского университета (СПбГПМУ) с 2013 года.

Впервые патологические изменения были замечены в 2013 году, когда родители обратили внимание на визуально определяемое образование костной плотности в области ребер слева. Спустя шесть месяцев у ребенка появилось интенсивно растущее образование в правой лопаточной области, что стало поводом для обращения в КДЦ СПбГПМУ.

При первичном осмотре пациент жаловался на наличие образования в правой подлопаточной области и дискомфорт при движениях. При объективном обследовании в области угла правой лопатки пальпировалось плотное образование размером 4×3 см, пальпация безболезненная. Объем движений в правой верхней конечности сохранялся в полном объеме, однако при максимальной амплитуде движений в правом плечевом суставе паци-

ент испытывал дискомфорт. Были также выявлены множественные экзостозы ребер, бедренных костей, костей голени, плечевых и локтевых костей.

Пациент был направлен в Национальный медицинский исследовательский центр детской травматологии и ортопедии имени Г.И. Турнера, где после обследования ему был установлен диагноз «множественная экзостозная хондродисплазия». В 2017 году, в возрасте 9 лет, ему было рекомендовано плановое оперативное лечение, в ходе которого была проведена резекция экзостоза переднего отрезка VII ребра слева и краевая резекция правой лопатки.

С 2017 года пациент находится под динамическим наблюдением у ортопеда.

В начале 2024 года, в возрасте 16 лет, пациент вновь обратился в КДЦ с жалобами на болезненность при пальпации экзостоза в нижней трети правого бедра, а также ограничение движений в суставах нижних конечностей в виде нарушения отведения бедер и сгибания правого коленного сустава.

Проведена рентгенография коленных суставов в прямой проекции и левого в боковой — соотношения в суставах не нарушены. Суставные щели не изменены. Определяются множественные экзостозы правой и левой бедренных костей — в проекции дистального метадиафиза справа и слева, по медиальной и латеральной поверхностям, и в проекции

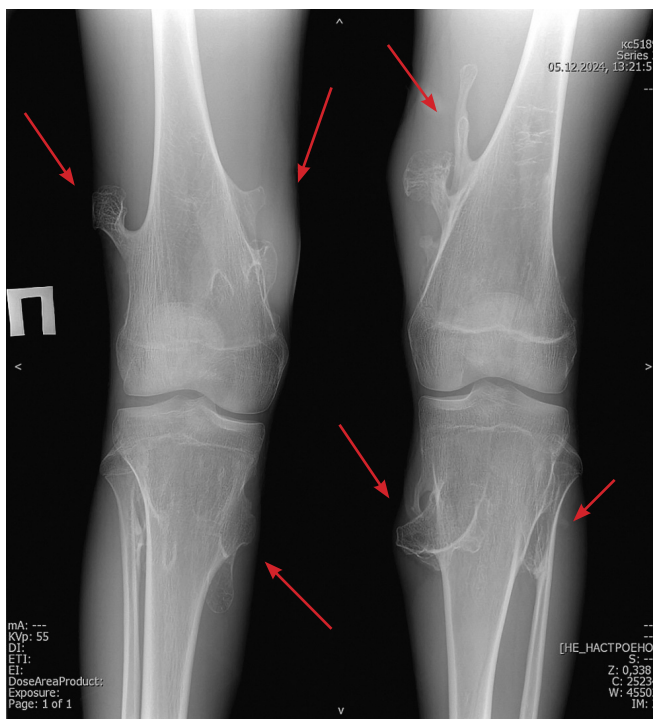


Рис. 1. Рентгенограмма коленных суставов в прямой проекции

Fig. 1. X-ray of the knee joints in direct projection



Рис. 2. Рентгенограмма левого коленного сустава в боковой проекции

Fig. 2. X-ray of the left knee joint in lateral projection

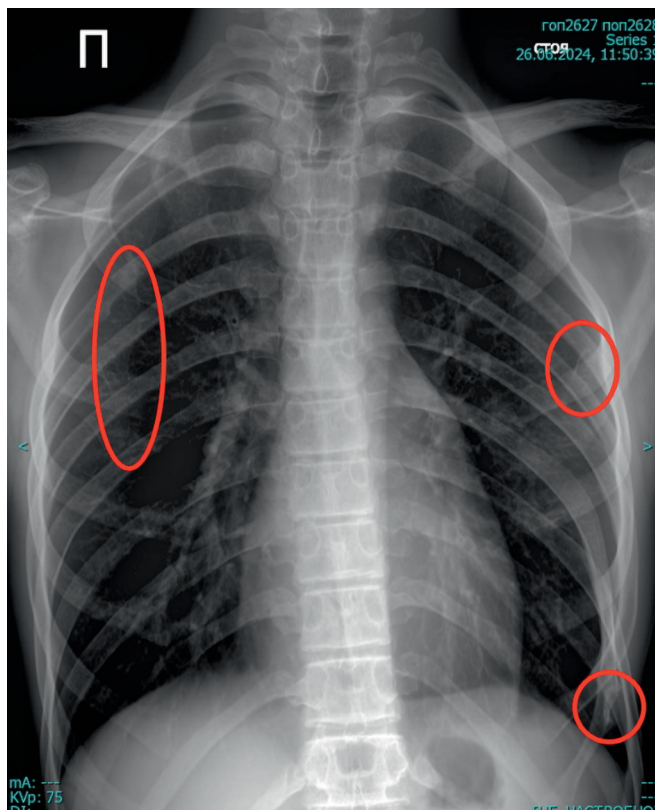


Рис. 3. Рентгенограмма грудного отдела позвоночника в прямой проекции

Fig. 3. X-ray of the thoracic spine in direct projection

проксимальных метадиафизов костей голени, по медиальной и латеральной поверхностям (рис. 1, 2; см. красные стрелки).

На рентгенограммах поясничного и крестцового отделов позвоночника в прямой и правой боковой проекциях стоя, а также грудного отдела в прямой проекции, определяется крупный экзостоз по верхнему краю правой подвздошной кости с неровными контурами, нельзя исключить экзостозы крыла левой подвздошной кости, экзостоз левой лопатки в нижнем отделе, деформация тела правой лопатки по внутреннему краю. Участок разрежения костной ткани по переднему отрезку VII ребра слева, нижний контур ребра на этом уровне неровный, с козырьками (рис. 3–5; см. красные обозначения).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наследственные заболевания скелета представляют собой важную группу патологий, обусловленную генетическими мутациями, которые могут значительно повлиять на качество жизни пациента. Остеохондрома как одна из самых распространенных форм таких заболеваний требует внимательного подхода к диагностике и лечению.

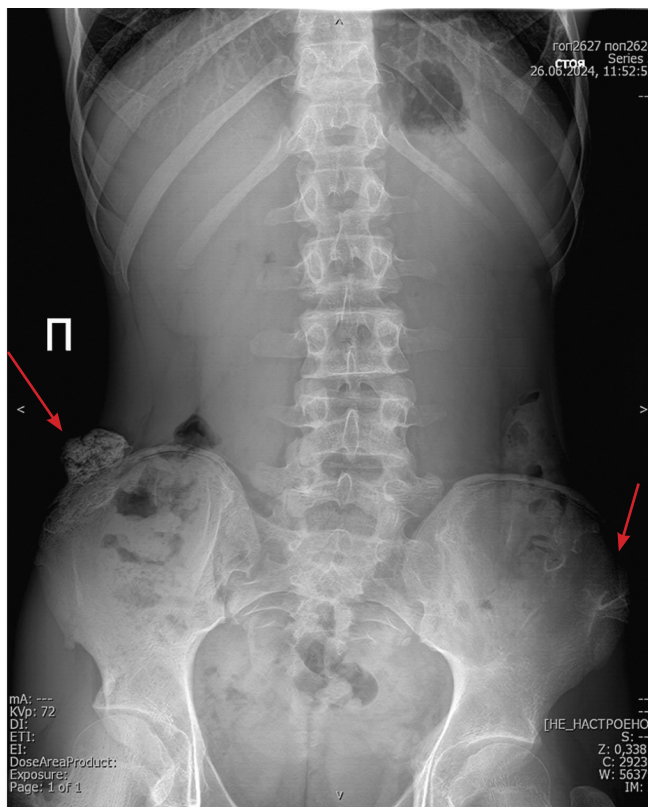


Рис. 4. Рентгенограмма поясничного и крестцового отделов позвоночника в прямой проекции

Fig. 4. X-ray of the lumbar and sacral spine in direct projection



Рис. 5. Рентгенограмма поясничного и крестцового отделов позвоночника в боковой проекции

Fig. 5. X-ray of the lumbar and sacral spine in lateral projection

Хотя большинство остеохондром протекает бессимптомно, возможно развитие различных осложнений, включая сдавление сосудисто-нервных пучков, деформации костей и злокачественную трансформацию. По оценкам специалистов, последнее встречается примерно в 1% солитарных остеохондром и в 10% случаев множественной экзостозной хондродисплазии.

Вновь появившаяся боль, рост образования после достижения скелетной зрелости, неровность края, рассеянные кальцификации, очаги деструкции, эрозия соседних костей, толщина хрящевой покрышки >2 см у взрослых или >3 см у детей являются признаками онкотрансформации.

Несмотря на то что классической рентгенографии обычно достаточно для диагностики остеохондром, дополнительные методы визуализации, такие как КТ и МРТ, полезны для оценки поражений, расположенных в сложных областях, осложнений и оценки толщины хрящевой покрышки.

Важно, чтобы пациенты с этим заболеванием находились под регулярным динамическим наблюдением, а в случае необходимости проводилась хирургическая резекция.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. Все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

Информированное согласие на публикацию. Авторы получили письменное согласие законных представителей пациента на публикацию медицинских данных.

ADDITIONAL INFORMATION

Author contribution. Thereby, all authors made a substantial contribution to the conception of the study, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the article, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the study.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

Consent for publication. Written consent was obtained from legal representatives of the patient for publication of relevant medical information within the manuscript.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гайдук И.М., Байрова С.В., Полищук Т.В., Булычева В.И., Ревнова М.О., Сахно Л.В., Колтунцева И.В., Мишкина Т.В., Орел В.И., Ким А.В., Рослова З.А. Организация медико-социальной помощи подросткам в современных условиях. Медицина и организация здравоохранения. 2021;6(3):84–95.
2. Косинская Н.С. Наследственные заболевания скелета: классификация, патогенез и клинические проявления. М.: Медицина; 1968.
3. Орел В.И., Середа В.М., Ким А.В., Шарафутдинова Л.Л., Беженар С.И., Булдакова Т.И., Рослова З.А., Орел В.В., Гурьева Н.А. Здоровье детей Санкт-Петербурга. Педиатр. 2017;8(1):112–119. DOI: 10.17816/PED81112-119.
4. Потапчук А.А., Дидур М.Д. Осанка и физическое развитие детей. Программы диагностики и коррекции нарушений. СПб.; 2001.
5. Ahmed A.R., Tan T.S., Unni K.K., Collins M.S., Wenger D.E., Sim F.H. Secondary chondrosarcoma in osteochondroma: report of 107 patients. Clin Orthop Relat Res. 2003;411:193–206. DOI: 10.1097/01.blo.0000069888.31220.2b.
6. Alyas F., James S.L., Davies A.M., Saifuddin A. The role of MR imaging in the diagnostic characterisation of appendicular bone tumours and tumour-like conditions. Eur Radiol. 2007;17(10):2675–86. DOI: 10.1007/s00330-007-0597-y.
7. Aoki J., Watanabe H., Shinozaki T., Tokunaga M., Inoue T., Endo K. FDG-PET in differential diagnosis and grading of chondrosarcomas. J Comput Assist Tomogr. 1999;23(4):603–8. DOI: 10.1097/00004728-199907000-00022.
8. Bovée J.V. Multiple osteochondromas. Orphanet J Rare Dis. 2008;3:3. DOI: 10.1186/1750-1172-3-3.
9. Brien E.W., Mirra J.M., Luck J.V. Jr. Benign and malignant cartilage tumors of bone and joint: their anatomic and theoretical basis with an emphasis on radiology, pathology and clinical biology. II. Juxtacortical cartilage tumors. Skeletal Radiol. 1999;28(1):1–20. DOI: 10.1007/s002560050466.
10. D’Arienzo A., Andreani L., Sacchetti F., Colangeli S., Capanna R. Hereditary Multiple Exostoses: Current Insights. Orthop Res Rev. 2019;11:199–211. DOI: 10.2147/ORR.S183979.
11. Douis H., Saifuddin A. The imaging of cartilaginous bone tumours. I. Benign lesions. Skeletal Radiol. 2012;41(10):1195–212. DOI: 10.1007/s00256-012-1427-0.
12. Francannet C., Cohen-Tanugi A., Le Merrer M., Munnich A., Bonaventure J., Legeai-Mallet L. Genotype-phenotype correlation in hereditary multiple exostoses. J Med Genet. 2001;38(7):430–4. DOI: 10.1136/jmg.38.7.430.
13. Garcia R.A., Inwards C.Y., Unni K.K. Benign bone tumors — recent developments. Semin Diagn Pathol. 2011;28(1):73–85. DOI: 10.1053/j.semmp.2011.02.013.

