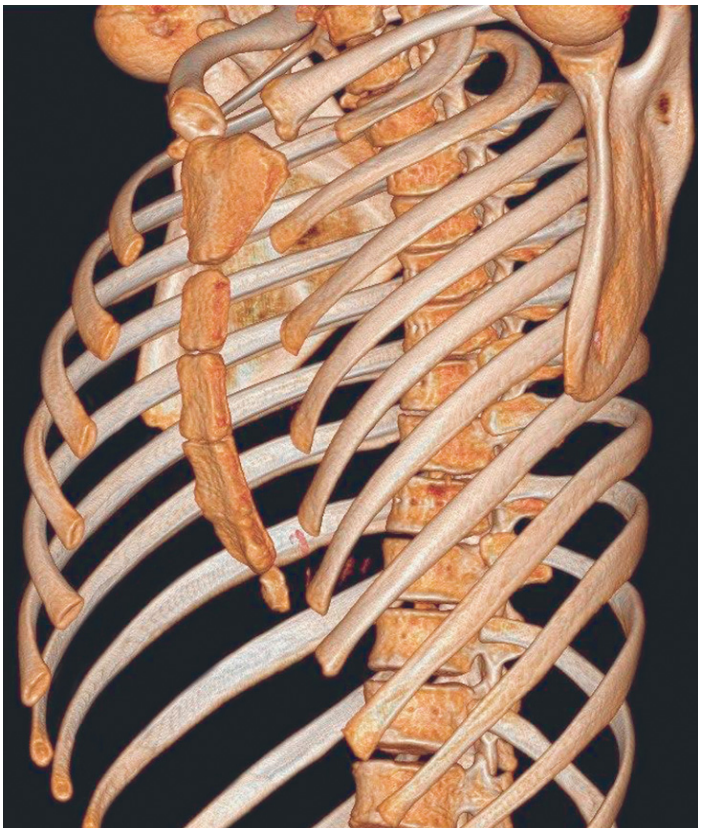
ISSN 2658-6606 (Print)
ISSN 2658-6592 (Online)

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ В МЕДИЦИНЕ

2025, ТОМ 7, № 3

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ ДЛЯ ВРАЧЕЙ





2025, VOLUME 7, № 3

SCIENTIFIC AND PRACTICAL JOURNAL FOR DOCTORS

VISUALIZATION IN MEDICINE

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ В МЕДИЦИНЕ

2025, ТОМ 7, № 3 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 Бекполатович 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. Вишневского (г. Москва, Российская Федерация)
Игорь Сергеевич Железняк — д. м. н., профессор, Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова (г. Санкт-Петербург, Российская Федерация)

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

DEPUTY 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 ВИНИТИ.

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. 7. Тираж 100 экз. Распространяется бесплатно. Оригинал-макет изготовлен ФГБОУ ВО СПбГПМУ Минздрава России.

Format 60 × 90/8. Cond.-printed sheets 7. 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 119. Дата выхода 28.11.2025.

Printed by Saint Petersburg State Pediatric Medical University. 2 Lithuania, Saint Petersburg 194100 Russian Federation.
Order 119. Release date 28.11.2025.

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 3 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. Бехтеревой 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 RAS (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

❖ ОБЗОРЫ

Е.А. Сотникова, О.Ф. Позднякова, Д.А. Малеков, В.С. Игнатьева, М.С. Левина, А.В. Поздняков М.В. Елизарова
Возможности лучевых методов диагностики патологии лимфатических узлов. Обзор литературы. Клинический случай 4

А.А. Дерягина, Д.А. Малеков, К.К. Панунцева, Н.В. Марченко, А.В. Поздняков, О.Ф. Позднякова, К.П. Дроботов, М.М. Гребенюк
Лучевая диагностика воронкообразной деформации грудной клетки у детей 20

❖ ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

Д.Д. Лопарева, С.П. Нарзиева, Р.А. Постаногов, Н.В. Марченко, Д.А. Малеков, Э.Н. Столова, И.П. Арешев, М.В. Одинцова
Трудности дифференциальной диагностики кист хиазмально-селлярной области 27

А.А. Тихомирова, К.С. Ефремова, М.А. Дохов, В.Е. Стернин, Н.А. Дементьев
Выявление клеточных ядер методами компьютерного зрения 35

А.А. Тихомирова, К.С. Ефремова, М.А. Дохов, А.В. Леванчук, Н.А. Дементьев
Разработка требований к функциональным характеристикам программного средства для выявления ядер клеток 41

❖ ИНФОРМАЦИЯ

Правила для авторов 48

❖ REVIEWS

E.A. Sotnikova, O.F. Pozdnyakova, D.A. Malekov, V.S. Ignatyeva, M.S. Levina, A.V. Pozdnyakov, M.V. Elizarova
The possibilities of radiological methods for diagnosing lymph node pathology. Literature review. Clinical case 4

A.A. Deryagina, D.A. Malekov, K.K. Panuntseva, N.V. Marchenko, A.V. Pozdnyakov, O.F. Pozdnyakova, K.P. Drobotov, M.M. Grebenyuk
Radiation diagnostics of funnel-shaped deformation of the chest in children 20

❖ ORIGINAL PAPERS

D.D. Lopareva, S.P. Narzieva, R.A. Postanogov, N.V. Marchenko, D.A. Malekov, E.N. Stolova, I.P. Areshev, M.V. Odintsova
Difficulties in the differential diagnosis of chiasmal-cellular cysts 27

A.A. Tikhomirova, K.S. Efremova, M.A. Dokhov, V.E. Sternin, N.A. Dementyev
Identification of cell nucleus by computer vision methods 35

A.A. Tikhomirova, K.S. Efremova, M.A. Dokhov, A.V. Levanchuk, N.A. Dementyev
Development of requirements for functional characteristics of a software tool for detecting cell nuclei 41

❖ INFORMATION

Rules for authors 48

УДК 612.428+616.428-008.1-07+616-076
https://doi.org/10.56871/ViM.2025.96.82.001

Возможности лучевых методов диагностики патологии лимфатических узлов. Обзор литературы. Клинический случай

Елена Анатольевна Сотникова, Ольга Федоровна Позднякова, Дамир Асиятович Малеков, Валерия Семеновна Игнатьева, Мария Сергеевна Левина, Александр Владимирович Поздняков, Марина Владиславовна Елизарова

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; https://orcid.org/0009-0006-3392-3129; SPIN: 4762-6501

Для цитирования: Сотникова Е.А., Позднякова О.Ф., Малеков Д.А., Игнатьева В.С., Левина М.С., Поздняков А.В., Елизарова М.В. Возможности лучевых методов диагностики патологии лимфатических узлов. Обзор литературы. Клинический случай. *Визуализация в медицине.* 2025;7(3):4–19. https://doi.org/10.56871/ViM.2025.96.82.001.

Поступила: 12.09.2025 **Одобрена: 30.10.2025** **Принята к печати: 18.11.2025**

Резюме. Лимфатическая система, являясь частью сердечно-сосудистой системы, включает в себя сеть лимфатических капилляров, сосудов и протоков, а также лимфатические органы, среди которых центральное место занимают лимфатические узлы. Различные инфекционные агенты, опухолевые и аутоиммунные заболевания могут сопровождаться патологическими изменениями лимфоузлов. Для диагностики синдрома увеличенных и измененных лимфатических узлов могут быть использованы многообразные методы лучевой диагностики, из которых наиболее простым и доступным является ультразвуковая диагностика. На ультразвуковых изображениях лимфоузлов оценивается форма, контуры и внутренняя структура узлов. Размеры, как правило, не должны превышать 10 мм, а соотношение продольного и поперечного диаметров — 2 мм. В дополнение к классической ультразвуковой диагностике может использоваться компрессионная эластография, согласно которой различают 4 типа жесткости лимфатических узлов (М. Фуракава, 2007 г.). Магнитно-резонансная томография позволяет более детально оценить глубокие лимфоузлы и различить типы лимфаденопатий. По характеристикам магнитно-резонансного сигнала выделяют отечную, отечно-гипертрофическую, гипертрофическую, гиперпластическую и склеротическую формы лимфаденопатий, а также их смешанные варианты. Однако не всегда можно различить злокачественное и доброкачественное поражение на магнитно-резонансной томографии, поэтому важную роль играет определение размера лимфоузлов по короткой оси. С помощью компьютерной томографии обычно оцениваются лимфатические узлы грудной клетки и брюшной полости. При анализе изображений, полученных методом компьютерной томографии, прекрасно визуализируются кальцинаты и жировая дегенерация в структуре лимфатического узла. Такой скрининговый метод, как маммография, также позволяет оценить изменения в аксиллярных лимфоузлах. Несмотря на это, при верификации лимфаденопатии должна производиться комплексная оценка всех инструментальных методов исследования, а ключевым этапом диагностики остается морфологическое исследование биопсийного материала.

Ключевые слова: лимфатические узлы, лимфаденопатия, компрессионная эластография, МР-лимфангиография, болезнь кошачьих царапин

© Коллектив авторов, 2025

https://doi.org/10.56871/ViM.2025.96.82.001

The possibilities of radiological methods for diagnosing lymph node pathology. Literature review. Clinical case

Elena A. Sotnikova, Olga F. Pozdnyakova, Damir A. Malekov, Valeria S. Ignatyeva, Maria S. Levina, Alexander V. Pozdnyakov, Marina V. Elizarova

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

Contact information: Elena A. Sotnikova — Cand. Sci. (Med.), Associate Professor of the Department of Medical Biophysics. E-mail: elena_sotnikova@mail.ru; https://orcid.org/0009-0006-3392-3129; SPIN: 4762-6501

For citation: Sotnikova E.A., Pozdnyakova O.F., Malekov D.A., Ignatyeva V.S., Levina M.S., Pozdnyakov A.V., Elizarova M.V. The possibilities of radiological methods for diagnosing lymph node pathology. Literature review. Clinical case. *Visualization in Medicine*. 2025;7(3):4–19. https://doi.org/10.56871/ViM.2025.96.82.001.

Received: 12.09.2025 **Revised: 30.10.2025** **Accepted: 18.11.2025**

Abstract. The lymphatic system, being part of the cardiovascular system, includes a network of lymphatic capillaries, vessels and ducts, as well as lymphatic organs, among which the central place is occupied by lymph nodes. Various infectious agents, tumor and autoimmune diseases can be accompanied by pathological changes in lymph nodes. For the diagnosis of the syndrome of enlarged and altered lymph nodes, various methods of radiological diagnostics can be used, of which the simplest and most accessible is ultrasound diagnostics. The shape, contours, and internal structure of the lymph nodes are evaluated on ultrasound images. The size should not exceed 10 mm, and the ratio of longitudinal to transverse diameter should be 2. In addition to classical ultrasound diagnostics, compression elastography can be used, which distinguishes four types of lymph node stiffness (M. Furakawa, 2007). Magnetic resonance imaging allows for a more detailed assessment of deep lymph nodes and the differentiation of types of lymphadenopathy. Based on the characteristics of the magnetic resonance signal, it is possible to distinguish between edematous, edematous-hypertrophic, hypertrophic, hyperplastic, and sclerotic forms of lymphadenopathy, as well as their mixed variants. However, it is not always possible to distinguish between malignant and benign lesions on magnetic resonance imaging, so the determination of the size of the lymph nodes along the short axis plays an important role. Computed tomography is commonly used to assess the lymph nodes in the chest and abdomen. When analyzing images obtained by computed tomography, calcifications and fatty degeneration in the structure of the lymph node are clearly visible. A screening method such as mammography also allows for the assessment of changes in the axillary lymph nodes. Despite this, a comprehensive assessment of all instrumental methods of research should be performed when lymphoadenopathy is verified, and the key stage of diagnosis remains the morphological examination of the biopsy material.

Keywords: lymph nodes, lymphadenopathy, compression elastography, MR lymphangiography, cat-scratch disease

© 2025 by the autors

ВВЕДЕНИЕ

Лимфатическая система человека представляет собой сложную и высокоорганизованную часть единого сосудисто-тканевого комплекса организма, функционально дополняя кровеносное русло. Она включает в себя лимфу, сеть лимфатических капилляров, сосудов и протоков, а также лимфатические органы, среди которых центральное место занимают лимфатические узлы (ЛУ). По своей структуре лимфатические сосуды подразделяются на интра- и экстраорганные; при этом экстраорганные сосуды подразделяются на поверхностные, локализующиеся в коже и подкожной жировой клетчатке, и глубокие, залегающие в толще фасциальных пространств.

Физиологическое значение лимфатической системы определяется ее многообразными функциями. Главной из них является дренажная: именно по лимфатическим сосудам отводится избыточная тканевая жидкость, резорбируются крупные макромолекулы, неспособные проникнуть в кровеносное русло, а также липофильные вещества. Вместе с этим лимфатическая система обеспечивает процессы детоксикации, участвует в транспорте липидов и играет важнейшую роль в формировании как врожденного, так и адаптивного иммунного ответа. Благодаря этому она становится ключевым звеном в развитии широкого спектра инфекционных, воспалительных, метаболических и опухолевых заболеваний.

АНАТОМИЯ ЛИМФАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Лимфатическая система состоит из лимфатических капилляров, лимфатических посткапилляров, лимфатических сосудов, лимфатических узлов, лимфатических стволов и лимфатических протоков. Лимфатические капилляры — это тонкостенные слепозамкнутые анатомические структуры, образующие сети. Стенка капилляра состоит из тонкого эндотелия, окруженного ретикулярными и коллагеновыми волокнами, что позволяет выполнять капиллярам дренажную функцию, фильтруя межтканевую жидкость с образованием лимфы. Капилляры продолжаются в лимфатические посткапилляры, имеющие клапаны — складки эндотелия, которые образуют безмышечные межклапанные сегменты, ограничивающие обратный лимфооттоk. В стенках лимфатических сосудов, помимо эндотелия и соединительной ткани, появляются гладкомышечные клетки. Лимфатические сосуды имеют участки сужения в местах прикрепления клапанов и участки расширения. В данном сегменте выделяют такое понятие, как «лимфангион» — это участок лимфатического сосуда, образованный стенками входного и выходного клапанов, а также мышечная манжетка (средняя часть межклапанного сегмента). Лимфатические узлы представляют собой плотные, округлые, продолговатые или бобовидные скопления лимфоидной ткани. Лимфоузлы снаружи покрыты капсулой, дающей начало многочисленным трабекулам, разделяющим лимфоидную ткань внутри, между которыми находятся лимфатические синусы. Ворота лимфатического узла представлены местом входа артерий и выхода вен. Экстраорганные лимфатические сосуды объединяются в региональные коллекторы — лимфатические стволы (яремные, подключичные, бронхосредостенные, кишечные, поясничные), которые уже не прерывают лимфоузлы. Лимфатические стволы служат началом лимфатических протоков — грудного и правого. Грудной проток собирает лимфу от нижних конечностей, большей части туловища, левой верхней конечности, левых половин головы и шеи, и отводит ее в левый венозный угол шеи. Непостоянный правый проток отводит лимфу правой верхней конечности, правых половин головы, шеи и грудной стенки. Необходимо также помнить о том, что в лимфатической системе развит окольный лимфоток: лимфатические сосуды могут проходить мимо лимфатических узлов и впадать напрямую в лимфатические протоки и стволы [1, 2].

ОСНОВНЫЕ ПАТОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ, СОПРОВОЖДАЮЩИЕСЯ ИЗМЕНЕНИЕМ ЛИМФАТИЧЕСКИХ УЗЛОВ

1. **Инфекционные заболевания**
- *Бактериальные инфекции* (стрептококковые, стафилококковые, туберкулез и др.) сопровождаются острым или хроническим лимфаденитом, часто с болезненностью и местными воспалительными изменениями.
- *Вирусные инфекции* (например, инфекционный мононуклеоз) характеризуются генерализованной лимфаденопатией.
- *Протозойные и паразитарные заболевания* (например, токсоплазмоз) также могут проявляться генерализованным поражением ЛУ.

2. **Аутоиммунные заболевания**

При системной красной волчанке, ревматоидном артрите, дерматомиозите наблюдается генерализованная лимфаденопатия, обусловленная гиперплазией лимфоидной ткани на фоне хронической активации иммунной системы.

3. **Опухолевые процессы**
- *Злокачественные лимфопролиферативные заболевания* (лимфомы Ходжкина и неходж-

кинские лимфомы) проявляются прогрессирующим увеличением ЛУ, часто с образованием плотных конгломератов.
- *Метастатическое поражение лимфатических узлов* при злокачественных опухолях различных локализаций (рак молочной железы, легкого, желудка и др.) является важнейшим критерием стадирования и прогноза.

4. **Реактивные лимфаденопатии**

Могут возникать в ответ на местные воспалительные процессы (например, ангина с увеличением шейных ЛУ). Такие изменения, как правило, носят обратимый характер и регрессируют после купирования основного заболевания.

5. **Гранулематозные заболевания**

Туберкулез, саркоидоз, болезнь кошачьих царапин сопровождаются увеличением лимфатических узлов с формированием специфических гранулем, нередко с кальцинацией.

6. **Лекарственно-индуцированные лимфаденопатии**

Отмечаются при применении отдельных препаратов (например, противосудорожных средств, аллопуринола, антибиотиков), что связано с гиперчувствительностью или иммунными реакциями.

МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ ПАТОЛОГИИ ЛИМФАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Синдром увеличенных или измененных лимфатических узлов, лимфаденопатия, может встретиться в практике врача любой специальности. Лимфаденопатия характерна для целого ряда заболеваний, различающихся по своему течению, прогнозу, а также тактике обследования и лечения пациента. Основной проблемой для всех лимфаденопатий является схожесть опухолевых и неопухолевых ее форм.

В большинстве случаев под лимфаденопатией понимают увеличение размеров лимфатических узлов и/или изменение их структуры [3, 4]. У взрослого человека насчитывается около 600 лимфатических узлов, однако при пальпации определяются только поверхностно расположенные группы. Для оценки глубоколежащих лимфоузлов и уточнения характера изменений необходимо прибегать к лучевым методам визуализации.

Современный подход к диагностике лимфаденопатии основывается на комплексной оценке клинических данных, лабораторных тестов (в т.ч. взятие биопсийного материала и проведение иммуногистохимии, молекулярно-генетического исследования [3]) и результатов визуализирующих исследований, что позволяет максимально точно установить причину данного синдрома и выработать оптимальную тактику ведения пациента.

Инструментальные методы

Инструментальные методы занимают ключевое место в диагностике заболеваний лимфатической системы. Они позволяют не только выявлять изменения размеров и структуры лимфоузлов, но и уточнять их взаимоотношение с окружающими тканями, характер васкуляризации и метаболической активности. При этом выбор конкретного метода диагностики во многом определяется локализацией пораженных лимфоузлов: поверхностные группы чаще исследуются с использованием ультразвука, тогда как для оценки глубоколежащих структур применяются компьютерная и магнитно-резонансная томография, а в ряде случаев — позитронно-эмиссионная томография. Зачастую даже рутинные методы лучевой диагностики, такие как традиционная рентгенография, флюорография и маммография, могут дать информацию о поражении ЛУ.

Ультразвуковое исследование

Ультразвуковое исследование (УЗИ) лимфатических узлов является первичным и наиболее доступным методом инструментальной диагностики, обладая высокой информативностью при исследовании поверхностно расположенных лимфоузлов (шейных, подмышечных, паховых), однако имеются ограничения при визуализации глубоколежащих структур. Оно позволяет оценивать размеры, форму, контуры, эхоструктуру и васкуляризацию лимфатических узлов. Признаками патологического процесса считаются округлая форма, потеря кортико-медуллярной дифференциации, гипоэхогенность и усиление кровотока при цветном допплеровском картировании. Дополнительные ультразвуковые методики расширяют диагностические возможности: эндоскопическое (чреспищеводное) УЗИ позволяет оценивать внутригрудные лимфатические узлы (2, 4, 3P, 7, 8, 9 групп по IASLC 2009 г.) [5, 6], эластография применяется для оценки жесткости тканей, интраоперационное УЗИ содействует визуализации анатомических структур в хирургической практике [7, 8].