14. Gavanier M., Blum A. Imaging of benign complications of exostoses of the shoulder, pelvic girdles and appendicular skeleton. *Diagn Interv Imaging*. 2017;98(1):21–28. DOI: 10.1016/j.diii.2015.11.021.
15. Göçmen S., Topuz A.K., Atabey C., Şimşek H., Keklikçi K., Rodop O. Peripheral nerve injuries due to osteochondromas: analysis of 20 cases and review of the literature. *J Neurosurg*. 2014;120(5):1105–12. DOI: 10.3171/2013.11.JNS13310.
16. Hakim D.N., Pelly T., Kulendran M., Caris J.A. Benign tumours of the bone: A review. *J Bone Oncol*. 2015;4(2):37–41. DOI: 10.1016/j.jbo.2015.02.001.
17. Hameetman L., Bovée J.V., Taminiau A.H., Kroon H.M., Hogendoorn P.C. Multiple osteochondromas: clinico-pathological and genetic spectrum and suggestions for clinical management. *Hered Cancer Clin Pract*. 2004;2(4):161–173. DOI: 10.1186/1897-4287-2-4-161.
18. Herget G.W., Kontny U., Saueressig U., Baumhoer D., Hauschild O., Elger T., Südkamp N.P., Uhl M. Osteochondrom und multiple Osteochondrome: Empfehlungen zur Diagnostik und Vorsorge unter besonderer Berücksichtigung des Auftretens sekundärer Chondrosarkome. *Radiologe*. 2013;53(12):1125–36. (In German). DOI: 10.1007/s00117-013-2571-9.
19. Khosla A., Parry R.L. Costal osteochondroma causing pneumothorax in an adolescent: a case report and review of the literature. *J Pediatr Surg*. 2010;45(11):2250–3. DOI: 10.1016/j.jpedsurg.2010.06.045.
20. Kitsoulis P., Galani V., Stefanaki K., Paraskevas G., Karatzias G., Agnantis N.J., Bai M. Osteochondromas: review of the clinical, radiological and pathological features. *In Vivo*. 2008;22(5):633–46.
21. Legeai-Mallet L., Munnich A., Maroteaux P., Le Merrer M. Incomplete penetrance and expressivity skewing in hereditary multiple exostoses. *Clin Genet*. 1997;52(1):12–6. DOI: 10.1111/j.1399-0004.1997.tb02508.x.
22. Motamedi K., Seeger L.L. Benign bone tumors. *Radiol Clin North Am*. 2011;49(6):1115–34. DOI: 10.1016/j.rcl.2011.07.002.
23. Murphey M.D., Choi J.J., Kransdorf M.J., Flemming D.J., Gannon F.H. Imaging of osteochondroma: variants and complications with radiologic-pathologic correlation. *Radiographics*. 2000;20(5):1407–34. DOI: 10.1148/radiographics.20.5.g00se171407.
24. Pacifici M. Hereditary Multiple Exostoses: New Insights into Pathogenesis, Clinical Complications, and Potential Treatments. *Curr Osteoporos Rep*. 2017;15(3):142–152. DOI: 10.1007/s11914-017-0355-2.
25. Pontes ÍCM., Leão R.V., Lobo CFT., Paula V.T., Yamachira V.S., Baptista A.M., Helito PVP. Imaging of solitary and multiple osteochondromas: From head to toe — A review. *Clin Imaging*. 2023;103:109989. DOI: 10.1016/j.clinimag.2023.109989.
26. Ryckx A., Somers J.F., Allaert L. Hereditary multiple exostosis. *Acta Orthop Belg*. 2013;79(6):597–607.
27. Sakata T., Mogi K., Sakurai M., Nomura A., Fujii M., Takahara Y. Popliteal Artery Pseudoaneurysm Caused by Osteochondroma. *Ann Vasc Surg*. 2017;43:313.e5–313.e7. DOI: 10.1016/j.avsg.2017.04.003.
28. Sánchez-Rodríguez V., Medina-Romero F., Gómez Rodríguez-Bethencourt M.Á., González Díaz M.A., González Soto M.J., Alarcó Hernández R. Value of the bone scintigraphy in multiple osteochondromatosis with sarcomatous degeneration. *Rev Esp Med Nucl Imagen Mol*. 2012;31(5):270–4. (In English, Spanish). DOI: 10.1016/j.remnm.2011.10.011.
29. Tepelenis K., Papathanakos G., Kitsouli A., Troupis T., Barbouti A., Vlachos K., Kanavaros P., Kitsoulis P. Osteochondromas: An Updated Review of Epidemiology, Pathogenesis, Clinical Presentation, Radiological Features and Treatment Options. *In Vivo*. 2021;35(2):681–691. DOI: 10.21873/invivo.12308.
30. Williams J.A., Kondo N., Okabe T., Takeshita N., Pilchak D.M., Koyama E., Ochiai T., Jensen D., Chu M.L., Kane M.A., Napoli J.L., Enomoto-Iwamoto M., Ghyselinc N., Chambon P., Pacifici M., Iwamoto M. Retinoic acid receptors are required for skeletal growth, matrix homeostasis and growth plate function in postnatal mouse. *Dev Biol*. 2009;328(2):315–27. DOI: 10.1016/j.ydbio.2009.01.031.
31. Wootton-Gorges S.L. MR imaging of primary bone tumors and tumor-like conditions in children. *Magn Reson Imaging Clin N Am*. 2009;17(3):469–87. DOI: 10.1016/j.mric.2009.03.010.
32. Xing S.G., Mao T. Surgical excision of enchondromas and osteochondromas in the hand under local anaesthesia without tourniquet. *J Hand Surg Eur Vol*. 2019;44(7):745–747. DOI: 10.1177/1753193419845254.

REFERENCES

1. Gajduk I.M., Bairova S.V., Polishchuk T.V., Bulycheva V.I., Revnova M.O., Sahno L.V., Koltunceva I.V., Mishkina T.V., Orel V.I., Kim A.V., Roslova Z.A. Organization of medical and social helping teenagers in modern conditions. *Medicine and Health Care Organization*. 2021;6(3):84–95. (In Russian).
2. Kosinskaya N.S. Hereditary diseases of the skeleton: classification, pathogenesis and clinical manifestations. Moscow: Medicina; 1968. (In Russian).
3. Orel V.I., Sereda V.M., Kim A.V., Sharafutdinova L.L., Bezhenar S.I., Buldakova T.I., Roslova Z.A., Orel V.V., Gur'eva N.A. Children's health in St. Petersburg. *Pediatr*. 2017;8(1):112–119. (In Russian). DOI: 10.17816/PED81112-119.
4. Potapchuk A.A., Didur M.D. Posture and physical development of children. Programs for the diagnosis and correction of disorders. Saint Petersburg; 2001. (In Russian).
5. Ahmed A.R., Tan T.S., Unni K.K., Collins M.S., Wenger D.E., Sim F.H. Secondary chondrosarcoma in osteochondroma: report of 107 patients. *Clin Orthop Relat Res*. 2003;411:193–206. DOI: 10.1097/01.blo.0000069888.31220.2b.
6. Alyas F., James S.L., Davies A.M., Saifuddin A. The role of MR imaging in the diagnostic characterisation of appendicular bone tumours and tumour-like conditions. *Eur Radiol*. 2007;17(10):2675–86. DOI: 10.1007/s00330-007-0597-y.

7. Aoki J., Watanabe H., Shinozaki T., Tokunaga M., Inoue T., Endo K. FDG-PET in differential diagnosis and grading of chondrosarcomas. *J Comput Assist Tomogr.* 1999;23(4):603–8. DOI: 10.1097/00004728-199907000-00022.
8. Bovée J.V. Multiple osteochondromas. *Orphanet J Rare Dis.* 2008;3:3. DOI: 10.1186/1750-1172-3-3.
9. Brien E.W., Mirra J.M., Luck J.V. Jr. Benign and malignant cartilage tumors of bone and joint: their anatomic and theoretical basis with an emphasis on radiology, pathology and clinical biology. II. Juxtacortical cartilage tumors. *Skeletal Radiol.* 1999;28(1):1–20. DOI: 10.1007/s002560050466.
10. D'Arienzo A., Andreani L., Sacchetti F., Colangeli S., Capanna R. Hereditary Multiple Exostoses: Current Insights. *Orthop Res Rev.* 2019;11:199–211. DOI: 10.2147/ORR.S183979.
11. Douis H., Saifuddin A. The imaging of cartilaginous bone tumours. I. Benign lesions. *Skeletal Radiol.* 2012;41(10):1195–212. DOI: 10.1007/s00256-012-1427-0.
12. Francannet C., Cohen-Tanugi A., Le Merrer M., Munnich A., Bonaventure J., Legeai-Mallet L. Genotype-phenotype correlation in hereditary multiple exostoses. *J Med Genet.* 2001;38(7):430–4. DOI: 10.1136/jmg.38.7.430.
13. Garcia R.A., Inwards C.Y., Unni K.K. Benign bone tumors-recent developments. *Semin Diagn Pathol.* 2011;28(1):73–85. DOI: 10.1053/j.semdp.2011.02.013.
14. Gavanier M., Blum A. Imaging of benign complications of exostoses of the shoulder, pelvic girdles and appendicular skeleton. *Diagn Interv Imaging.* 2017;98(1):21–28. DOI: 10.1016/j.diii.2015.11.021.
15. Göçmen S., Topuz A.K., Atabay C., Şimşek H., Keklikçi K., Rodop O. Peripheral nerve injuries due to osteochondromas: analysis of 20 cases and review of the literature. *J Neurosurg.* 2014;120(5):1105–12. DOI: 10.3171/2013.11.JNS13310.
16. Hakim D.N., Pelly T., Kulendran M., Caris J.A. Benign tumours of the bone: A review. *J Bone Oncol.* 2015;4(2):37–41. DOI: 10.1016/j.jbo.2015.02.001.
17. Hameetman L., Bovée J.V., Taminiu A.H., Kroon H.M., Hogendoorn P.C. Multiple osteochondromas: clinicopathological and genetic spectrum and suggestions for clinical management. *Hered Cancer Clin Pract.* 2004;2(4):161–173. DOI: 10.1186/1897-4287-2-4-161.
18. Hergert G.W., Kontny U., Saueressig U., Baumhoer D., Hauschild O., Elger T., Südkamp N.P., Uhl M. Osteochondrom und multiple Osteochondrome: Empfehlungen zur Diagnostik und Vorsorge unter besonderer Berücksichtigung des Auftretens sekundärer Chondrosarkome. *Radiologe.* 2013;53(12):1125–36. (In German). DOI: 10.1007/s00117-013-2571-9.
19. Khosla A., Parry R.L. Costal osteochondroma causing pneumothorax in an adolescent: a case report and review of the literature. *J Pediatr Surg.* 2010;45(11):2250–3. DOI: 10.1016/j.jpedsurg.2010.06.045.
20. Kitsoulis P., Galani V., Stefanaki K., Paraskevas G., Karatzias G., Agnantis N.J., Bai M. Osteochondromas: review of the clinical, radiological and pathological features. *In Vivo.* 2008;22(5):633–46.
21. Legeai-Mallet L., Munnich A., Maroteaux P., Le Merrer M. Incomplete penetrance and expressivity skewing in hereditary multiple exostoses. *Clin Genet.* 1997;52(1):12–6. DOI: 10.1111/j.1399-0004.1997.tb02508.x.
22. Motamedi K., Seeger L.L. Benign bone tumors. *Radiol Clin North Am.* 2011;49(6):1115–34. DOI: 10.1016/j.rcl.2011.07.002.
23. Murphey M.D., Choi J.J., Kransdorf M.J., Flemming D.J., Gannon F.H. Imaging of osteochondroma: variants and complications with radiologic-pathologic correlation. *Radiographics.* 2000;20(5):1407–34. DOI: 10.1148/radiographics.20.5.g00se171407.
24. Pacifici M. Hereditary Multiple Exostoses: New Insights into Pathogenesis, Clinical Complications, and Potential Treatments. *Curr Osteoporos Rep.* 2017;15(3):142–152. DOI: 10.1007/s11914-017-0355-2.
25. Pontes ÍCM., Leão R.V., Lobo CFT., Paula V.T., Yamachira V.S., Baptista A.M., Helito PVP. Imaging of solitary and multiple osteochondromas: From head to toe — A review. *Clin Imaging.* 2023;103:109989. DOI: 10.1016/j.clinim-ag.2023.109989.
26. Ryckx A., Somers J.F., Allaert L. Hereditary multiple exostosis. *Acta Orthop Belg.* 2013;79(6):597–607.
27. Sakata T., Mogi K., Sakurai M., Nomura A., Fujii M., Takahara Y. Popliteal Artery Pseudoaneurysm Caused by Osteochondroma. *Ann Vasc Surg.* 2017;43:313.e5–313.e7. DOI: 10.1016/j.avsg.2017.04.003.
28. Sánchez-Rodríguez V., Medina-Romero F., Gómez Rodríguez-Bethencourt M.Á., González Díaz M.A., González Soto M.J., Alarcó Hernández R. Value of the bone scintigraphy in multiple osteochondromatosis with sarcomatous degeneration. *Rev Esp Med Nucl Imagen Mol.* 2012;31(5):270–4. (In English, Spanish) .DOI: 10.1016/j.remnm.2011.10.011.
29. Tepelenis K., Papathanakos G., Kitsouli A., Troupis T., Barbouti A., Vlachos K., Kanavaros P., Kitsoulis P. Osteochondromas: An Updated Review of Epidemiology, Pathogenesis, Clinical Presentation, Radiological Features and Treatment Options. *In Vivo.* 2021;35(2):681–691. DOI: 10.21873/invivo.12308.
30. Williams J.A., Kondo N., Okabe T., Takeshita N., Pilchak D.M., Koyama E., Ochiai T., Jensen D., Chu M.L., Kane M.A., Napoli J.L., Enomoto-Iwamoto M., Ghyselinck N., Chambon P., Pacifici M., Iwamoto M. Retinoic acid receptors are required for skeletal growth, matrix homeostasis and growth plate function in postnatal mouse. *Dev Biol.* 2009;328(2):315–27. DOI: 10.1016/j.ydbio.2009.01.031.
31. Wootton-Gorges S.L. MR imaging of primary bone tumors and tumor-like conditions in children. *Magn Reson Imaging Clin N Am.* 2009;17(3):469–87. DOI: 10.1016/j.mric.2009.03.010.
32. Xing S.G., Mao T. Surgical excision of enchondromas and osteochondromas in the hand under local anaesthesia without tourniquet. *J Hand Surg Eur Vol.* 2019;44(7):745–747. DOI: 10.1177/1753193419845254.