Компрессионная эластография использует ультразвук для измерения жесткости тканей после надавливания датчиком (рис. 1). Она особенно информативна при исследовании лимфатических узлов в диагностике онкопатологий — злокачественные опухоли ухудшают их упругость. В отличие от

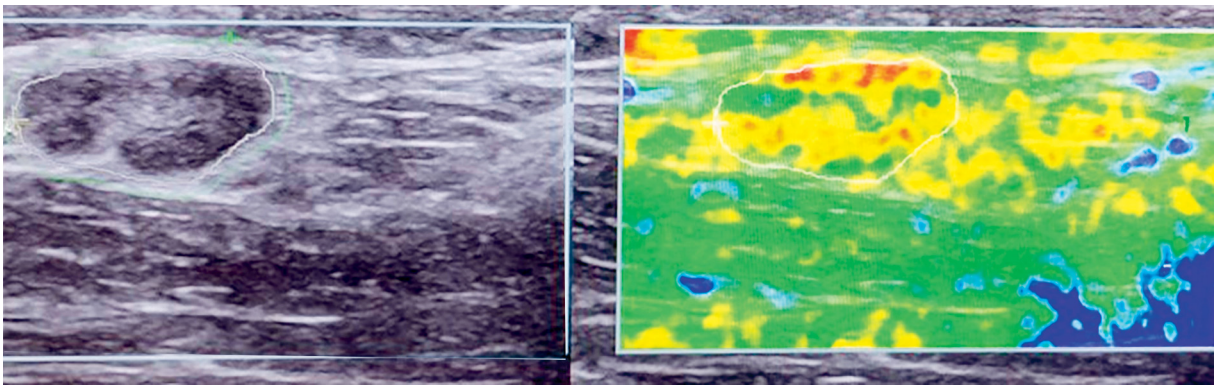


Рис. 1. Оценка лимфатического узла методом эластографии
Fig. 1. Lymph node assessment using elastography

обычного ультразвука, эластография точнее дифференцирует глубоко расположенные новообразования и различает жесткие образования в плотных железистых и менее плотных жировых тканях. Этот метод помогает точнее определить необходимость биопсии для выявления метастазов, что важно при раке легких и молочных желез для оценки стадии, выбора терапии и прогноза [9].

Для оценки жесткости лимфатических узлов используется система качественной оценки результатов компрессионной эластографии, разработанная М. Фурукавой в 2007 г., согласно которой выделяют 4 типа жесткости ЛУ:

- 1-й тип (мягкие) — характеризуется преобладанием зеленого окрашивания с включениями красного и синего цвета — эластографические признаки неоднородности ЛУ с преобладанием мягкоэластического компонента;
- 2-й тип (умеренно мягкие) — характеризуется неоднородностью цветовой палитры окрашивания синего, зеленого и красного цветов — эластографические признаки неоднородности ЛУ с преобладанием жесткого компонента по периферии;
- 3-й тип (умеренно жесткие) — характеризуются преобладанием интенсивного синего окрашивания с включениями зеленых оттенков — эластографические признаки жестко-неоднородной структуры ЛУ во всем объеме;
- 4-й тип (жесткие) — характеризуются интенсивным синим окрашиванием более 90% объема узла — эластографические признаки жесткой структуры ЛУ [10].

Компьютерная томография

Компьютерная томография (КТ), в особенности с контрастным усилением, позволяет четко дифференцировать увеличенные, в том числе глубоко лежащие лимфатические узлы от окружающих тканей, выявлять конгломераты и определять их взаимоотношения с соседними органами. При воспалительных изменениях отмечается интенсивное накопление контрастного вещества вследствие повышенной проницаемости сосудов, тогда как при опухолевом поражении причиной контрастирования служит неоангиогенез.

Следует также упомянуть обзорную рентгенографию — первичный метод исследования при патологии органов грудной клетки, в ряде случаев позволяющий визуализировать внутригрудные лимфатические узлы при их значительном увеличении, даже несмотря на ограниченную чувствительность метода. Важно учитывать, что расширение тени средостения может быть обусловлено не только лимфаденопатией, но и опухолевыми образованиями, что ограничивает специфичность данного метода [11].

Магнитно-резонансная томография

Магнитно-резонансная томография (МРТ) является одним из наиболее перспективных методов исследования лимфатической системы благодаря высокой тканевой контрастности и отсутствию ионизирующего излучения, что делает ее предпочтительной у пациентов молодого возраста, а также при необходимости многократных повторных исследований. Использование гадолинийсодержащих контрастных препаратов позволило разработать метод динамической контрастно-усиленной МР-лимфангиографии (DCMRL — Dynamic Contrast-Enhanced Magnetic Resonance Lymphangiography), обеспечивающий высокоинформативное изображение центральной лимфатической системы и демонстрирующий ее ключевую роль в патогенезе различных патологий [12, 13]. Наряду с этим в клинической практике применяется МР-лимфангиография

без контрастирования. Поскольку лимфе присуще высокое время Т2-релаксации, в большинстве протоколов используются тяжелые Т2-взвешенные последовательности, что позволяет визуализировать лимфатические каналы и оценивать выраженность интерстициального отека [14].

Высокая тканевая контрастность МРТ обеспечивает возможность выявления минимальных изменений структуры лимфатических узлов, что имеет особое значение при дифференциальной диагностике воспалительных и опухолевых процессов. Дополнительное применение функциональных методик, таких как диффузионно-взвешенная визуализация и МР-спектроскопия, повышает специфичность исследования за счет оценки микроциркуляторных и метаболических особенностей.

Чрессосудистая лимфангиография

Чрессосудистая лимфангиография — селективная визуализация лимфатического русла при помощи лучевых методов после введения этиодизированного масляного раствора (Липиодол) в лимфатический сосуд, выделенный на тыле стопы. После катетеризации лимфатического сосуда проводится введение контраста, позволяющее визуализировать лимфатические узлы, сосуды и протоки с помощью рентгеноскопии, рентгенографии или компьютерной томографии [15].

Интранодальная лимфангиография

Интранодальная лимфангиография предлагает альтернативный способ доступа к лимфатической системе и технически менее сложную альтернативу традиционной транспедальной лимфангиографии. Под контролем ультразвука пунктируют паховый лимфатический узел и вводят контрастное вещество (Липиодол) с последующей визуализацией под рентгеноскопическим контролем. Основными показаниями являются диагностика лимфоистечений различной этиологии (травматических, послеоперационных), визуализация центрального лимфатического звена при интервенционных вмешательствах, а также выявление врожденных аномалий лимфатической системы [16].

Радионуклидные методики

Радионуклидные методы исследования используются для оценки функциональной активности лимфатических узлов. Соединения, меченные радиофармпрепаратом (РФП), при введении пациенту включаются в биологические процессы, отражая, таким образом, метаболизм интересующего вещества.

К основным радионуклидным методикам относят планарную сцинтиграфию (лимфосцинтиграфию), однофотонную эмиссионную компьютерную томографию и двухфотонную эмиссионную или позитронно-эмиссионную томографию (ПЭТ).

Лимфосцинтиграфия

Лимфосцинтиграфия — это радионуклидный метод исследования лимфатического русла, при котором в дерму дистальных отделов конечностей вводят коллоиды, меченные 99mTc, для анализа поглощения радиофармпрепарата (РФП) в дренирующих лимфатических узлах [17–19]. Коллоид вводят иглой в пространство между первым и вторым, вторым и третьим пальцами руки или ноги. После поглощения РФП лимфатическими капиллярами и вовлечения в лимфатическую циркуляцию гамма-излучение, испускаемое им, регистрируется в гамма-камере, что позволяет анатомически охарактеризовать выявленные области. Лимфосцинтиграфия применяется для оценки проходимости лимфатических сосудов, диагностики лимфостаза, выявления лимфореи, а также позволяет визуализировать периферические лимфатические сосуды и сторожевые лимфатические узлы при различных формах злокачественных неоплазий [20].

Использование однофотонной эмиссионной компьютерной томографии способствует лучшему обнаружению сторожевых ЛУ по сравнению с классической планарной лимфосцинтиграфией [21, 22].

Позитронно-эмиссионная томография в комбинации с КТ

Использование 18F-ФДГ позволяет визуализировать метаболически активные очаги и дифференцировать опухолевые поражения от реактивных изменений. Позитронно-эмиссионная томография в комбинации с КТ (ПЭТ-КТ) незаменима в стадировании лимфом, мониторинге эффективности терапии и раннем выявлении рецидивов. Ограничениями метода являются высокая стоимость, низкая доступность и вероятность ложноположительных результатов при воспалительных процессах [23].

Инновационные методы визуализации

К перспективным направлениям относятся:

- **Флюоресценция в ближней инфракрасной области** (NIRF MRL — Near-InfraRed Fluorescence Magnetic Resonance Lymphography) **с исполь-**

зованием индоцианина зеленого (ICG-L MRL — Indocyanine Green Lymphatic Magnetic Resonance Lymphography) традиционно используется для визуализации движения лимфы в поверхностных лимфатических сосудах путем введения индоцианина в интересующую область подкожно или интрадермально, после чего выполняют динамическую непрерывную визуализацию с использованием ближнего инфракрасного излучения на коже и обнаружения излучения при помощи IGG за счет его способности к свечению [24].

- **Фотоакустическая лимфангиография** основана на регистрации оптического излучения, поглощаемого тканями и контрастными веществами (в частности ICG). В исследуемую область также вводится ICG, при облучении тканей импульсным лазером ближнего инфракрасного диапазона молекулы красителя поглощают свет и превращают его в тепловую энергию. Возникает микроскопическое расширение тканей и образование ультразвуковых волн, которые регистрируются детекторами. На основании этих сигналов формируется высокодетализированное изображение лимфатических сосудов и узлов [25].

КРИТЕРИИ НОРМЫ

Лучевая семиотика поражений лимфатических узлов

В настоящее время самым простым методом диагностики лимфоузлов, не сопровождающимся лучевой нагрузкой, является УЗИ. Ультразвуковое изображение при исследовании ЛУ в норме характеризуется регистрацией узлов овальной, бобовидной или лентовидной формы с четкими ровными контурами. Размеры вариабельны для различных групп лимфоузлов, однако размер более 10 мм по короткой оси на фоне изменения структуры и формы ЛУ является поводом для подозрения лимфаденопатии. При оценке соотношения продольного и поперечного размеров, данный коэффициент не должен превышать 2. Важна зональная структура ЛУ с четкой визуализацией гипоэхогенной гомогенной коры, средостения (мозгового вещества) и структур ворот. Лимфоузел покрыт соединительнотканной капсулой, которая выглядит как гиперэхогенный ободок с ровными контурами. Как правило, в области ворот капсула утолщается, и от нее вглубь узла направляются соединительнотканные трабекулы. Еще один важный коэффициент — соотношение коркового и мозгового слоев, который должен составлять 1:3. Сосудистый рисунок должен быть упорядочен вдоль капсулы от ворот к периферии [6].

Метод ультразвуковой диагностики лимфатических узлов позволяет нам различить острый и хронический лимфаденит, метастатическое поражение лимфоузлов, а также выделить признаки злокачественных лимфопролиферативных заболеваний.

При остром лимфадените ЛУ, как правило, увеличиваются в размерах, капсула становится напряженной, расширена корковая зона и синус, капсула лимфоузла отечна и может быть разволокнена. Сосудистый рисунок усилен. В структуре лимфоузла могут встречаться единичные анэхогенные «кистозные» структуры [6]. Соотношение продольного и поперечного размеров ЛУ более 2, тогда как при хроническом лимфадените данный коэффициент значительно превышает 2, а васкуляризация может не определяться вовсе [26]. При хронических формах отмечается также утолщение капсулы и спаяние ее с окружающими тканями [6]. При компрессионной эластографии для реактивной лимфаденопатии характерны 1-й и 2-й типы эластограммы с преобладанием эластичной структуры [27].

При метастатическом поражении лимфатических узлов изменяется их форма, они становятся сферическими, соотношение продольного и поперечного размеров при этом составляет менее 2. Структура гипо- или анэхогенная, привычный рисунок ЛУ стирается, контуры становятся нечеткими, ворота смещаются и деформируются. При инфильтрации капсулы возможно образование конгломератов. Более того, в метастатически измененных лимфоузлах отмечается диффузное умеренное усиление васкуляризации с хаотично расположенными сосудами и наличием артериовенозных шунтов [6, 26]. При исследовании таких ЛУ в режиме компрессионной эластографии преобладает 4-й тип эластограммы [28].

В случае злокачественных лимфопролиферативных заболеваний множественные группы ЛУ приобретают сферическую форму, соотношение продольного и поперечного размеров менее 2. Практически всегда лимфоузлы гипоэхогенной структуры с гетерогенными внутренними эхосигналами, с четкими границами, область ворот не дифференцируется. При использовании допплеровских режимов кровоток в пораженных ЛУ значительно усилен с повышенной перфузией как в центральных, так и в периферических отделах [26, 29, 30]. При компрессионной эластографии лимфоузлов больных лимфомами чаще определяется 3-й тип эластограммы [27].

При МР-исследовании критериями нормальной анатомии лимфатических узлов установлены: овоидная или вытянуто-фрагментарная форма, однородная структура, четкие жировые ворота,



Рис. 2. Пациент, 17 лет. Нормальная МР-картина подколенного лимфатического узла

Fig. 2. Patient, 17 years old. Normal MR-image of the popliteal lymph node

средняя интенсивность сигнала на Т1-ВИ, средняя или низкая интенсивность на Т2-ВИ, равномерно пониженный МР-сигнал на диффузионно-взвешенных изображениях (ДВИ), четкие ровные контуры капсулярно-трабекулярного аппарата лимфоузла (рис. 2). Важным аспектом является отсутствие расширения («блока») на уровне синусной системы ЛУ, а также наличие лимфотока по приносящим и выносящим лимфатическим сосудам. Несмотря на это, характеристики МР-сигнала не всегда позволяют отличить неопластическую лимфаденопатию от доброкачественной (реактивной), поэтому основным отличием являются размеры лимфоузлов [31].

На основании перечисленных выше критериев, выделяют несколько типов лимфаденопатий.

1. Отечная, или отечно-кистозная, лимфаденопатия.

При развитии отечной лимфаденопатии, как правило, происходит увеличение лимфоузла за счет скопления жидкости. На Т2-ВИ и на STIR ЛУ имеют гиперинтенсивный МР-сигнал. Вначале отек лимфатического узла имеет полулунную форму в зоне субкапсулярного синуса, а при дальнейшем накоплении жидкости узлы приобретают овоидно-сферическую форму. В регионе дренирования визуализируется массивный отек с патологическим расширением приносящих лимфатических сосудов. На Т1-ВИ ЛУ имеют низкий МР-сигнал, на ДВИ — гиперинтенсивный, без снижения сигнала на картах измеряемого коэффициента диффузии (ИКД) [32].

2. *Отечно-гипертрофическая, или реактивная,* лимфаденопатия.

Данная форма лимфаденопатии напрямую связана с формированием иммунного ответа на инфекционный агент и может быть как локальной, так и генерализованной. Отечно-гипертрофические ЛУ на МР-томограммах выглядят гиперинтенсивными на Т2-ВИ и STIR(SPIR)longTR, гипоинтенсивными на Т1-ВИ, что позволяет оценить гипертрофию лимфоидной ткани. На ДВИ МР-сигнал также достаточно высокий вследствие того, что он формируется от нормальной лимфоидной ткани [32].

3. *Гипертрофическая, или гематоонкологическая,* лимфаденопатия.

Лимфатические узлы при данном варианте значительно увеличиваются в размерах, однако по МР-сигналу на Т1- и Т2-ВИ почти не отличаются от нормальных. На STIR(SPIR)longTR иногда можно выявить остаточный объем лимфы в субкапсулярном синусе и в расширенных приносящих лимфатических сосудах. На ДВИ сигнал от гипертрофических ЛУ несколько снижен. При контрастном усилении наблюдается достаточная эвакуация препарата по коллекторам и через лимфоузлы с исчезновением контрастного вещества через 1–1,5 часа после введения. Однако гематоонкологическая форма лимфаденопатии по характеристикам МР-сигнала очень похожа на гиперпластическую форму на стадии массивной пролиферации метастаза, что весьма затрудняет дифференциальную диагностику [32].

4. *Гиперпластическая и отечно-гиперпластическая, или неопластическая,* лимфаденопатия.

На начальных этапах метастатического поражения ЛУ на ДВИ регистрируется снижение сигнала от небольшого очага внутри, лимфоузел имеет сферическую форму, но без признаков отечности. В случае, когда развивается иммунный ответ на опухолевую инвазию, на Т1-, Т2-ВИ и STIR(SPIR) longTR микрометастаз практически неразличим за счет накопления лимфы. При этом визуализируются расширенные лимфатические коллекторы и перинодулярный отек. На стадии пролиферации метастаза, когда клетки опухоли заполняют весь объем лимфоузла, возникает «блокирование» лимфотока через узел, что приводит к снижению отечных явлений.

ЛУ на этом этапе могут быть нормальных или увеличенных размеров, однако отношение поперечного размера к продольному у неопластических ЛУ значительно выше. Метастатически пораженные лимфоузлы могут быть полиморфными по своему МР-сигналу, но, как правило, уровень сигнала ниже нормального. На ДВИ и картах ИКД такие ЛУ имеют более сниженный сигнал, чем при гипертрофической лимфаденопатии [32].

5. *Склеротическая, отечно-склеротическая и липидно-склеротическая* лимфаденопатия.

Склеротическая лимфоаденопатия развивается как исход других типов лимфаденопатий. При этом форма ЛУ становится звездчатой или фрагментированной, ЛУ имеют низкий МР-сигнал на Т1- и Т2-ВИ. Когда в области воротного синуса отмечается образование мелких кист и отечной реакции, говорят об отечно-склеротической форме лимфаденопатии. Иногда в паренхиме ЛУ в области ворот на фоне склерозирования можно выявить липидные скопления (липидно-склеротическая лимфаденопатия). На ДВИ такие лимфоузлы не выделяются от на фоне окружающих мягких тканей.

Поскольку изменения лимфатических узлов на МР-томограммах не всегда имеют специфический характер, важным, и к тому же спорным, критерием диагностики является размер ЛУ [32].

Лимфоузлы средостения и грудной клетки

На МРТ оценивать состояние ЛУ средостения лучше в субкардиальной области [33]. Некоторые авторы считают критерием патологически измененных прикорневых ЛУ размер более 18 мм [34]. Другие авторы утверждают свои критерии размеров: ЛУ менее 10 мм в диаметре — нормальные, ЛУ 10–20 мм — подозрительные, а ЛУ более 20 мм — аномальные [35]. Размеры подмышечных лимфоузлов варьируют от 1 до 10 мм [36]. Однако, по данным Н.В. Нуднова, Т.Г. Сергеенкова, Е.Н. Хориковой, О.Г. Кузьминой, обнаружение ЛУ более 5 мм в диаметре или их слияние между собой характерно для опухолевого роста [37, 38]. Другие авторы утверждают, что достоверно сказать о злокачественном характере поражения подмышечных ЛУ можно только при наличии таких симптомов, как некроз, инвазия смежных тканей и выявление ЛУ более 10 мм [39].