УДК 616.718.41-001.512-053.7-073.75
DOI: 10.56871/ViM.2025.55.61.005

ВОЗМОЖНОСТИ ТРАДИЦИОННОЙ РЕНТГЕНОДИАГНОСТИКИ ЮНОШЕСКОГО ЭПИФИЗЕОЛИЗА ГОЛОВКИ БЕДРЕННОЙ КОСТИ

© Елена Анатольевна Сотникова, Евгения Александровна Савалей, Дарья Юрьевна Книга, Игорь Петрович Арешев, Лев Иосифович Тывин, Владимир Иванович Прошин, Майя Михайловна Гребенюк

Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет. 194100, г. Санкт-Петербург, ул. Литовская, д. 2, Российская Федерация

Контактная информация: Елена Анатольевна Сотникова — к.м.н., доцент кафедры медицинской биофизики.
E-mail: elena_sotnikova@mail.ru ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-3392-3129> SPIN: 4762-6501

Для цитирования: Сотникова Е.А., Савалей Е.А., Книга Д.Ю., Арешев И.П., Тывин Л.И., Прошин В.И., Гребенюк М.М. Возможности традиционной рентгенодиагностики юношеского эпифизеолиза головки бедренной кости. Визуализация в медицине. 2025;7(1):47–53. DOI: <https://doi.org/10.56871/ViM.2025.55.61.005>

Поступила: 30.01.2025

Одобрена: 05.03.2025

Принята к печати: 26.03.2025

Резюме. В статье рассмотрен клинический случай с указанием возможностей классической рентгенографии для диагностики юношеского эпифизеолиза головки бедренной кости. Считается, что данное заболевание является эндокринно-ортопедической патологией и возникает у детей пубертатного возраста, чаще у мальчиков. Ранние клинические симптомы при эпифизеолизе — периодические боли в тазобедренных и коленных суставах, утомляемость, хромота, ограничение внутренней ротации бедра. В качестве инструментального метода исследования рекомендовано использовать классическую двустороннюю рентгенографию тазобедренных суставов в прямой и аксиальной проекциях. Главной проблемой в диагностике данного заболевания на ранних стадиях является отсутствие специфических жалоб пациента и характерных рентгенологических признаков, поэтому основная часть больных обращается за помощью на более поздних стадиях патологии. Для постановки диагноза необходимо учесть особенности анамнеза пациента, определить факт смещения эпифиза головки бедра по линии ростковой зоны, а также воспользоваться дополнительными критериями, такими как угол Саутвика, линия Klein и линия SteelKlein. Правильная интерпретация классических рентгенологических снимков способствует своевременному определению патологического состояния без использования более затратных по времени методов лучевой диагностики.

Ключевые слова: тазобедренный сустав, юношеский эпифизеолиз головки бедренной кости, эндокринные нарушения, лучевая диагностика

POSSIBILITIES OF TRADITIONAL RADIOLOGIC DIAGNOSIS OF JUVENILE EPIPHYSEOLYSIS FEMORAL HEAD

© Elena A. Sotnikova, Evgeniya A. Savaley, Daria Yu. Kniga, Igor P. Areshev, Lev I. Tyvin, Vladimir I. Proshin, Maya M. Grebenyuk

Saint Petersburg State Pediatric Medical University. 2 Lithuania, Saint Petersburg 194100 Russian Federation

Contact information: Elena A. Sotnikova — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of Medical Biophysics. E-mail: elena_sotnikova@mail.ru ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-3392-3129> SPIN: 4762-6501

For citation: Sotnikova EA, Savaley EA, Kniga DYu, Areshev IP, Tyvin LI, Proshin VI, Grebenyuk MM. Possibilities of traditional radiologic diagnosis of juvenile epiphyseolysis femoral head. Visualization in Medicine. 2025;7(1):47–53. DOI: <https://doi.org/10.56871/ViM.2025.55.61.005>

Received: 30.01.2025

Revised: 05.03.2025

Accepted: 26.03.2025

Abstract. This article presents a clinical case with an indication of the possibilities of classical radiography for the diagnosis of juvenile epiphyseolysis of the femoral head. This disease is believed to be an endocrine-orthopedic pathology and occurs in pubertal children, more often in boys. Early clinical symptoms in epiphysiolysis are recurrent pain in the hip and knee joints, fatigue, lameness, and limitation of internal rotation of the hip. As an instrumental method of investigation, it is recommended to use classical bilateral radiography of hip joints in direct and axial projections. The main problem in diagnosing this disease in the early stages is the absence of specific patient complaints and characteristic radiologic signs, so most patients seek help when there is already epiphysiolysis. To make a diagnosis, it is necessary to take into account the patient's history, determine the fact of displacement of the femoral head epiphysis along the growth zone line, and use additional criteria such as Southwick's angle, Klein's line, and SteelKlein's line.

Keywords: hip joint, juvenile epiphysiolysis of the femoral head, endocrine disorders, radial diagnostics

ВВЕДЕНИЕ

Юношеский эпифизеолиз головки бедренной кости (ЮЭГБК) — заболевание, при котором происходит смещение эпифиза головки бедра по линии ростковой зоны (эпифизарному хрящу), встречается у подростков в период полового созревания с частотой 4–5 случаев на 100 тыс. населения и составляет 0,5–5% общего количества патологий опорно-двигательного аппарата у детей [1, 2]. Пациенты с ЮЭГБК обычно жалуются на хромоту и плохо локализованную боль в тазобедренном суставе, паху, бедре или колене [3]. Симптомы эпифизеолиза могут быть схожими с другими патологиями бедра, такими как переломы, остеоартрит, инфекционные процессы или новообразования различной природы. Однако лечение и прогноз этих состояний существенно различаются, поэтому дифференциальная диагностика в данной патологии крайне необходима. Диагноз подтверждается классической двусторонней рентгенографией тазобедренного сустава, которая должна включать переднезаднюю и аксиальную проекции (укладка по Лауэнштейну) [4]. Снимки должны быть выполнены с захватом обоих суставов для сравнения. В положении Лауэнштейна особенно четко видна головка бедренной кости и ее изменения, что способствует более детальному выявлению нарушения анатомической целостности сустава и достоверной дифференциальной диагностике патологии [5–7].

Помимо лучевых методов исследования необходимо учитывать анамнез пациента. Предполагается, что заболевание является многофакторным. Смещение головки бедренной кости происходит из-за высокой осевой нагрузки, оказываемой на сустав. Чаще всего оно возникает у детей с эндокринными заболеваниями, а также у пациентов с избыточной массой тела или ожирением [8]. Манифестирует заболевание во время ускорения темпов роста в подростковом возрасте, когда на еще неокрепшие суставы воздействует избыточный вес. Таким образом, патогенез складывается из повышенной нагрузки на нормально развитый сустав

или нормальной нагрузки на патологически измененный сустав.

Ранняя диагностика и своевременное лечение данного заболевания играют ключевую роль в предотвращении серьезных осложнений, таких как фемороацетабулярное ущемление, лабральное и хондральное повреждение и, как следствие, остеоартрит, а также в исключении необходимости замены тазобедренного сустава в подростковом и раннем возрасте.

КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ

Пациент, мальчик, 13 лет, поступил в приемное отделение с предварительным диагнозом «юношеский эпифизеолиз головки левой бедренной кости». Из анамнеза известно, что незадолго до этого был факт травмы в виде самостоятельного падения на левую нижнюю конечность после игры в футбол. Ранее больной наблюдался с диагнозом «растяжение левых бедренных связок», инструментальные методы исследования при этом не проводились. Скорой помощью пациент был доставлен в Ленинградскую областную клиническую больницу, где на первичном этапе обследования были выполнены рентгенологические снимки, и на основе их описания больной был перенаправлен для госпитализации в Санкт-Петербургский государственный педиатрический университет Минздрава России. При осмотре хирургом общее состояние пациента оценивалось как стабильное, местно определялась вынужденная наружная ротация левой нижней конечности, движения в левом тазобедренном суставе болезненные, ограниченные.

Выполнены рентгенограммы левого и правого тазобедренного суставов в прямой проекции и в дополнительной проекции по Лауэнштейну (рис. 1, а, б).

Результат рентгенографии: эпифизеолиз головки левой бедренной кости со смещением по ширине на 1/2 и со смещением под углом. После консультации травматолога было принято решение о госпитализации пациента в хирургическое отделение с дальнейшим хирургическим лечением. В ходе операции больному было осуществлено

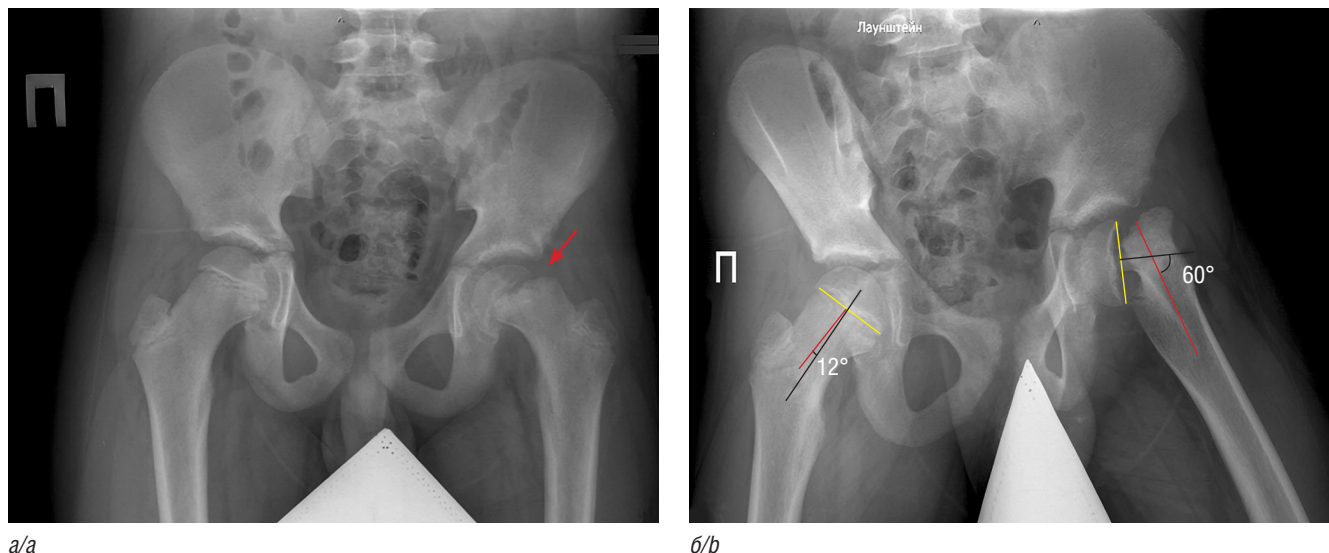
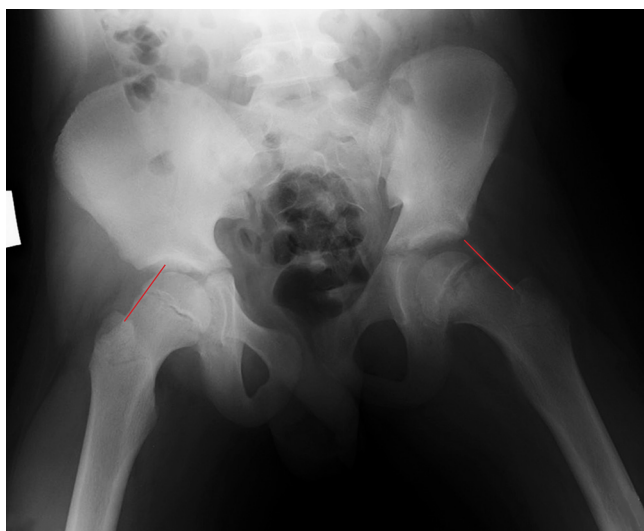


Рис. 1. Рентгенограммы, выполненные в приемном отделении: *a* — прямая проекция (стрелкой указан эпифизеолиз головки бедренной кости со смещением); *b* — проекция по Лауэнштейну (определяется эпифизеолиз головки левой бедренной кости со смещением по ширине на 1/2 и под углом, проекционный шейчно-эпифизарный угол в положении по Лауэнштейну справа 12°, слева 60°, рентгеновские суставные щели D<S, суставные поверхности не изменены)

Fig. 1. Radiographs performed in the emergency room: *a* — direct projection, the arrow shows epiphyseolysis of the femoral head with displacement; *b* — Launstein projection (shows epiphyseolysis of the head of the left femur with a 1/2 width displacement and angle, the projection neck-epiphyseal angle in the Lauenstein position is 12° on the right and 60° on the left, X-ray articular gaps are D<S, the articular surfaces are unchanged)

Рис. 2. Контрольная рентгенограмма тазобедренных суставов в прямой проекции после вытяжения. На патологически измененном левом тазобедренном суставе проведена линия Klein, проходящая параллельно латеральному краю шейки бедренной кости. Отсутствие пересечения с эпифизом указывает на его медиальное смещение. Линия Klein, проходящая по шейке правого тазобедренного сустава, пересекает эпифиз, следовательно, патологии нет

Fig. 2. Control radiograph of the hip joints in the forward projection after traction. On the pathologically altered left hip joint, a Klein line is drawn parallel to the lateral edge of the femoral neck. The lack of intersection with the epiphysis indicates its medial displacement. The Klein line running along the neck of the right hip joint crosses the epiphysis; therefore, there is no pathology



горизонтальное скелетное вытяжение за надмышечки левой бедренной кости с использованием веса 5 кг и лейкопластырное вытяжение за голень с использованием веса до 2 кг.