Лимфоузлы брюшной полости

По данным S. Grubnic и соавт., максимальные размеры неизмененных нормальных желудочных ЛУ — 6 мм, верхних левых поясничных, правых поясничных и межаортокавальных — 3 мм, позадикавальных — 4 мм, нижних левых поясничных — 5 мм [40]. Неизмененными поясничными ЛУ следует считать узлы менее 4 мм [41, 42]. При гепатобилиарном раке околопеченочные ЛУ на МРТ считаются метастатически пораженными при размерах более 15 мм [43]. J.M. Hawnaur и соавт. утверждают, что ЛУ до 15 мм являются подозрительными, но не патологическими [44, 45].

Лимфоузлы полости малого таза и паховой области

S. Grubnic и соавт. считают, что нормальный максимальный диаметр общих подвздошных ЛУ — 4 мм, наружных и внутренних подвздошных — 5 мм [40]. А нормальные размеры паховых ЛУ по короткой оси для проксимальных поверхностных — 3–10 мм, для дистальных поверхностных — 3–15 мм, и 3–10 мм для глубоких паховых ЛУ [46].

Таким образом, на основании мнения различных исследователей приняты критерии нормальных МР-размеров для лимфоузлов по короткой оси:

- менее 8 мм — для аксиллярных, паховых и лимфоузлов бокового треугольника шеи;
- менее 7 мм — для лимфоузлов средостения;
- менее 5 мм — для узлов лица и шеи, кроме боковых треугольников шеи, и для забрюшинных и подвздошных лимфатических узлов;
- менее 3 мм — для тазовых ЛУ [32].

При КТ-исследовании лимфоузлы обычно имеют овальную, бобовидную и веретенообразную форму, тканевой плотности, которая обычно составляет около +30…+40 HU, но может колебаться в широких пределах, от +10 HU до +80 HU. При этом абсолютные значения плотности не являются свидетельством нормы или патологии, т.к. искажаются под влиянием артефактов, при изменении толщины томографического слоя, алгоритма реконструкции, напряжения генерирования рентгеновского излучения и других технических факторов. Размеры ЛУ вариабельны и зависят от группы. Однако лимфатические узлы любого размера с жировым центром не расцениваются как патологически измененные. Структуру лимфатического узла можно изучить при помощи введения контрастного вещества. Нормальный лимфоузел накапливает его равномерно и умеренно. Интенсивное накопление контрастного вещества возникает при воспалительных заболеваниях вследствие повышения проницаемости сосудов, либо при опухолевом поражении из-за неоангиогенеза. Именно поэтому факт активного накопления контрастного препарата не позволяет судить о злокачественной природе поражения [47].

Метод рентгеновской компьютерной томографии используется для диагностики лимфаденопатий в том случае, когда лимфоузлы недоступны для

исследования УЗ-методом или их исследование на МРТ сопряжено с высокой частотой возникновения артефактов. Самым распространенным примером такой области является грудная клетка со средостенными и внутригрудными лимфоузлами.

При туберкулезе внутригрудных лимфоузлов кальцинация является важным диагностическим критерием. Кальцинаты обычно представлены в виде хаотичных или локальных краевых включений. В пораженных лимфоузлах также визуализируются очаги казеозного некроза, плотность которых в разных фазах составляет от +15 HU до +1400 HU. Туберкулезный процесс, как правило, не ограничивается одной группой лимфатических узлов, развивается так называемая микрополиаденопатия. При этом характерно одностороннее и асимметричное поражение лимфатических узлов, чаще трахеобронхиальной и бронхопульмональной групп [48].

При саркоидозе увеличенные лимфоузлы имеют шаровидную форму, однородную структуру, гладкие четкие контуры, без перифокальной инфильтрации. Чаще симметрично поражаются ЛУ бронхопульмональной и паратрахеальной групп (рис. 3). Однако важной особенностью внутригрудной лимфаденопатии при саркоидозе является отсутствие некроза в структуре узла и равномерное накопление контрастного препарата, в отличие от туберкулеза или злокачественных опухолей, когда отмечается краевое контрастное усиление по капсуле ЛУ [49].

Маммография также позволяет оценивать лимфатические узлы аксиллярной области, что особенно важно в диагностике рака молочной железы.

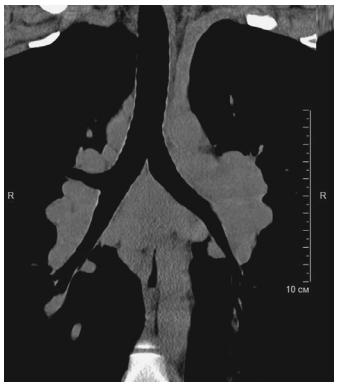


Рис. 3. Пациент, 26 лет. Подтвержденный саркоидоз. На МСКТ визуализируется двусторонняя симметричная лимфаденопатия паратрахеальных, бронхопульмональных и бифуркационных групп лимфоузлов. Лимфоузлы увеличены, с четкими контурами, без зон деструкции и кальцификации

Fig. 3. Patient, 26 years old. Confirmed sarcoidosis. On MSCT, bilateral symmetrical lymphadenopathy of the paratracheal, bronchopulmonary, and bifurcation groups of lymph nodes is visualized. The lymph nodes are enlarged, with clear contours, and without areas of destruction or calcification

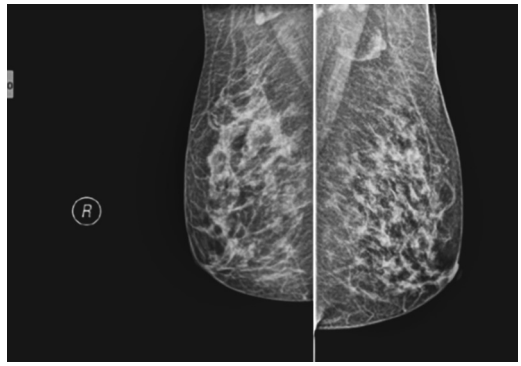


Рис. 4. Маммография в медиолатеральной проекции (R — правая молочная железа, L — левая). Визуализируются увеличенные и уплотненные аксиллярные лимфатические узлы

Fig. 4. Mammogram in the mediolateral projection (R — right breast, L — left breast). Enlarged and hardened axillary lymph nodes are visualized

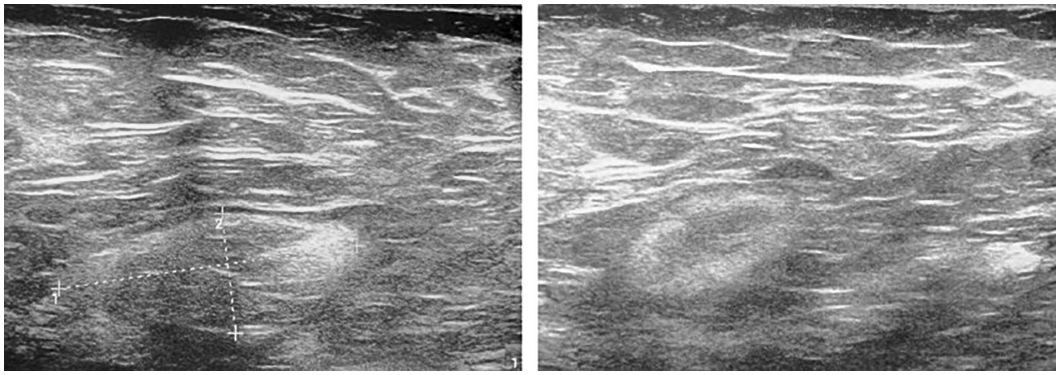


Рис. 5. Та же пациентка. Ультразвуковая картина подмышечного лимфоузла размерами до 29×12 мм с жировой дегенерацией

Fig. 5. The same patient. Ultrasound image of an axillary lymph node measuring up to 29×12 mm with fatty degeneration

Опухолевое замещение лимфоидной ткани приводит к увеличению и округлению формы лимфоузла, изменению соотношения поперечного и продольного диаметров. Определяется прогрессивное изменение архитектоники лимфатического узла с исчезновением изображения корковой и центральной его частей. Иногда визуализируются кальцинаты и уплотнение капсулы ЛУ (рис. 4, 5) [50]. Хотя современные методы диагностики позволяют более детально оценить состояние лимфатических узлов аксиллярной области, не стоит забывать важность такого скринингового метода исследования, как маммография.

КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ

Пациентка Л., 17 лет 7 мес., почувствовала боль и припухлость в области правой подмышечной впадины и локтевого сустава справа. Амбулаторно обратилась на **УЗИ мягких тканей правого плеча.** *Описание:* под слоем подкожно-жировой клетчатки в участке мышечной ткани с повышенной эхогенностью визуализируется локтевой лимфоузел, размером 4,7×1,3 см (рис. 6). Размер образования 1,2×1,0×1,5 см (рис. 7). Контуры четкие, неровные. Содержимое гипоэхогенное. Кровоток регистрируется. В правой подмышечной области, глубоко, определяется образование размером 2,9×1,2×2,6 см (рис. 8). Контуры четкие, неровные. Содержимое гипоэхогенное. Кровоток регистрируется в ткани узла. Ворота лимфоузла расширены, деформированы, смещены. **Заключение:** УЗ-картина измененных лимфоузлов. При УЗИ лимфоузлов шеи визуализируется незначительно увеличенный узел переднешейной группы до 1,5×0,7 см, правильной формы, с четкими контурами (неизмененный). Была рекомендована консультация гематолога.

При активном расспросе выяснилось, что пациентка учится в ветеринарном колледже на втором курсе, часто контактирует с животными, на руках периодически отмечает царапины. В ноябре 2024 года на дистальной фаланге второго пальца правой кисти возникла царапина, факта ее получения не помнит. Царапина зажила, оставив дефект в виде гиперкератоза. Местно применяла мазь Левомеколь, но без эффекта.