Через месяц с момента госпитализации на контрольных рентгенограммах левого тазобедренного сустава на вытяжении положение головки левого бедра улучшилось, сохранилось минимальное смещение шейки кнаружи. Отмечалась асимметрия ростковых зон, D<S (рис. 2).

Пациент продолжал наблюдаться в хирургическом отделении Педиатрического университета, основными рекомендациями были ранняя постановка на костыли с опорой на правую ногу и выполнение лечебной физкультуры.

Учитывая факт частой склонности эпифиза головки бедра к неудержимому «соскальзыванию» и неэффективности длительной разгрузки и фиксации конечности, было принято решение о чрескостном фиксировании эпифиза. Данный метод

является классическим и направлен на предотвращение дальнейшего смещения головки. Операция отличается малоинвазивностью и легкостью, что способствует повсеместному ее применению. Согласно статистике, эпифизеолиз на противоположной стороне развивается с частотой от 14 до 65% и происходит в течение 18 месяцев после первичного ЮЭГБК [9, 10].

Пациенту был выполнен транскутанный эпифизиодез головок правой и левой бедренных костей. Под контролем С-дуги проведены три спицы Киршнера диаметром 2,5 мм в шейку и головку ле-

вой бедренной кости и в шейку и головку правой бедренной кости.

Выполнена постоперационная рентгенограмма тазобедренных суставов в прямой проекции (рис. 3).

После оперативного вмешательства пациент был выписан для наблюдения по месту жительства и с контролем в Педиатрическом университете. Далее при благоприятном течении постоперационного периода и правильном закрытии зон роста планировалось удаление установленного фиксирующего материала.

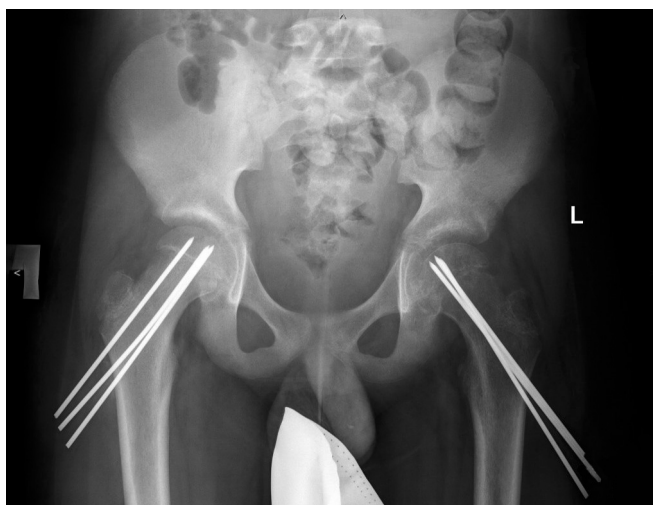


Рис. 3. Постоперационная рентгенограмма тазобедренных суставов в прямой проекции. Соотношение костных отломков удовлетворительное. Стояние спиц правильное. Остеопороз головки левой бедренной кости

Fig. 3. Postoperative radiograph of the hip joints in the forward projection. The ratio of bone fragments is satisfactory. The position of the spokes is correct. Osteoporosis of the head of the left femur



a/a



b/b

Рис. 4. На рентгенограммах тазобедренных суставов в прямой проекции (а) и в проекции по Лауэнштейну (б) рентгеновские суставные щели не изменены. Суставные поверхности правого и левого тазобедренного сустава не изменены. Головка правой и левой бедренной кости правильной формы, структура не изменена. Проекционный шейчно-диафизарный угол слева и справа соответствует норме

Fig. 4. Radiographs of the hip joints in the direct projection (a) and in the Launstein projection (b) show unchanged joint slits. The articular surfaces of the right and left hip joints are unchanged. The head of the right and left femur is regular in shape, the structure is unchanged. The projection neck-diaphyseal angle on the left and right side corresponds to the norm

Повторная госпитализация для удаления металлоконструкций была осуществлена через 11 месяцев с момента выписки больного на амбулаторный этап реабилитации. Пациент на момент поступления жалоб не предъявлял, объем движений в обеих нижних конечностях был сохранен.

Выполнены контрольные рентгенограммы правого и левого тазобедренных суставов в прямой проекции и в дополнительной проекции по Лауэнштейну (рис. 4).

Таким образом, ЮЭГБК при своевременной диагностике заболевания излечивается при помощи современного малотравматичного хирургического вмешательства и адекватного восстановительного лечения за 3–4 месяца и практически без последствий. Запоздалое и неадекватное лечение приводит к раннему развитию коксартроза тяжелой стадии, когда выраженные рентгеноанатомические изменения компонентов тазобедренного сустава приводят к тяжелым функциональным нарушениям и стойкому болевому синдрому [11]. В данном клиническом случае ранняя и правильная диагностика юношеского эпифизолиза головки бедренной кости способствовала благоприятному исходу заболевания у пациента.

ОБСУЖДЕНИЕ

К сожалению, тенденция к своевременной диагностике ЮЭГБК существенно не меняется с годами, она остается на довольно низком уровне. Время от начала появления симптомов до постановки диагноза может сильно различаться и достигать нескольких лет. Связано это с малосимптомностью заболевания, дебютом в виде болей в колене, паху или отсутствием боли как таковой, а также с малой настороженностью врачей относительно этой болезни [10–14]. Так, в случае невыполнения лучевых методов исследования при наличии у пациента жалоб на дискомфорт в области тазобедренного сустава врач-клиницист может ошибочно принять начальные признаки ЮЭГБК за растяжение связок или импиджмент-синдром. Помимо этого, ранней диагностике препятствует и отсутствие четких патологических изменений на рентгеновских снимках в начале заболевания. На ранних стадиях обычные рентгенограммы могут выявить лишь незначительную нечеткость проксимального отдела бедренной кости, которая может предшествовать ЮЭГБК или указывать на возможное его развитие.

Несмотря на то что для рутинного скрининга магнитно-резонансная томография (МРТ) не рекомендуется, она может быть использована для оценки раннего скользящего в случаях, когда имеется

высокая степень клинического подозрения, несмотря на нормальные или неоднозначные рентгенограммы. Юкстафизарный отек костного мозга считается «золотым стандартом» для выявления юношеского эпифизолиза головки бедренной кости на МРТ. Но поскольку ЮЭГБК обычно является латентным процессом с переменной продромальной стадией, результаты визуализации на импульсных последовательностях могут быть незаметными или отсутствовать в некоторых случаях раннего ЮЭГБК [15].

Как говорилось выше, первичным методом исследования при обращении пациента с жалобами на ограничение объема движений и болезненность в тазобедренном суставе остается классическое рентгенологическое исследование. По снимку, сделанному в прямой и аксиальной проекциях, устанавливают факт смещения эпифиза по ростковой зоне, что позволяет исключить другие патологические состояния, клинически схожие с ЮЭГБК. К ведущим показателям, определяемым на снимках, относятся угол Саутвика, линия Klein и линия SteelKlein.

Угол Саутвика (Southwick angle, эпифизарно-диафизарный). Для его построения проводится линия, соединяющая передний и задний концы эпифиза на уровне хрящевой пластинки. Следующая линия проводится перпендикулярно первой, эпифизарной. Наконец, последняя линия проводится по срединной линии диафиза бедренной кости. Эпифизарно-диафизарный угол — это угол, образующийся между второй (перпендикулярной) и третьей линиями. Он измеряется на обоих суставах. Затем угол, получившийся на больной стороне, вычитается из угла на контралатеральной стороне [16]. Визуально ознакомиться с построением угла Саутвика можно на рисунке 1, б. Определение данной величины помогает в классификации ЮЭГБК по величине смещения (Southwick Slip Angle Classification), основанной на величине уменьшения шеечно-эпифизарного угла: легкая — до 30°, средняя — от 30 до 50°, тяжелая — больше 50° [8].

Линия Klein представляет собой касательную, проведенную по верхнему краю шейки бедренной кости. В норме эта линия отсекает наружную часть головки [17]. При начинающемся эпифизолизе площадь отсекаемого участка головки меньше в сравнении со здоровой стороной (см. рис. 2).

Другим вспомогательным рентгенологическим признаком является так называемый метафизарный белый контур, или линия SteelKlein. Этот признак обусловлен увеличением плотности параэпифизарной зоны, видимой на уровне мета-

физа на рентгенограммах в переднезадней проекции [18, 19].

Вышеописанные показатели носят важное практическое значение для установления степени соскальзывания эпифиза с использованием традиционной рентгенодиагностики. Таким образом, исключается необходимость проведения дополнительных методов исследования, таких как компьютерная томография и МРТ.

Важно помнить гормональную теорию возникновения данного заболевания и при рентгенологическом исследовании патологически измененного сустава оценивать целостность эпифизов бедренных костей с двух сторон, даже если второй сустав клинически никак не беспокоит пациента.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведение традиционной рентгенодиагностики для установления степени смещения эпифиза головки бедренной кости позволяет быстро и наглядно дать характеристику патологическому состоянию без использования дополнительных методов визуализации, а значит, сокращает время постановки диагноза. Таким образом, увеличивается шанс своевременного оказания хирургической помощи и благоприятного исхода заболевания для пациента.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. Все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

Информированное согласие на публикацию. Авторы получили письменное согласие законных представителей пациента на публикацию медицинских данных.

ADDITIONAL INFORMATION

Author contribution. Thereby, all authors made a substantial contribution to the conception of the study, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the article, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the study.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

Consent for publication. Written consent was obtained from legal representatives of the patient for publication of relevant medical information within the manuscript.

ЛИТЕРАТУРА

1. Басков В.Е. Результат лечения юношеского эпифизолиза головки бедренной кости. Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста. 2014;2(3):14–17.
2. Барсуков Д.Б., Басков В.Е., Поздник И.Ю., Бортулев П.И., Асадулаев М.С. Современный подход к лечению детей со стабильной формой юношеского эпифизолиза головки бедренной кости. Медицина: теория и практика. 2019;4(Спецвыпуск):71–72.
3. Peck D.M., Voss L.M., Voss T.T. Slipped Capital Femoral Epiphysis. Diagnosis and Management. Am Fam Physician. 2017;95(12):779–784.
4. Jean-Paul Dusabe et Pierre-Louis Docquier Épiphyseolyse fémorale supérieure. Learning Object Repository. 2017. Доступно по: https://oer.uclouvain.be/jspui/bitstream/20.500.12279/254/1/Jean-Paul%20Dusabe_Epiphyseolyse%20f%C3%A9morales%20sup%C3%A9rieure.pdf (дата обращения: 13.03.2025).
5. Атлас рентгеноанатомии и укладок: руководство для врачей. Под ред. М.В. Ростовцева. 2-е изд., испр. и доп. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2017.
6. Кишковский А.Н. Атлас укладок при рентгенологических исследованиях (Глава 5, Часть 6). М.; 1987.
7. Мёллер Т.Б., Райф Э. Атлас рентгенологических укладок: пер. с англ. Под ред. Т.Б. Мёллер и др. М.: Медицинская литература; 2005.
8. Соколовский А.М., Соколовский О.А., Гольдман Р.К. Юношеский эпифизолиз головки бедренной кости. Медицинские новости. 2006;2:45–51.
9. Кадыров С.С. Наш взгляд на выбор тактики хирургического лечения юношеского эпифизолиза головки бедренной кости. Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста. 2020;8(Спецвыпуск):S22–S24.
10. Лукаш А.А., Пискунов М.Н. Юношеский эпифизолиз головки бедренной кости. Научный вестник Омского государственного медицинского университета. 2021;1(4):170–179.
11. Введенский П.С., Тенилин Н.А., Власов М.В., Богосьян А.Б., Новиков А.В. Техника хирургического вывиха бедра при лечении больных с юношеским эпифизолизом головки бедренной кости. Травматология и ортопедия России. 2018;24(4):64–71.
12. Сагтаров А.Э., Карелина Н.Р. Особенности ростовых процессов у мальчиков и юношей различных пропорций и те-

- лосложения, проживающих в южной части Кыргызстана. *Педиатр*. 2018;9(5):47–52. DOI: 10.17816/PED9547-52.
13. Потапчук А.А., Дидур М.Д. Осанка и физическое развитие детей. Программы диагностики и коррекции нарушений. СПб.; 2001.
 14. Санчат Н.О., Курганская Т.М., Грицинская В.Л. Оценка и самооценка физического развития у старших школьников в Республике Тыва. *Children's Medicine of the North-West*. 2024;12(4):182–191. DOI: 10.56871/CmN-W.2024.25.29.015.
 15. MRI features of confirmed «pre-slip» capital femoral epiphysis: a report of two cases. *Case Report*. 2002;31:362–365.
 16. Livingstone J.P., Opanova M.I., Durkin R.C., Burkhalter W. Management of Slipped Capital Femoral Epiphysis: The Hawai'i Experience. *Hawaii J Health Soc Welf*. 2019;11(2):21–25.
 17. Барсуков Д.Б., Бортулёв П.И., Басков В.Е., Поздникин М.Ю., Мурашко Т.В., Баскаева Т.В. Тактика хирургического лечения пациентов с юношеским эпифизеолизом головки бедренной кости при хроническом смещении эпифиза легкой степени. *Травматология и ортопедия России*. 2022;28(4):90–101.
 18. 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;1:38–46. DOI: 10.38181/2223-2427-2022-1-38-46.
 19. Егиазарян К.А., Григорьев А.В., Ратьев А.П., Бут-гусайим А.Б., Сиrotин И.В. Среднесрочные результаты внесуставной корригирующей остеотомии бедра при юношеском эпифизеолизе головки бедренной кости. *Вестник РГМУ*. 2022;1:56–63.
 6. Kishkovsky A.N. Atlas of layouts in radiologic studies (Chapter 5, Part 6). Moscow; 1987. (In Russian).
 7. Thorsten B. Möller, Emil Reif. Atlas of X-ray positions: trans. from English. Ed. by T. B. Möller et al. Moscow: 2005. (In Russian).
 8. Sokolovsky A.M., Sokolovsky O.A., Goldman R.K. uvenile slipped capital femoral epiphysiolysis. *Medical News*. 2006;2:45–51. (In Russian).
 9. Kadyrov S.S. Our view on the choice of tactics of surgical treatment of juvenile epiphyseolysis of the femoral head. *Orthopedics, Traumatology and Restorative Surgery of Childhood*. 2020;8(Special issue):S22–S24. (In Russian).
 10. Lukash A.A., Piskunov M.N. Juvenile epiphyseolysis of the femoral head. *Scientific Bulletin of Omsk State Medical University*. 2021;1(4):170–179. (In Russian).
 11. Vvedensky P.S., Tenilin N.A., Vlasov M.V., Bogosyan A.B., Novikov A.V. Technique of surgical dislocation of the femur in the treatment of patients with juvenile epiphyseolysis of the femoral head. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2018;24(4):64–71. (In Russian).
 12. Sattarov A.E., Karelina N.R. Features of growth processes in boys and boys of different proportions and physique living in the southern part of Kyrgyzstan. *Pediatrician*. 2018;9(5):47–52. (In Russian). DOI: 10.17816/PED9547-52.
 13. Potapchuk A.A., Didur M.D. Posture and physical development of children. Programs for the diagnosis and correction of disorders. Saint Petersburg; 2001. (In Russian).
 14. Sanchat N.O., Kurganskaya T.M., Gritsinskaya V.L. Assessment and self-assessment of physical development among senior schoolchildren in the Republic of Tuva. *Children's Medicine of the North-West*. 2024;12(4):182–191. DOI: 10.56871/CmN-W.2024.25.29.015.
 15. MRI evidence of confirmed “pre-slipping” of the greater femoral epiphysis: a report of two cases. *Case Report*. 2002;31:362–365.
 16. Livingstone J.P., Opanova M.I., Durkin R.C., Burkhalter W. Management of Slipped Capital Femoral Epiphysis: The Hawai'i Experience. *Hawaii J Health Soc Welf*. 2019;11(2):21–25.
 17. Barsukov D.B., Bortulev P.I., Baskov V.E., Pozdnikin I.Yu., Murashko T.V., Baskaeva T.V. Tactics of surgical treatment of patients with juvenile epiphyseolysis of the femoral head at chronic displacement of the epiphysis of mild degree. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2022;28(4):90–101. (In Russian).
 18. Eghiazaryan K.A., Grigoriev A.V., Ratiev A.P. Etiology, pathogenesis, diagnosis and principles of treatment of juvenile epiphyseolysis of the femoral head. Literature review. *Surgical practice*. 2022;1:38–46. (In Russian). DOI: 10.38181/2223-2427-2022-1-38-46.
 19. Yeghiazaryan K.A., Grigoriev A.V., Ratyev A.P., But-gusaim A.B., Sirotin I.V. Mid-term results of extra-articular corrective osteotomy of the femur at juvenile epiphysiolysis of the femoral head. *Bulletin of the Russian State Medical University*. 2022;1. 2022;1:56–63. (In Russian).

REFERENCES

1. Baskov V.E. The result of treatment of juvenile epiphyseolysis of the femoral head. *Orthopedics, Traumatology and Restorative Surgery of Childhood*. 2014;2(3):14–17. (In Russian).
2. Barsukov D.B., Baskov V.E., Pozdnikin I.Y., Bortulev P.I., Asadulaev M.S. Modern approach to the treatment of children with a stable form of juvenile epiphyseolysis of the femoral head. *Medicine: theory and practice*. 2019;4(Special issue):71–72. (In Russian).
3. Peck D.M., Voss L.M., Voss T.T. Slipped Capital Femoral Epiphysis. *Diagnosis and Management*. *Am Fam Physician*. 2017;95(12):779–784.
4. Jean-Paul Dusabe et Pierre-Louis Docquier Épiphyseolyse fémorale supérieure. Learning Object Repository. 2017. Available at: https://oer.uclouvain.be/jspui/bitstream/20.500.12279/254/1/Jean-Paul%20Dusabe_Epiphyseolyse%20f%C3%A9morales%20sup%C3%A9rieure.pdf (accessed: 13.03.2025).
5. Atlas of X-ray anatomy and positions: a manual for doctors. Pod red. M.V. Rostovtseva. 2-ye izd., ispr. i dop. M.: GEOTAR-Media; 2017. (In Russian).



УДК 616-073.75+378.09+37
DOI: 10.56871/ViM.2025.44.41.006

ПРЕПОДАВАНИЕ КЛИНИЧЕСКОЙ ЛУЧЕВОЙ ДИАГНОСТИКИ СТУДЕНТАМ ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ 31.05.01 «ЛЕЧЕБНОЕ ДЕЛО»

© Марина Геннадьевна Бойцова, Наталия Александровна Карлова, Ярослав Петрович Зорин

Санкт-Петербургский государственный университет, Медицинский институт. 199034, г. Санкт-Петербург, Университетская наб., д. 7–9, Российская Федерация

Контактная информация: Марина Геннадьевна Бойцова — к.м.н., доцент кафедры лучевой диагностики.
E-mail: mgboitsova@mail.ru ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6244-975X> SPIN: 4740-3613

Для цитирования: Бойцова М.Г., Карлова Н.А., Зорин Я.П. Преподавание клинической лучевой диагностики студентам по специальности 31.05.01 «Лечебное дело». Визуализация в медицине. 2025;7(1):54–58. DOI: <https://doi.org/10.56871/ViM.2025.44.41.006>

Поступила: 15.01.2025

Одобрена: 20.02.2025

Принята к печати: 26.03.2025

Резюме. Программы обучения студентов лучевой диагностике нуждаются в актуализации и радикальном обновлении в соответствии с изменениями, происходящими в организации здравоохранения. В настоящее время к врачу общей практики не предъявляются требования анализировать лучевые исследования, за исключением неотложных состояний. На 3-м курсе обучения студенты должны изучать методы лучевой визуализации и диагностику неотложных состояний. Новые приказы, регламентирующие работу службы лучевой диагностики, диктуют потребность обучать врачей новой дисциплине — клинической лучевой диагностике. Санкт-Петербургский государственный университет в 2024 году ввел в учебный план подготовки студентов на 11-м семестре дисциплину «Клиническая лучевая диагностика». Для организации и унифицирования учебного процесса подготовлено учебно-методическое пособие «Рабочая тетрадь», предназначенное для обучения студентов 6-го курса по программе специалитета «Лечебное дело». Актуальность и необходимость преподавания дисциплины «Клиническая лучевая диагностика» на старших курсах очевидна. Введение новой доктрины подготовки студентов по лучевой диагностике является необходимым, своевременным и актуальным.

Ключевые слова: рентгенология, клиническая лучевая диагностика, обучение, студенты, рабочая тетрадь

THE TEACHING OF THE CLINICAL RADIOLOGY TO STUDENTS ON SPECIALITY 31.05.01 “GENEGAL MEDICINE”

© Marina G. Boitsova, Natalia A. Karlova, Yaroslav P. Zorin

Saint Petersburg State University. Medical Institute. 7–9 Universitetskaya emb., Saint Petersburg 199034 Russian Federation

Contact information: Marina G. Boitsova — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Radiology Department.
E-mail: mgboitsova@mail.ru ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6244-975X> SPIN: 4740-3613

For citation: Boitsova MG, Karlova NA, Zorin YaP. The teaching of the clinical radiology to students on speciality 31.05.01 “Genegal medicine”. Visualization in Medicine. 2025;7(1):54–58. DOI: <https://doi.org/10.56871/ViM.2025.44.41.006>

Received: 15.01.2025

Revised: 20.02.2025

Accepted: 26.03.2025

Abstract. Medical Radiology training programs for students need to be radically updated in accordance with the changes taking place in the healthcare Nowadays, there are no requirements for a general practitioner to analyze radiological examinations, except for urgent conditions. In the third year of study, students should learn the techniques of radiological examinations and emergency diagnosis. New orders regulating the work of the radiological service dictate the need to train doctors in a new discipline — Clinical Radiology. In 2024, St. Petersburg State University introduced the discipline “Clinical Radiology” into the curriculum for students in the 11-th semester. To organize and unify the educational process, a workbook has been prepared, and designed to teach 6th-year students in the specialty program “General Medicine”. The relevance and necessity of teaching “Clinical Radiology” in senior courses is obvious. The introduction of a new doctrine for the training of students in Radiology is necessary, timely and relevant.

Keywords: radiology, clinical radiology, education, students, workbook

Развитие службы лучевой диагностики и методов визуализации требуют постоянного совершенствования системы обучения и трансформации учебных программ [1]. В нашей стране революционные изменения в преподавании рентгенологии (лучевой диагностики) на додипломном уровне происходили за более чем столетний период неоднократно: выделение рентгенологии как самостоятельного предмета, неоднократные изменения названия дисциплины, перераспределение учебных часов и даже передача часов на другие кафедры [2, 3].

В соответствии с действующим образовательным стандартом основы лучевой диагностики изучаются только на 3-м курсе. Этого крайне недостаточно, так как учащиеся еще не приобрели знаний по клиническим дисциплинам, и в программу преподавания входят только общие вопросы лучевой диагностики.

В настоящее время вновь происходит радикальное изменение доктрины преподавания лучевой диагностики. Сегодня нет необходимости обучать будущих врачей-клиницистов, врачей общей практики распознаванию основных лучевых синдромов и симптомов, подробно знакомить с лучевой семиотикой. Врач общей практики не может и не должен самостоятельно анализировать компьютерные, магнитно-резонансные томограммы, результаты радионуклидных, ультразвуковых и гибридных исследований. Исключение составляет только диагностика неотложных состояний с использованием методов традиционной рентгенодиагностики. Именно поэтому на 3-м курсе необходимо подробно разбирать только методы лучевой визуализации и диагностику неотложных состояний.

Важно, чтобы базовую информацию о диагностических возможностях всего спектра современных методов лучевой диагностики студенты медицинских институтов получали именно на начальном этапе изучения клинических дисциплин. С неотложными состояниями учащиеся будут сталкиваться во время прохождения практики, на дежурствах, при демонстрации лучевых изображений на пятиминутках и клинических разборах, поэтому основные приемы выявления острой патологии на рентгенограммах должны быть изучены именно в это время.

Расширение спектра лучевых исследований, развитие мультимодального подхода к диагностике требует дополнительного изучения возможностей лучевой диагностики на старших курсах. Приказы, регламентирующие работу службы лучевой диагностики (Приказ Министерства здравоохранения РФ от 9 июня 2020 г. № 560н «Об утверждении Правил проведения рентгенологических исследова-

ний», Приказ Министерства здравоохранения РФ от 8 июня 2020 г. № 557н «Об утверждении Правил проведения ультразвуковых исследований»), обязывают врачей клинических специальностей следовать четким правилам при назначении лучевых исследований. На старших курсах необходимо ознакомить студентов с этими приказами, научить правильному использованию методов лучевой визуализации. Таким образом, возникает потребность обучать врачей новой дисциплине — клинической лучевой диагностике — разделу лучевой диагностики, изучающему клиническое применение средств медицинской визуализации. Врач любой клинической специальности для своевременного и обоснованного назначения лучевого обследования должен знать диагностические возможности современных методов, особенности подготовки пациента к их проведению, противопоказания, вопросы нормативно-правового регулирования. Врач должен быть обучен чтению протоколов лучевых исследований, чтобы правильно использовать результаты комплексного лучевого обследования пациента для постановки диагноза. Важно на 6-м курсе проводить обучение грамотному взаимодействию с врачами-рентгенологами, врачами ультразвуковой диагностики, врачами-радиологами.