Позднее пациентка отметила повышение температуры тела до 38,4°, лихорадка купировалась самостоятельно. В связи с этим была госпитализирована в хирургическое отделение № 3 СПбГПМУ с **диагнозом:** болезнь кошачьих царапин, инфицированная ссадина ладонной поверхности дистальной фаланги второго пальца правой кисти, осложненная

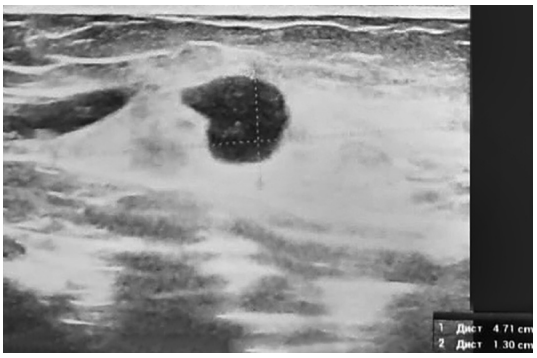


Рис. 6. Ультразвуковая картина локтевого лимфоузла размерами 4,7×1,3 см на фоне гиперэхогенной мышечной ткани

Fig. 6. Ultrasound image of an elbow lymph node measuring 4.7×1.3 cm against a background of hyperechoic muscle tissue

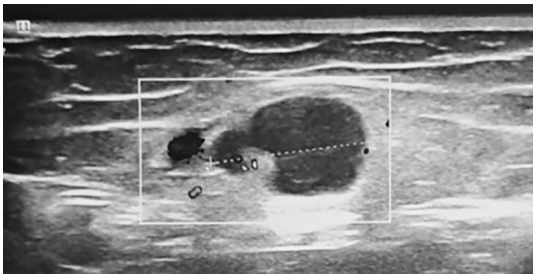


Рис. 7. Ультразвуковая картина образования в локтевой области размерами 1,2×1,0×1,5 см. Контуры четкие, неровные. Содержимое гипоэхогенное

Fig. 7. Ultrasonic picture of a 1.2×1.0×1.5 cm mass in the elbow region. The contours are clear and irregular. The content is hypoechoic

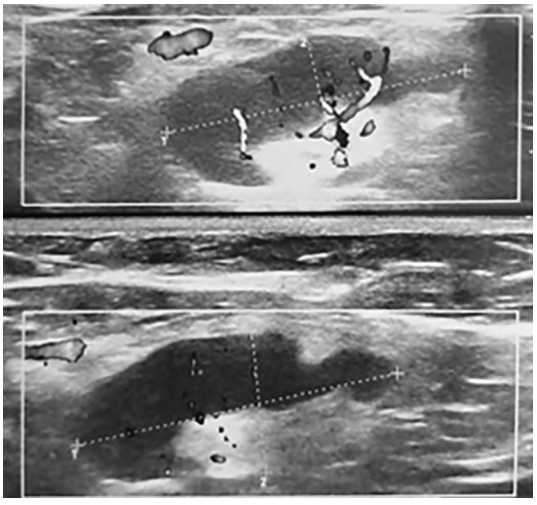


Рис. 8. Ультразвуковая картина лимфатического узла в подмышечной области размером 2,9×1,2×2,6 см, с четкими неровными контурами. Ворота узла расширены, деформированы и смещены

Fig. 8. Ultrasound picture of a lymph node in the axillary region measuring 2.9×1.2×2.6 cm, with clear irregular contours. The node's gate is enlarged, deformed, and displaced



Рис. 9. Ультразвуковая картина лимфоузла подмышечной области справа в динамике. Размер 15×8 мм (ранее 29×12×26 мм). Архитектоника узла сохранена, контуры четкие, ровные

Fig. 9. Ultrasound picture of the lymph node in the right axillary region in dynamics. The size is 15×8 mm (previously 29×12×26 mm). The architecture of the node is preserved, and the contours are clear and even

лимфангитом, аксиллярным и локтевым лимфаденитом в стадии инфильтрации справа.

При динамическом ультразвуковом исследовании лимфатических узлов локтевой и подмышечной групп:

Локтевой лимфатический узел правой верхней конечности с УЗ-признаками воспалительных изменений, увеличен до 15×11 мм, гиперваскулярный, без зон деструкции. Окружающие ткани с УЗ-признаками инфильтрации. Множественные подмышечные лимфатические узлы справа с УЗ-признаками воспалительных изменений — увеличены максимально до 34×19 мм, гиперваскулярные, без зон деструкции. Окружающие ткани с УЗ-признаками инфильтрации. В отделении получала антибиотикотерапию цефтриаксоном и местное лечение (перевязки) с положительной динамикой — уменьшение явлений лимфаденита и лимфангита, санация ссадины, наблюдаются остаточные явления лимфаденита. Через 5 дней выписана в удовлетворительном состоянии под наблюдение хирурга по месту жительства.

На контрольном УЗИ лимфатических узлов через 5 дней осмотрены мягкие ткани с медиальной стороны правого плеча (зона интереса — ранее увеличенный лимфоузел). Визуализируется лимфатический узел под слоем подкожно-жировой клетчатки в толще мышц, в динамике с уменьшением размеров — 15×8 мм, средостение выражено, явных жидкостных зон нет, с сохранением архитектоники (рис. 9). Контуры лимфатического узла четкие, ровные, сохранены на всем протяжении, форма овальная. Эхогенность понижена (норма). Деструктивных изменений паренхимы лимфоузлов не выявлено. При цветном допплеровском картировании интранодулярный сосудистый рисунок визуализируется достоверно.

Заключение: УЗ-картина лимфаденита без признаков деструкции (ранее филиноз), с положительной динамикой на фоне лечения относительно предыдущего исследования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выявление лимфаденопатии требует тщательной оценки локализации, характера изменений, динамики процесса и сопутствующих симптомов. Клинические проявления должны рассматриваться в комплексе с лабораторными и инструментальными методами исследования. Ключевым этапом верификации диагноза остается морфологическое исследование биопсийного материала.

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. 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. 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

1. Петренко В.М. Общая анатомия лимфатической системы. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2009;7:59–62.
2. Петренко В.М. Функциональная анатомия лимфатической системы: формирование современных представлений в России. *Национальная ассоциация ученых (НАУ)*. 2015;III (8):48–51.
3. Дворецкий Л.И. Дифференциальный диагноз при лимфаденопатиях. *Справочник практического врача*. 2005;3(2); 3–12.
4. Sahai S. Lymphadenopathy. *Pediatr Rev*. 2013;34(5):216–227. https://doi.org/10.1542/pir.34-5-216.
5. Dietrich C.F., Annema J.T., Clementsen P., Cui X.W., Borst M.M., Jenssen C. Ultrasound techniques in the evaluation of the mediastinum, part I: endoscopic ultrasound (EUS), endobronchial ultrasound (EBUS) and transcutaneous mediastinal ultrasound (TMUS), introduction into ultrasound techniques. *J Thorac Dis*. 2015;7(9):E311–325. https://doi.org/10.3978/j.issn.2072-1439.2015.09.40.
6. Трофимова Е.Ю. Ультразвуковое исследование лимфатических узлов. *SonoAce International*. 2008;(18):59–64.
7. Кузьмичев В.А., Мазурин В.С., Вишневская М.В., Шаповалов А.В., Прищепо М.И., Шабаров В.Л. Интраоперационная ультразвуковая диагностика новообразований средостения. *Альманах клинической медицины*. 2009;(21):37–41.
8. Choi Y.J., Lee J.H., Baek J.H. Ultrasound elastography for evaluation of cervical lymph nodes. *Ultrasonography*. 2015;34(3):157–164. https://doi.org/10.14366/usg.15007.
9. Ковалева Е.В., Данзанова Т.Ю., Синюкова Г.Т., Гудилина Е.А., Лепэдату П.И., Зейналова П.А. Возможности ультразвуковой эластографии в диагностике лимфопролиферативных изменений поверхностных лимфатических узлов. *Онкогематология*. 2022;17(1):95–103. https://doi.org/10.17650/1818-8346-2022-17-1-95-103.
10. Ковалева Е.В., Данзанова Т.Ю., Синюкова Г.Т., Лепэдату П.И., Гудилина Е.А., Колядина И.В., Зейналова П.А., Семенова А.А. Мультипараметрическая ультразвуковая диагностика измененных лимфатических узлов при первично-множественных злокачественных опухолях, включающих рак молочной железы и лимфому. *Злокачественные опухоли*. 2018;8(4):37–44. https://doi.org/10.18027/2224-5057-2018-8-4-37-44.
11. Тюрин И.Е., Евграфова С.Ю. Дифференциальная диагностика новообразований средостения. *Пульмонология и аллергология*. 2010;(4):16–22.
12. van Schaik C.J., Boer L.L., Draaisma J.M.T., van der Vleuten C.J.M., Janssen J.J., Fütterer J.J., Schultze Kool L.J., Klein W.M. The lymphatic system throughout history: From hieroglyphic translations to state of the art radiological techniques. *Clin Anat*. 2022;35(6):701–710. https://doi.org/10.1002/ca.23867.
13. Харченко В.П. Магнитно-резонансная томография в диагностике злокачественных лимфом грудной клетки. *Медицинская визуализация*. 2000;(2):29–33.
14. Arrivé L., Derhy S., El Mouhadi S., Monnier-Cholley L., Menu Y., Becker C. Noncontrast magnetic resonance lymphography. *J Reconstr Microsurg*. 2016;32(1):80–86. https://doi.org/10.1055/s-0035-1549133.
15. Yoshimatsu R., Yamagami T., Miura H., Matsumoto T. Prediction of therapeutic effectiveness according to CT findings after therapeutic lymphangiography for lymphatic leakage. *Jpn J Radiol*. 2013;31(12):797–802. https://doi.org/10.1007/s11604-013-0252-2.
16. Jenner Z.B., Li P., Kang L., Goldner B.W., Brown C.N., Raff G.W., Kaufman J. Pediatric intranodal CT lymphangiography with water-soluble contrast medium. *J Vasc Interv Radiol*. 2022;33(11):1440–1443. https://doi.org/10.1016/j.jvir.2022.08.012.
17. Momose M., Kawakami S., Koizumi T., Yoshida K., Kanda S., Kondo R., Kadoya M. Lymphoscintigraphy using technetium-99m HSA-DTPA with SPECT/CT in chylothorax after childbirth. *Radiat Med*. 2008;26(8):508–511. https://doi.org/10.1007/s11604-008-0265-4.
18. Kinuya S., Taki J., Nakajima K., Kinuya K., Haji K., Michigishi T., Tonami N. Inguinoscrotal lymphatic reflux detected by lymphoscintigraphy. *Ann Nucl Med*. 1996;10(3):351–352. https://doi.org/10.1007/BF03164745.
19. Bluemel C., Herrmann K., Giammarile F., Nieweg O.E., Dubreuil J., Testori A., Audisio R.A., Zoras O., Lassmann M., Chakera A.H., Uren R., Chondrogiannis S., Colletti P.M., Rubello D. EANM practice guidelines for lymphoscintigraphy and sentinel lymph node biopsy in melanoma. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2015;42(11):1750–1766. https://doi.org/10.1007/s00259-015-3135-1.
20. Fearn N.R., Dylke E.S., Bailey D., Kilbreath S.L. Lymphoscintigraphy as an outcome measurement for conservative upper limb lymphedema treatments: a systematic review. *Lymphat Res Biol*. 2022;20(3):248–259. https://doi.org/10.1089/lrb.2021.0050.
21. Dori Y. Novel lymphatic imaging techniques. *Tech Vasc Interv Radiol*. 2016;19(4):255–261. https://doi.org/10.1053/j.tvir.2016.10.002.
22. Hoogendam J.P., Veldhuis W.B., Hobbelink M.G., Verheijen R.H., van den Bosch M.A., Zweemer R.P. 99mTc SPECT/CT versus planar lymphoscintigraphy for preoperative sentinel lymph node detection in cervical cancer: a systematic review and metaanalysis. *J Nucl Med*. 2015;56(5):675–680. https://doi.org/10.2967/jnumed.114.152439.
23. Паша С.П., Терновой С.К. Радионуклидная диагностика. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2008: 204.
24. Mihara M., Hara H., Araki J., Kikuchi K., Narushima M., Yamamoto T., Iida T., Yoshimatsu H., Murai N., Mitsui K., Okitsu T., Koshima I. Indocyanine green (ICG) lymphography is superior to lymphoscintigraphy for diagnostic imaging of early lymphedema of the upper limbs. *PLoS*