Санкт-Петербургский государственный университет в 2024 году после годичной апробации в формате элективного курса ввел в учебный план подготовки студентов на 11-м семестре дисциплину «Клиническая лучевая диагностика». Принципиально новая образовательная программа соответствует современным представлениям и достижениям в области лучевой диагностики, носит новаторский характер и основывается на уникальном учебно-методическом обеспечении.

Целью изучения клинической лучевой диагностики является формирование у обучающихся клинического мышления, обучение обоснованному назначению и трактовке результатов современных лучевых исследований (традиционного рентгенологического исследования, рентгеновской компьютерной, магнитно-резонансной томографии, ультразвуковой, радионуклидной диагностики, интервенционной радиологии, гибридным рентгено-радиологическим методам визуализации). Программой предусмотрено:

1. Изучение законодательных и нормативных актов, регламентирующих проведение лучевых исследований.

2. Формирование навыков, необходимых для определения показаний к обоснованному назначению современных лучевых исследований и трактовке их

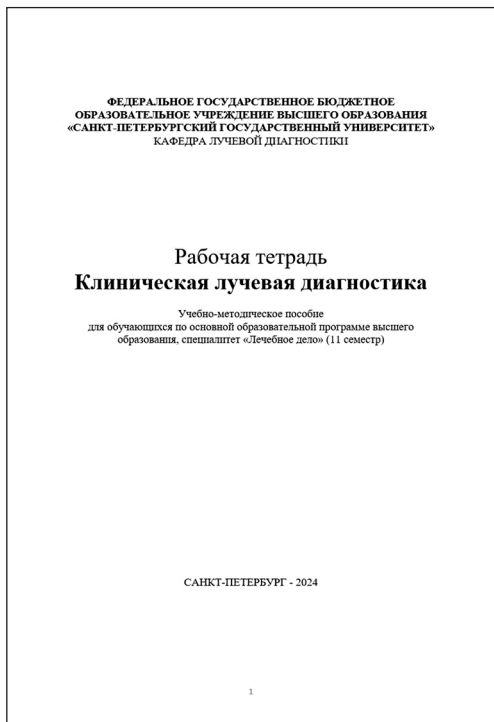


Рис. 1. Титульный лист рабочей тетради «Клиническая лучевая диагностика»
 Fig. 1. The title page of “Clinical Radiology” workbook

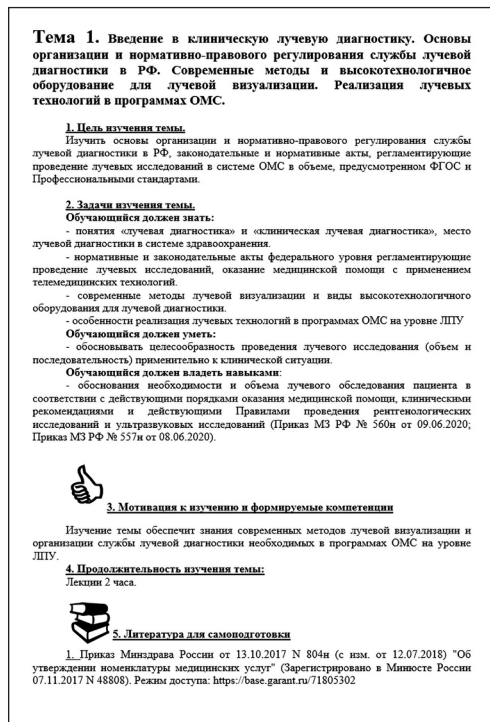


Рис. 2. Страница рабочей тетради «Клиническая лучевая диагностика»
 Fig. 2. The page of the first chapter of “Clinical Radiology” workbook

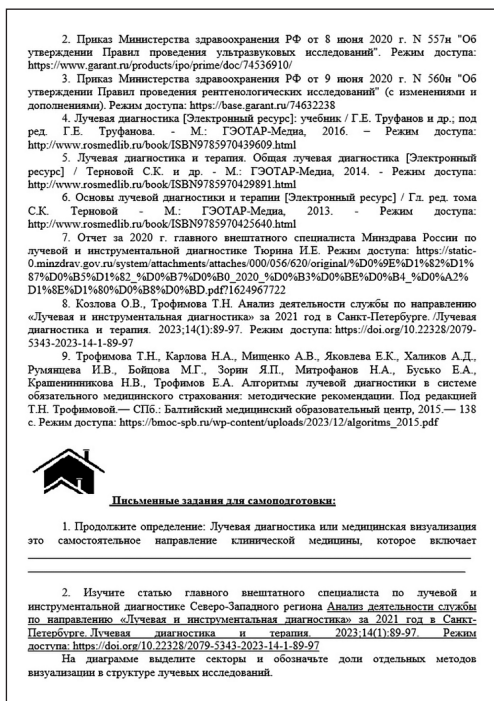


Рис. 3. Страница рабочей тетради «Клиническая лучевая диагностика»
 Fig. 3. The page of the first chapter of “Clinical Radiology” workbook

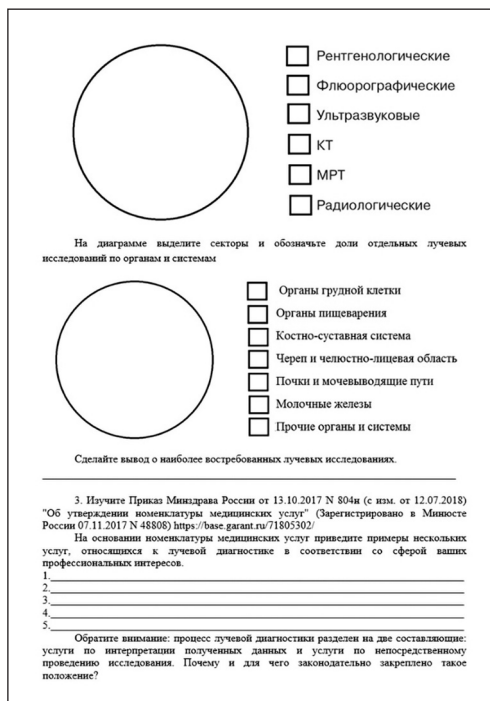


Рис. 4. Страница рабочей тетради «Клиническая лучевая диагностика»
 Fig. 4. The page of the first chapter of “Clinical Radiology” workbook

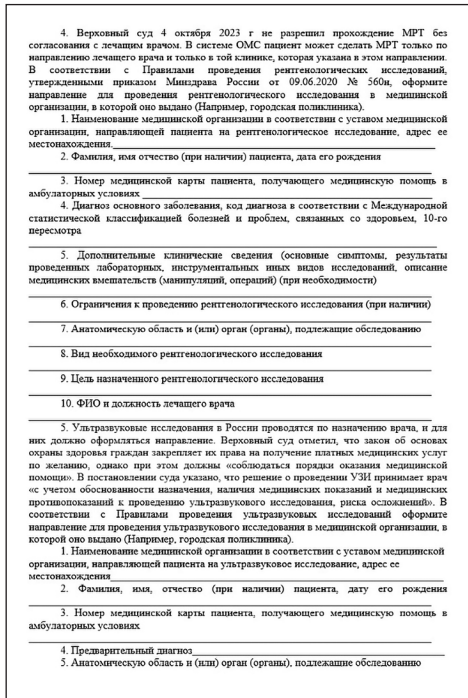


Рис. 5. Страница рабочей тетради «Клиническая лучевая диагностика»

Fig. 5. The page of the first chapter of “Clinical Radiology” workbook

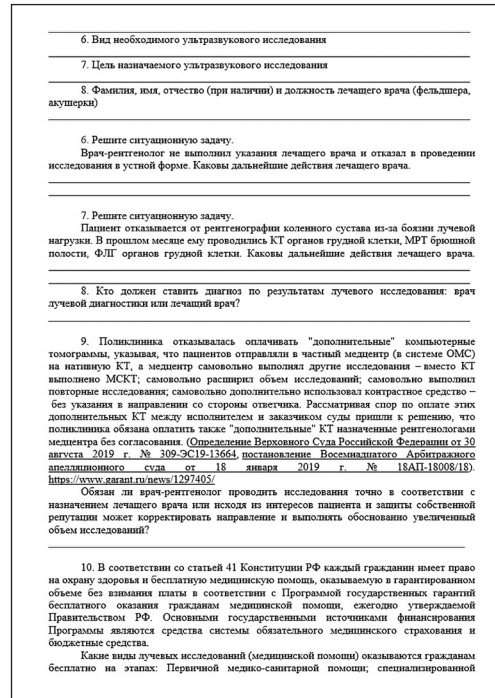


Рис. 6. Страница рабочей тетради «Клиническая лучевая диагностика»

Fig. 6. The page of the first chapter of “Clinical Radiology” workbook

результатов в соответствии с критериями, принятыми в международной клинической практике.

3. Изучение актуальных стандартов интерпретации информации, полученной при проведении лучевых исследований.

4. Изучение и освоение алгоритмов лучевой диагностики при комплексном использовании современного высокотехнологичного оборудования для лучевой визуализации в клинической практике.

В программу включены следующие темы:

1. Введение в клиническую лучевую диагностику. Основы организации и нормативно-правового регулирования службы лучевой диагностики в РФ. Современные методы и высокотехнологичное оборудование для лучевой визуализации. Реализация лучевых технологий в программах обязательного медицинского страхования (ОМС).

2. Клиническая лучевая диагностика заболеваний желудочно-кишечного тракта и гепатопанкреатобилиарной системы. Алгоритмы лучевой диагностики в гастроэнтерологии.

3. Клиническая лучевая диагностика заболеваний бронхолегочной системы и сердца. Алгоритмы лучевой диагностики при заболеваниях органов грудной полости.

4. Клиническая лучевая диагностика травматических повреждений и заболеваний опорно-двигательной системы. Алгоритмы лучевой диагностики в травматологии и ортопедии.

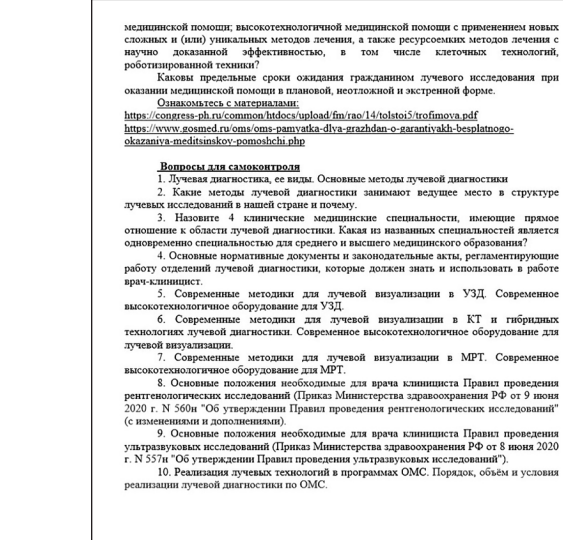


Рис. 7. Страница рабочей тетради «Клиническая лучевая диагностика»

Fig. 7. The page of the first chapter of “Clinical Radiology” workbook

5. Клиническая лучевая диагностика заболеваний мочевыделительной системы. Алгоритмы лучевой диагностики в нефрологии и урологии.

6. Клиническая лучевая диагностика заболеваний репродуктивной системы женщины. Алгоритмы лучевой диагностики в акушерстве и гинекологии. Клиническая лучевая диагностика заболеваний молочных желез. Алгоритмы лучевой диагностики в маммологии.

7. Клиническая лучевая диагностика заболеваний гипофиза, щитовидной железы, паращитовидных желез, надпочечников. Алгоритмы лучевой диагностики в эндокринологии.

8. Интервенционная радиология. Диагностические и лечебные вмешательства под контролем лучевых методик визуализации.

9. Вопросы безопасности в лучевой диагностике. Нежелательные реакции на введение контрастных препаратов.

Для организации и унифицирования учебного процесса для студентов 6-го курса обучения по программе специалитета «Лечебное дело» подготовлено учебно-методическое пособие — «Рабочая тетрадь». Пособие включает оценочные средства и ряд приложений (словарь терминов и справочные материалы). Отдельные страницы представлены на рисунках 1–7.

Стремительное развитие и обновление технологий визуализации, высокая степень дифференциации дисциплины, специализация врачей лучевой диагностики в области применения отдельных методик исследования, мультимодальный подход являются отличительными чертами современной лучевой диагностики. Клиницистам доступен широкий спектр лучевых методов, объем и методика лучевого обследования зависят от задач, сформулированных лечащим врачом, от результатов ранее назначенных клинических исследований.

Успешность лучевого исследования во многом определяется эффективностью диалога врача-клинициста и лучевого диагноста.

Таким образом, актуальность и необходимость преподавания дисциплины «Клиническая лучевая диагностика» на старших курсах очевидна. Введение новой доктрины подготовки студентов по лучевой диагностике является необходимым, своевременным и актуальным. Важно одномоментное проведение изменений в программах: введение преподавания клинической лучевой диагностики на 6-м курсе и радикальное изменение содержания программ для студентов 3-го курса.

В следующем учебном году СПбГУ планирует преподавание студентам 3-го курса лучевой диагностики по обновленной программе, учитывающей обучение клинической лучевой диагностике на выпускном курсе.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. Все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

ADDITIONAL INFORMATION

Author contribution. Thereby, all authors made a substantial contribution to the conception of the study, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the article, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the study.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

ЛИТЕРАТУРА

1. Основы лучевой диагностики и терапии. Национальное руководство. Гл. ред. тома С. К. Терновой. Сер. Национальные руководства по лучевой диагностике и терапии. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2013.
2. Карлова Н.А., Бойцова М.Г. 90 лет преподавания лучевой диагностики в России: прошлое, настоящее и будущее. Лучевая диагностика и терапия. 2013;2(4):6–9.
3. Карлова Н.А., Бойцова М.Г., Зорин Я.П. История становление преподавания рентгенологии и лучевой диагностики на додипломном уровне подготовки врачей в 20 веке. Российский электронный журнал лучевой диагностики. 2011;1(1):5–10.

REFERENCES

1. Fundamentals of radiation diagnostics and therapy. National guidelines. Gl. red. toma S. K. Ternovoy. Ser. Natsional'nyye rukovodstva po luchevoj diagnostike i terapii. Moscow: GEOTAR-Media; 2013. (In Russian).
2. Karlova N.A., Boitsova M.G. 90 years of teaching radiology in Russia: past, present and future. Luchevaya diagnostika i terapiya. 2013;2(4):6–9. (In Russian).
3. Karlova N.A., Boitsova M.G., Zorin Ya.P. History of the development of teaching radiology and radiation diagnostics at the pre-graduate level of training of doctors in the 20th century. Rossijskij elektronnyj zhurnal luchevoj diagnostiki. 2011;1(1):5–10. (In Russian).



ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

Утв. приказом и.о. ректора
ФГБОУ ВО СПбГПМУ Минздрава России от 23.08.24

НАСТОЯЩИЕ ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ ЯВЛЯЮТСЯ ИЗДАТЕЛЬСКИМ ДОГОВОРом

Условия настоящего Договора (далее «Договор») являются публичной офертой в соответствии с п. 2 ст. 437 Гражданского кодекса Российской Федерации. Данный Договор определяет взаимоотношения между редакцией журнала «Visualization in Medicine / Визуализация в медицине» (далее по тексту «Журнал»), зарегистрированного Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций, свидетельство ПИ № ФС77-74241 от 02 ноября 2018 г., именуемой в дальнейшем «Редакция» и являющейся структурным подразделением ФГБОУ ВО СПбГПМУ Минздрава России, и автором и/или авторским коллективом (или иным правообладателем), именуемым в дальнейшем «Автор», принявшим публичное предложение (оферту) о заключении Договора.

Автор передает Редакции для издания авторский оригинал или рукопись. Указанный авторский оригинал должен соответствовать требованиям, указанным в разделах «Представление рукописи в журнал», «Оформление рукописи». При рассмотрении полученных авторских материалов Журнал руководствуется «Едиными требованиями к рукописям, представляемым в биомедицинские журналы» (Intern.committee of medical journal editors. Uniform requirements for manuscripts submitted to biomedical journals. Ann Intern Med. 1997;126:36–47).

В Журнале печатаются ранее не опубликованные работы по профилю Журнала.

Журнал не рассматривает работы, результаты которых по большей части уже были опубликованы или описаны в статьях, представленных или принятых для публикации в другие печатные или электронные средства массовой информации. Представляя статью, автор всегда должен ставить редакцию в известность обо всех направлениях этой статьи в печать и о предыдущих публикациях, которые могут рассматриваться как множественные или дублирующие публикации той же самой

или очень близкой работы. Автор должен уведомить редакцию о том, содержит ли статья уже опубликованные материалы и предоставить ссылки на предыдущую, чтобы дать редакции возможность принять решение, как поступить в данной ситуации. Не принимаются к печати статьи, представляющие собой отдельные этапы незавершенных исследований, а также статьи с нарушением «Правил и норм гуманного обращения с биообъектами исследований».

Размещение публикаций возможно только после получения положительной рецензии.

Все статьи, в том числе статьи аспирантов и докторантов, публикуются бесплатно.

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ РУКОПИСИ В ЖУРНАЛ

Авторский оригинал принимает редакция. Подписанная Автором рукопись должна быть отправлена в адрес редакции по электронной почте на адрес lt2007@inbox.ru, а также через сайт <https://ojs3.gpmu.org/index.php/visual-med>. Автор должен отправить конечную версию рукописи и дать файлу название, состоящее из фамилии первого автора и первых 2–3 сокращенных слов из названия статьи. Информацию об оформлении можно уточнить на сайте: https://www.gpmu.org/science/pediatrics-magazine//science/Visualization_medicine.

СОПРОВОДИТЕЛЬНЫЕ ДОКУМЕНТЫ

К авторскому оригиналу необходимо приложить **экспертное заключение** о возможности опубликования в открытой печати (бланк можно скачать на сайте <https://ojs3.gpmu.org/index.php/visual-med>).

Рукопись считается поступившей в Редакцию, если она представлена комплектно и оформлена в соответствии с описанными требованиями. Предварительное рассмотрение рукописи, не заказанной Редакцией, не является фактом заключения между сторонами издательского Договора.

При представлении рукописи в Журнал Авторы несут ответственность за раскрытие своих финансовых и других конфликтных интересов, способных оказать влияние на их работу. *В рукописи должны быть упомянуты все лица и организации, оказавшие финансовую поддержку (в виде грантов, оборудования, лекарств или всего этого вместе), а также другое финансовое или личное участие.*

АВТОРСКОЕ ПРАВО

Редакция отбирает, готовит к публикации и публикует переданные Авторами материалы. Авторское право на конкретную статью принадлежит авторам статьи. Авторский гонорар за публикации статей в Журнале не выплачивается. Автор передает, а Редакция принимает авторские материалы на следующих условиях:

- 1) Редакции передается право на оформление, издание, передачу Журнала с опубликованным материалом Автора для целей реферирования статей из него в Реферативном журнале ВИНТИ, РНИЦ и базах данных, распространение Журнала/авторских материалов в печатных и электронных изданиях, включая размещение на выбранных либо созданных Редакцией сайтах в сети Интернет в целях доступа к публикации в интерактивном режиме любого заинтересованного лица из любого места и в любое время, а также на распространение Журнала с опубликованным материалом Автора по подписке;
- 2) территория, на которой разрешается использовать авторский материал, — Российская Федерация и сеть Интернет;
- 3) срок действия Договора — 5 лет. По истечении указанного срока Редакция оставляет за собой, а Автор подтверждает бессрочное право Редакции на продолжение размещения авторского материала в сети Интернет;
- 4) Редакция вправе по своему усмотрению без каких-либо согласований с Автором заключать договоры и соглашения с третьими лицами, направленные на дополнительные меры по защите авторских и издательских прав;
- 5) Автор гарантирует, что использование Редакцией предоставленного им по настоящему Договору авторского материала не нарушит прав третьих лиц;
- 6) Автор оставляет за собой право использовать предоставленный по настоящему Договору авторский материал самостоятельно, передавать права на него по договору третьим лицам, если это не противоречит настоящему Договору;
- 7) Редакция предоставляет Автору возможность безвозмездного получения справки с электронными адресами его официальной публикации в сети Интернет;
- 8) при перепечатке статьи или ее части ссылка на первую публикацию в Журнале обязательна.

ПОРЯДОК ЗАКЛЮЧЕНИЯ ДОГОВОРА И ИЗМЕНЕНИЯ ЕГО УСЛОВИЙ

Заключением Договора со стороны Редакции является опубликование рукописи данного Автора в журнале «Visualization in Medicine / Визуализация в медицине» и размещение его текста в сети Интернет. Заключением Договора со стороны Автора, т.е. полным и безоговорочным принятием Автором условий Договора, является передача Автором рукописи и экспертного заключения.

ОФОРМЛЕНИЕ РУКОПИСИ

Статья должна иметь

(НА РУССКОМ И АНГЛИЙСКОМ ЯЗЫКАХ):

1. Заглавие (Title) должно быть кратким (не более 120 знаков), точно отражающим содержание статьи.

2. Сведения об авторах (публикуются). Для каждого автора указываются: фамилия, имя и отчество, ученая степень, место работы, почтовый адрес места работы, **e-mail**, **ORCID**, **SPIN-код**. Фамилии авторов рекомендуется транслитерировать так же, как в предыдущих публикациях или по системе BGN (Board of Geographic Names), см. сайт <http://www.translit.ru>.

3. Резюме (Abstract) (1500–2000 знаков, или 200–250 слов) помещают перед текстом статьи. Резюме не требуется при публикации рецензий, отчетов о конференциях, информационных писем.

Авторское резюме к статье является основным источником информации в отечественных и зарубежных информационных системах и базах данных, индексирующих журнал. Резюме доступно на сайте журнала «Visualization in Medicine / Визуализация в медицине» и индексируется сетевыми поисковыми системами. Из аннотации должна быть понятна суть исследования, нужно ли обращаться к полному тексту статьи для получения более подробной, интересующей его информации. Резюме должно излагать только существенные факты работы.

Рекомендуемая структура как аннотации, так и самой статьи IMRAD (для оригинальных исследований структура обязательна): введение (Introduction), материалы и методы (Materials and methods), результаты (Results), обсуждение (Discussion), выводы (Conclusion). Предмет, тему,

цель работы нужно указывать, если они неясны из заглавия статьи; метод или методологию проведения работы целесообразно описывать, если они отличаются новизной или представляют интерес с точки зрения данной работы. Объем текста авторского резюме определяется содержанием публикации (объемом сведений, их научной ценностью и/или практическим значением) и должен быть в пределах 200–250 слов (1500–2000 знаков).

4. Ключевые слова (Keywords) — от 3 до 10 ключевых слов или словосочетаний, которые будут способствовать правильному перекрестному индексированию статьи, помещаются под резюме с подзаголовком «ключевые слова». Предпочтительно использовать ключевые словосочетания из 2–4 слов, наиболее точно отражающих тему статьи. Используйте термины из списка медицинских предметных заголовков (Medical Subject Headings), приведенного в Index Medicus (если в этом списке еще отсутствуют подходящие обозначения для недавно введенных терминов, выберите наиболее близкие из имеющихся). Ключевые слова разделяются запятой.

5. Заголовки таблиц, подписи к рисункам, а также все тексты на рисунках и в таблицах должны быть на русском и английском языках.

6. Сокращений, кроме общеупотребительных, следует избегать. Сокращения в названии статьи, названиях таблиц и рисунков, в выводах недопустимы. Если аббревиатуры используются, то все они должны быть расшифрованы полностью при первом их упоминании в тексте (например: «Наряду с данными о РОН (резидуально-органической недостаточности), обуславливающей развитие ГКС (гиперкинетического синдрома), расширен диапазон исследований по эндогенной природе данного синдрома»).

7. При представлении рукописи в Журнал Авторы несут ответственность за раскрытие своих финансовых и других конфликтных интересов, способных оказать влияние на их работу. В рукописи должны быть упомянуты все лица и организации, оказавшие финансовую поддержку (в виде грантов, оборудования, лекарств или всего этого вместе), а также другое финансовое или личное участие.

В конце каждой статьи обязательно указываются вклад авторов в написание статьи, источники финансирования (если имеются), отсутствие конфликта интересов, наличие согласия на публикацию со стороны пациентов. Данная информация должна быть переведена на английский язык.

8. ЛИТЕРАТУРА (REFERENCES). Список литературы должен представлять полное библи-

ографическое описание цитируемых работ в соответствии с NLM (National Library of Medicine) Author A.A., Author B.B., Author C.C. Title of article. Title of Journal. 2021;10(2):49–53. Фамилии и инициалы авторов в приставном списке приводятся **в порядке упоминания** [1, 2, 3 и т.д.]. В описании указываются ВСЕ авторы публикации. Библиографические ссылки в тексте статьи даются цифрой в квадратных скобках. Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

В оригинальных статьях допускается цитирование, как правило, не более 30 источников, в обзорах литературы — не более 60, в лекциях и других материалах — до 15. Библиография должна содержать большинство публикаций за последние 5 лет.

Книга:

Юрьев В.К., Моисеева К.Е., Глущенко В.А. Основы общественного здоровья и здравоохранения. Учебник. СПб.: СпецЛит; 2019.

Никифоров О.Н., ред. Санкт-Петербург в 2021 году. СПб.: Петростат; 2022.

Глава из книги:

Тутельян В.А., Никитюк Д.Б., Шарафетдинов Х.Х. Здоровое питание — основа здорового образа жизни и профилактики хронических неинфекционных заболеваний. В кн.: Здоровье молодежи: новые вызовы и перспективы. Т. 3. М.; 2019: 203–227.

Статья из журнала:

Карсанов А.М., Полунина Н.В., Гогичаев Т.К. Безопасность пациентов в хирургии. Часть 2: Программа менеджмента качества хирургического лечения. Медицинские технологии. Оценка и выбор. 2019;1(35):56–65. DOI: 10.31556/2219-0678.2019.35.1.056-065.