One. 2012;7(6):e38182. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0038182.
25. Kajita H., Oh A., Urano M., Takemaru M., Imanishi N., Otaki M., Yagi T., Aiso S., Kishi K. Photoacoustic lymphangiography. *J Surg Oncol*. 2020;121(1):48–50. https://doi.org/10.1002/jso.25575.
26. Хофер М. Цветная дуплексная сонография: практическое руководство по цветной дуплексной сонографии и эхокардиографии. Перевод с англ. М.: Медицинская литература; 2007.
27. Ковалева Е.В., Данзанова Т.Ю., Синюкова Г.Т., Гудилина Е.А., Лепэдату П.И., Зейналова П.А. Возможности ультразвуковой эластографии в диагностике лимфопролиферативных поверхностных лимфатических узлов. *Онкогематология*. 2022;17(1):95–103. https://doi.org/10.17650/1818-8346-2022-17-1-95-103.
28. Савельева Н.А., Косова А.Л. Возможности мультипараметрической ультразвуковой диагностики с использованием компрессионной эластографии в выявлении метастатического поражения периферических лимфатических узлов. *Ультразвуковая и функциональная диагностика*. 2016;4:26–37.
29. Савельева Н.А. Ультразвуковая диагностика злокачественного поражения периферических лимфатических узлов. *Практическая медицина*. 2014;3(79):135–138.
30. Фисенко Е.П., Аллахвердиева Г.Ф., Данзанова Т.Ю. и др. Обоснование создания новой классификации оценки поверхностных лимфатических узлов US NODE-RADS (российская версия) по данным ультразвукового исследования: согласованное мнение экспертов Российской ассоциации специалистов ультразвуковой диагностики в медицине. *Хирургия и онкология*. 2024;14(3):13–16. https://doi.org/10.17650/2949-5857-2024-14-3-11-17.
31. Ховари Л.Ф., Шаназаров Н.А. Диагностика рака почки: современные тенденции. *Фундаментальные исследования*. 2011;(7):256–260.
32. Летягин А.Ю. Лимфоаденопатические изменения на магнитно-резонансных томограммах. *West Kazakhstan Medical Journal*. 2012;4(36):17–21.
33. Домбровский В.И. Опухоль Вильмса. Диагностические возможности магнитно-резонансной томографии. МРТ-патоморфологическое сопоставление. *Вестник рентгенологии и радиологии*. 2001;(6):29–43.
34. Platt J.F., Glazer G. M., Orringer M.B. et al. Radiologic evaluation of the subcarinal lymph nodes: a comparative study. *Am J Roentgenol*. 1988;151(2):279–282. https://doi.org/10.2214/ajr.151.2.279.
35. Stark D.D., Bradley W.G. Magnetic resonance imaging. 3-Volumes set, 3rd Edition. C.V. Mosby. St. Louis; 1999.
36. Murray A.D., Staff R. T., Redpath T. W. et al. Dynamic contrast anhanced MRI of the axilla in women with breast cancer: comparison with pathology of the excised nodes. *Br J Radiol*. 2002;75(891):220–228. https://doi.org/10.1259/bjr.75.891.750220.
37. Нуднов Н.В., Сергеенков Т.Г., Хорикова Е.Н., Кузьмина О.Г. Комплексная диагностика заболеваний молочной железы. *Медицинская визуализация*. 2000;(4):46–53.
38. Stets C., Brandt S., Wallis F. et al. Axillary lymph node metastases: A statistical analysis of various parameters in MRI with USPIO. *J Magn Reson Imaging*. 2002;16(1):60–68. https://doi.org/10.1002/jmri.10134.
39. Арзуманова Н.В. Магнитно-резонансная томография в диагностике опухолей молочных желез. *Вестник рентгенологии и радиологии*. 1999;(4):21–24.
40. Grubnic S., Vinniombe S.J., Norman A.R., Husband J.E. MR evaluation of normal retroperitoneal and pelvic. *Clin Radiol*. 2002;57(3):193–200. https://doi.org/10.1053/crad.2001.0893.
41. Willem M.L., Deserno L.G., Mukesh G. et al. Urinary bladder cancer: preoperative nodal stading with ferumoxtran-10-enhanced MR imaging. *Radiology.* 2002;16(1):60–68. https://doi.org/10.1148/radiol.2332031111.
42. Williams D., Cousing C., Soutter W. P. et al. Detection of pelvic lymph node metastases in gynecologic malignancy: a comparison of CT, MR imaging, and positron emission tomography. *Am J Roentgenol*. 2001;177(2):343–348. https://doi.org/10.2214/ajr.177.2.1770343.
43. Hann L.E., Winston C.B., Brown K.T., Akhurt T. Diagnostic imaging approaches and relationship to hepatobiliary cancer staging and therapy. *Seminars in Surgical Oncology*. 2000;19(2):94–115. https://doi.org/10.1002/1098-2388(200009)19:2<94::aid-ssu3>3.0.co;2-x.
44. Isozaki H., Okajima K., Nomura E. et al. Preoperative diagnosis and surgical treatment for lymph node metastasis in gastric cancer. *Gan To Kagaku Ryuho*. 1996;(10):1275–1283.
45. Hawnaur J.M., Reynolds K., Willson G. et al. Identification of inguinal lymph node metastases from vulval carcinoma by magnetic resonance imaging: an initial report. *Clin Radiol*. 2002;57(11):995–1000. https://doi.org/10.1053/crad.2002.1057.
46. Grey A.C., Carrington B.M., Hulse P.A. et al. Magnetic resonance appearance of normal inguinal nodes. *Clin Radiol*. 2000;55(2):124–130. https://doi.org/10.1053/crad.1999.0330.
47. Иванов А.Э., Амосов В.И. Методы исследования лимфооттока от органов грудной клетки и регионарных лимфатических узлов при лимфаденопатиях различных этиологий. *Регионарное кровообращение и микроциркуляция*. 2017;6(2):54–62. https://doi.org/10.24884/1682-6655-2017-16-2-54-62.
48. Гиллер Д.Б., Северова Л.П., Шилова М.В. и др. Диагностика и лечение туберкулеза внутригрудных лимфатических узлов. *Russian Electronic Journal of Radiology*. 2019;9(4):191–196. https://doi.org/10.21569/2222-7415-2019-9-4-191-196.
49. Соколина И.А. Различные проявления саркоидоза внутригрудных лимфоузлов и легких при компьютерной томографии высокого разрешения. *Практическая пульмонология*. 2016;(4):48–58.

50. Терновой С.К., Абдураимов А.Б. Лучевая маммология. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2007: 84–85.