Тезисы докладов, материалы научных конференций:

Марковская И.Н., Завьялова А.Н., Кузнецова Ю.В. Микробный пейзаж пациента первого года жизни с дисфагией, длительно находящегося в ОРИТ. XXX Конгресс детских гастроэнтерологов России и стран СНГ: тез. докл. М.; 2023: 29–31.

Салов И.А., Маринушкин Д.Н. Акушерская тактика при внутриутробной гибели плода. В кн.: Материалы IV Российского форума «Мать и дитя». Ч. 1. М.; 2000: 516–519.

Авторефераты, диссертации:

Авилов А.Ю. Девиации полоролевой идентичности мужчин с умственной отсталостью в условиях психоневрологического интерната. Автореф. дис. ... канд. психол. наук. СПб.; 2021.

Камакин Н.Ф. Пути гомеостатирования в крови инкретируемых пищеварительными железами гидролаз, их анаболическая и регуляторная роль: Дисс. ... д-ра мед. наук. Томск; 1985.

Патенты:

Баженов А.Н., Илюшина Л.В., Плесовская И.В., изобретатели; Баженов А.Н., Илюшина Л.В., Плесовская И.В., правопреемник. Методика лечения при ревматоидном артрите. Патент РФ RU 2268734. 27 января 2006 г.

Приказы:

Приказ Минздрава России от 20.10.2020 № 1130н «Об утверждении Порядка оказания медицинской помощи по профилю «акушерство и гинекология». Доступно по: <https://docs.cntd.ru/document/566162019?ysclid=lo30ib3c8k800071923> (дата обращения: 23.04.2024).

Описание интернет-ресурса:

Естественное движение населения. Москва: Росстат. Доступен по: <https://rosstat.gov.ru/folder/12781> (дата обращения: 23.10.2023).

Для всех статей необходимо указывать индекс DOI в конце библиографического описания, а также EDN при его наличии.

Примеры:

Саттаров А.Э., Карелина Н.Р. Особенности ротовых процессов у мальчиков и юношей различных пропорций и телосложения, проживающих в южной части Кыргызстана. Педиатр. 2018;9(5):47–52. DOI: 10.17816/PED9547-52. EDN: YRAEPZ.

Voropaeva E.E., Khaidukova Yu.V., Kazachkova E.A., et al. Perinatal outcomes and morphological examination of placentas in pregnant women with critical lung lesions in new COVID-19 coronavirus infection. Ural Medical Journal. 2023;22(2):109–121. DOI: 10.52420/2071-5943-2023-22-2-109-121. EDN: CXRCMN. (In Russian).

Перевод и транслитерация

Если публикация написана **на русском языке** (на кириллице) и существует официальный перевод на английский язык, нужно привести этот вариант. Если официального перевода нет, следует перевести название публикации на английский язык самостоятельно. В конце описания в скобках указать язык издания.

Если цитируемая статья написана **на английском** (немецком, испанском, итальянском, финском, датском и других языках, использующих романский алфавит), *ссылку на нее следует привести на оригинальном языке опубликования* и в списке литературы, и в References. Пример (статья в норвежском журнале на норвежском языке):

Ellingsen AE, Wilhelmsen I. Sykdomsangst blant medisinske studenter. Tidsskr Nor Laegeforen. 2002;122(8):785–787. (In Norwegian).

Стандарт транслитерации. При транслитерации рекомендуется использовать систему BGN

(Board of Geographic Names), см. сайт <http://www.translit.ru>

ФИО авторов, редакторов. Фамилии и инициалы всех авторов на латинице следует приводить в ссылке так, как они даны в оригинальной публикации. Если в оригинальной публикации уже были приведены на латинице ФИО авторов, в ссылке на статью следует указывать именно этот вариант (независимо от использованной системы транслитерации в первоисточнике). *Если в официальных источниках (на сайте журнала, в базах данных, в том числе в eLIBRARY) ФИО авторов на латинице не приведены, следует транслитерировать так же, как в предыдущих публикациях, или по системе BGN.*

Название публикации. Если у цитируемой работы существует официальный перевод на английский язык или англоязычный вариант названия (его следует искать на сайте журнала, в базах данных, в том числе в eLIBRARY), следует указать именно его. *Если в официальных источниках название публикации на латинице не приведено, следует перевести на английский язык самостоятельно.*

Название издания (журнала). Некоторые неанглоязычные научные издания (журналы) имеют кроме названия на родном языке официальное «параллельное» название на английском (например, у журнала «Сахарный диабет» есть официальное англоязычное название «Diabetes Mellitus»). Таким образом, для списка References в ссылке на статью из русскоязычного журнала следует указать либо транслитерированное название журнала, либо переводное. Переводное название журнала можно взять либо с официального сайта журнала (или использовать данные о правильном написании англоязычного названия из цитируемой статьи), либо проверить его наличие в базе данных, например в CAS Source Index, библиотеке WorldCat или каталоге Web of Science (ISI), каталоге названий базы данных MedLine (NLM Catalog), PubMed. *В случае, когда у журнала нет официального названия на английском языке, в References нужно приводить транслитерацию по системе BSI.* Не следует самостоятельно переводить названия журналов.

Место издания. Место издания в ссылках всегда следует указывать **на английском языке и полностью**, то есть Moscow, а не «Moskva» и не «M.»; Saint Petersburg, а не «Sankt Peterburg» и не «SPb».

Название издательства/издателя. Название издательства для ссылок в References **следует только транслитерировать** (за исключением крайне редких случаев наличия у издателя параллельного официального англоязычного названия).

Приказы, указы, постановления и другие официальные документы, а также патенты транслируются.

Примеры перевода русскоязычных источников литературы для англоязычного блока статьи.

Книга:

Yuriev V.K., Moiseeva K.E., Glushchenko V.A. Fundamentals of public health and healthcare. Textbook. Saint Petersburg: SpetsLit; 2019. (In Russian).

Nikiforov O.N., ed. Saint Petersburg in 2021. Saint Petersburg: Petrostat; 2022. (In Russian).

Глава из книги:

Tutelyan V.A., Nikityuk D.B., Sharafetdinov Kh.Kh. Healthy nutrition is the basis of a healthy lifestyle and the prevention of chronic non-communicable diseases. In: Youth health: new challenges and prospects. Vol. 3. Moscow; 2019: 203–227. (In Russian).

Статья из журнала:

Karsanov A.M., Polunina N.V., Gogichaev T.K. Patient safety in surgery. Part 2: Quality management program for surgical treatment. Medical technologies. Evaluation and selection. 2019;1(35):56–65. DOI: 10.31556/2219-0678.2019.35.1.056-065. (In Russian).

Тезисы докладов, материалы научных конференций:

Markovskaya I.N., Zavyalova A.N., Kuznetsova Yu.V. Microbial landscape of a patient in the first year of life with dysphagia who has been in the ICU for a long time. XXX Congress of pediatric gastroenterologists of Russia and the CIS countries: abstract. report. Moscow; 2023: 29–31.

Salov I.A., Marinushkin D.N. Obstetric tactics in intrauterine fetal death. In: Materialy IV Rossiyskogo foruma “Mat’ i ditya”. Part 1: Moscow; 2000: 516–519. (In Russian).

Авторефераты, диссертации:

Avilov A.Yu. Deviations of gender role identity of men with mental retardation in a psychoneurological boarding school. PhD thesis. Saint Petersburg; 2021. (In Russian).

Kamakin N.F. Ways of homeostatization of hydrolases secreted by digestive glands in the blood, their anabolic and regulatory role. MD dissertation. Tomsk; 1985. (In Russian).

Патенты:

Bazhenov AN, Ilyushina LV, Plesovskaya IV, inventors; Bazhenov AN, Ilyushina LV, Plesovskaya IV, assignee. Metodika lecheniia pri revmatoidnom artrite. Russian Federation patent RU 2268734. 2006 Jan 27. (In Russian).

Приказы:

Prikaz Minzdrava Rossii ot 20.10.2020 N 1130n “Ob utverzhdenii Poryadka okazaniya meditsinskoj pomoshchi po profilyu “akusherstvo i ginekologiya”. Available at: //docs.cntd.ru/document/566162019?ysclid=lo30ib3c8k800071923 (accessed: 23.04.2024). (In Russian).

Описание интернет-ресурса:

Natural population movement. Moscow: Rosstat. Available at: <https://rosstat.gov.ru/folder/12781> (accessed: 10/23/2023). (In Russian).

Kealy M.A., Small R.E., Liamputtong P. Recovery after caesarean birth: a qualitative study of women’s accounts in Victoria, Australia. BMC Pregnancy and Childbirth. 2010. Available at: <http://www.biomedcentral.com/1471-2393/10/47/> (accessed: 11.09.2013).

Пример списка литературы (References):

ЛИТЕРАТУРА

1. Криворученко В.К. Жестокое обращение с ребенком. Проявление и меры предотвращения. Информационный гуманитарный портал Знание. Понимание. Умение. 2012; 3. Доступен по: http://www.zpu-journal.ru/e-zpu/2012/3/Krivoruchenko_Child-Abuse (дата обращения: 27.12.2023).
2. Jacobi G., Dettmeyer R., Banaschak S., Brosig B., Herrmann B. Child abuse and neglect: diagnosis and management. Dtsch Arztebl Int. 2010;107(13):231–239. DOI: 10.3238/arztebl.2010.0231.

REFERENCES

1. Krivoruchenko V.K. Child abuse. Manifestation and prevention measures. Informatsionnyy gumanitarnyy portal Znaniye. Ponimaniye. Umeniye. 2012; 3. Available at: http://www.zpu-journal.ru/e-zpu/2012/3/Krivoruchenko_Child-Abuse (accessed: 27.12.2023) (In Russian).
2. Jacobi G., Dettmeyer R., Banaschak S., Brosig B., Herrmann B. Child abuse and neglect: diagnosis and management. Dtsch Arztebl Int. 2010;107(13):231–239. DOI: 10.3238/arztebl.2010.0231.

ОТВЕТСТВЕННОСТЬ ЗА ПРАВИЛЬНОСТЬ БИБЛИОГРАФИЧЕСКИХ ДАННЫХ НЕСЕТ АВТОР.

Остальные материалы предоставляются либо на русском, либо на английском языке, либо на обоих языках по желанию.

Структура основного текста статьи.

Введение, изложение основного материала, заключение, литература. Для оригинальных исследований — введение, методика, результаты исследования, обсуждение результатов, выводы, литература.

В разделе «Методика» обязательно указываются сведения о статистической обработке экспериментального или клинического материала. Единицы измерения даются в соответствии с Международной системой единиц — СИ. Фамилии иностранных авторов, цитируемые в тексте рукописи, приводятся в оригинальной транскрипции.

В конце каждой статьи обязательно указываются вклад авторов в написание статьи, источники финансирования (если имеются), отсутствие конфликта интересов, наличие согласия на публикацию со стороны пациентов.

Объем рукописей.

Объем рукописи обзора не должен превышать 25 стр. машинописного текста через два интервала, 12 кеглем (включая таблицы, список литературы, подписи к рисункам и резюме на английском языке), поля не менее 25 мм. Нумеруйте страницы последовательно, начиная с титульной. Объем рукописи статьи экспериментального характера не должен превышать 15 стр. машинописного текста; кратких сообщений (писем в редакцию) — 7 стр.; отчетов о конференциях — 3 стр.; рецензий на книги — 3 стр. Используйте колонтитул — сокращенный заголовок и нумерацию страниц, для помещения сверху или внизу всех страниц статьи.

Иллюстрации и таблицы.

Число рисунков рекомендуется не более 5. В подписях под рисунками должны быть сделаны объяснения значений всех кривых, букв, цифр и прочих условных обозначений. Все графы в таблицах должны иметь заголовки. Повторять одни и те же данные в тексте, на рисунках и в таблицах не следует. Рисунки, схемы, фотографии должны быть представ-

лены в расчете на печать в черно-белом виде или уровнями серого в точечных форматах tif, bmp (300–600 dpi), или в векторных форматах pdf, ai, eps, cdr. При оформлении графических материалов учитывайте размеры печатного поля Журнала (ширина иллюстрации в одну колонку — 90 мм, в 2 — 180 мм). Масштаб 1:1.

РЕЦЕНЗИРОВАНИЕ

Статьи, поступившие в редакцию, обязательно рецензируются. Если у рецензента возникают вопросы, то статья с комментариями рецензента возвращается Автору. Датой поступления статьи считается дата получения Редакцией окончательного варианта статьи. Редакция оставляет за собой право внесения редакторских изменений в текст, не искажающих смысла статьи (литературная и технологическая правка).

АВТОРСКИЕ ЭКЗЕМПЛЯРЫ ЖУРНАЛА

Редакция обязуется выдать Автору 1 экземпляр Журнала на каждую опубликованную статью вне зависимости от числа авторов. Авторы, проживающие в Санкт-Петербурге, получают авторский экземпляр Журнала непосредственно в Редакции. Иногородним Авторам авторский экземпляр Журнала высылается на адрес автора по запросу от автора. Экземпляры спецвыпусков не отправляются авторам.

АДРЕС РЕДАКЦИИ

194100, Санкт-Петербург, ул. Литовская, 2
E-mail: lt2007@inbox.ru.

Сайт журнала:

<http://ojs3.gpmu.org/index.php/visual-med>.