REFERENCES

1. Petrenko V.M. General Anatomy of the Lymphatic System. *International Journal of Applied and Fundamental Research*. 2009;(7):59–62. (In Russian).
2. Petrenko V.M. functional anatomy of lymphatic system: development of the modern notions in Russia. *National Association of Scientist*. 2015;III (8):48–51. (In Russian).
3. Dvoretsky L.I. Differential diagnosis of lymphadenopathies. *Spravochnik prakticheskogo vracha*. 2005;3(2);3–12. (In Russian).
4. Sahai S. Lymphadenopathy. *Pediatr Rev*. 2013;34(5):216–227. https://doi.org/10.1542/pir.34-5-216.
5. Dietrich C.F., Annema J.T., Clementsen P., Cui X.W., Borst M.M., Jenssen C. Ultrasound techniques in the evaluation of the mediastinum, part I: endoscopic ultrasound (EUS), endobronchial ultrasound (EBUS) and transcutaneous mediastinal ultrasound (TMUS), introduction into ultrasound techniques. *J Thorac Dis*. 2015;7(9):E311–325. https://doi.org/10.3978/j.issn.2072-1439.2015.09.40.
6. Trofimova E.Yu. Ultrasonic examination of lymph nodes. *SonoAce International*. 2008;(18):59–64. (In Russian).
7. Kuzmichev V.A., Mazurin V.S., Vishnevskaya M.V., Shapovalov A.V., Prishepo M.I., Shabarov V.L. Intraoperative ultrasound diagnosis of mediastinal neoplasms. *Almanac of Clinical Medicine*. 2009;(21):37–41. (In Russian).
8. Choi Y.J., Lee J.H., Baek J.H. Ultrasound elastography for evaluation of cervical lymph nodes. *Ultrasonography*. 2015;34(3):157–164. https://doi.org/10.14366/usg.15007.
9. Kovaleva E.V., Danzanova T.Yu., Sinyukova G.T., Gudilina E.A., Lepedatu P.I., Zeynalova P.A. The possibilities of ultrasound elastography in diagnostics of lymphomatous changes of superficial lymph nodes. *Oncohematology*. 2022;17(1):95-103. (In Russian). https://doi.org/10.17650/1818-8346-2022-17-1-95-103.
10. Kovaleva E.V., Danzanova T.Yu., Sinyukova G.T., Lepedatu P.I., Gudilina E.A., Kolyadina I.V., Zeynalova P.A., Semenova A.A. Multiparametric ultrasound diagnosis of metastatic and lymphoproliferative changes in lymph nodes in primary-multiple malignant tumors, including breast cancer and lymphoma. *Malignant tumours*. 2018;8(4):37–44. (In Russian). https://doi.org/10.18027/2224-5057-2018-8-4-37-44.
11. Tyurin I.E., Evgrafova S.Yu. Differential diagnostics of mediastinal neoplasms. *Pulmonologiya i allergologiya*. 2010;(4):16–22. (In Russian).
12. van Schaik C.J., Boer L.L., Draaisma J.M.T., van der Vleuten C.J.M., Janssen J.J., Fütterer J.J., Schultze Kool L.J., Klein W.M. The lymphatic system throughout history: From hieroglyphic translations to state of the art radiological techniques. *Clin Anat*. 2022;35(6):701–710. https://doi.org/10.1002/ca.23867.
13. Kharchenko V.P. Magnetic resonance imaging in the diagnosis of malignant lymphomas of the chest. *Meditsinskaya vizualizatsiya*. 2000;(2):29–33. (In Russian).
14. Arrivé L., Derhy S., El Mouhadi S., Monnier-Cholley L., Menu Y., Becker C. Noncontrast magnetic resonance lymphography. *J Reconstr Microsurg*. 2016;32(1):80–86. https://doi.org/10.1055/s-0035-1549133.
15. Yoshimatsu R., Yamagami T., Miura H., Matsumoto T. Prediction of therapeutic effectiveness according to CT findings after therapeutic lymphangiography for lymphatic leakage. *Jpn J Radiol*. 2013;31(12):797–802. https://doi.org/10.1007/s11604-013-0252-2.
16. Jenner Z.B., Li P., Kang L., Goldner B.W., Brown C.N., Raff G.W., Kaufman J. Pediatric intranodal CT lymphangiography with water-soluble contrast medium. *J Vasc Interv Radiol*. 2022;33(11):1440–1443. https://doi.org/10.1016/j.jvir.2022.08.012.
17. Momose M., Kawakami S., Koizumi T., Yoshida K., Kanda S., Kondo R., Kadoya M. Lymphoscintigraphy using technetium-99m HSA-DTPA with SPECT/CT in chylothorax after childbirth. *Radiat Med*. 2008;26(8):508–511. https://doi.org/10.1007/s11604-008-0265-4.
18. Kinuya S., Taki J., Nakajima K., Kinuya K., Haji K., Michigishi T., Tonami N. Inguinoscrotal lymphatic reflux detected by lymphoscintigraphy. *Ann Nucl Med*. 1996;10(3):351–352. https://doi.org/10.1007/BF03164745.
19. Bluemel C., Herrmann K., Giammarile F., Nieweg O.E., Dubreuil J., Testori A., Audisio R.A., Zoras O., Lassmann M., Chakera A.H., Uren R., Chondrogiannis S., Colletti P.M., Rubello D. EANM practice guidelines for lymphoscintigraphy and sentinel lymph node biopsy in melanoma. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2015;42(11):1750–1766. https://doi.org/10.1007/s00259-015-3135-1.
20. Fearn N.R., Dylke E.S., Bailey D., Kilbreath S.L. Lymphoscintigraphy as an outcome measurement for conservative upper limb lymphedema treatments: a systematic review. *Lymphat Res Biol*. 2022;20(3):248–259. https://doi.org/10.1089/lrb.2021.0050.
21. Dori Y. Novel lymphatic imaging techniques. *Tech Vasc Interv Radiol*. 2016;19(4):255–261. https://doi.org/10.1053/j.tvir.2016.10.002.
22. Hoogendam J.P., Veldhuis W.B., Hobbelink M.G., Verheijen R.H., van den Bosch M.A., Zweemer R.P. 99mTc SPECT/CT versus planar lymphoscintigraphy for preoperative sentinel lymph node detection in cervical cancer: a systematic review and metaanalysis. *J Nucl Med*. 2015;56(5):675–680. https://doi.org/10.2967/jnumed.114.152439.
23. Pasha S.P. Radionuklidnaya diagnostika. Moscow: GEOTAR-Media; 2008: 204. (In Russian).
24. Mihara M., Hara H., Araki J., Kikuchi K., Narushima M., Yamamoto T., Iida T., Yoshimatsu H., Murai N., Mitsui K., Okitsu T., Koshima I. Indocyanine green (ICG) lymphography is superior to lymphoscintigraphy for diagnostic imaging of early lymphedema of the upper limbs. *PLoS*

One. 2012;7(6):e38182. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0038182.
25. Kajita H., Oh A., Urano M., Takemaru M., Imanishi N., Otaki M., Yagi T., Aiso S., Kishi K. Photoacoustic lymphangiography. *J Surg Oncol*. 2020;121(1):48–50. https://doi.org/10.1002/jso.25575.
26. Hofer M. Color duplex sonography: a practical guide to color duplex sonography and echocardiography. Moscow: Medical Literature; 2007. (In Russian).
27. Kovaleva E.V., Danzanova T.Yu., Sinyukova G.T., Gudilina E.A., Lepedatu P.I., Zeynalova P.A. The possibilities of ultrasound elastography in diagnostics of lymphomatous changes of superficial lymph nodes. *Oncohematology*. 2022;17(1):95–103. (In Russian). https://doi.org/10.17650/1818-8346-2022-17-1-95-103.
28. Savelyeva N.A., Kosova A.L. Value of multiparametric ultrasound with strain elastography in peripheral lymph nodes metastases diagnosis. *Ultrasound and Functional Diagnostics*. 2016;(4):26–37. (In Russian).
29. Savelyeva N.A. Ultrasound diagnosis of malignant lesion of peripheral lymph nodes. *Practical Medicine*. 2014;3(79):135–138. (In Russian).
30. Fisenko E.P., Allakhverdieva G.F., Danzanova T.Yu. et al. Rationale for creating a new classification for evaluation superficial lymph nodes US NODE-RADS (Russian version) based on ultrasound data: the consensus of experts of the Russian Association of Ultrasound Diagnostics in Medicine. *Surgery and Oncology*. 2024;14(3):13–16. (In Russian). https://doi.org/10.17650/2949-5857-2024-14-3-11-17.
31. Hovari L.F., Shanazarov N.A. Diagnostic of the renal cancer: modern methods (the literature review). *Fundamental Research*. 2011;(7):256–260. (In Russian).
32. Letyagin A.Yu. Lymphoadenopathic changes on magnetic resonance tomograms. *West Kazakhstan Medical Journal*. 2012;4(36):17–21. (In Russian).
33. Dombrovsky V.I. Wilms' tumor. Diagnostic capabilities of magnetic resonance imaging. MRI-pathomorphological correlation. *Journal of Radiology and Nuclear Medicine*. 2001;(6):29–43. (In Russian).
34. Platt J.F., Glazer G. M., Orringer M.B. et al. Radiologic evaluation of the subcarinal lymph nodes: a comparative study. *Am J Roentgenol*. 1988;151(2):279–282. https://doi.org/10.2214/ajr.151.2.279.
35. Stark D.D., Bradley W.G. Magnetic resonance imaging. 3-Volumes set, 3rd Edition. C.V. Mosby. St. Louis; 1999.
36. Murray A.D., Staff R. T., Redpath T. W. et al. Dynamic contrast anhanced MRI of the axilla in women with breast cancer: comparison with pathology of the excised nodes. *Br J Radiol*. 2002;75(891):220–228. https://doi.org/10.1259/bjr.75.891.750220.
37. Nudnov N.V., Sergeenkov T.G., Khorikova E.N., Kuzmina O.G. Comprehensive Diagnostics of Breast Diseases. *Meditsinskaya vizualizatsiya*. 2000;(4):46–53. (In Russian).
38. Stets C., Brandt S., Wallis F. et al. Axillary lymph node metastases: A statistical analysis of various parameters in MRI with USPIO. *J Magn Reson Imaging*. 2002;16(1):60–68. https://doi.org/10.1002/jmri.10134.
39. Arzumanova N.V. Magnetic resonance imaging in the diagnosis of breast tumors. *Journal of Radiology and Nuclear Medicine*. 1999;(4):21–24. (In Russian).
40. Grubnic S., Vinniombe S.J., Norman A.R., Husband J.E. MR evaluation of normal retroperitoneal and pelvic. *Clin Radiol*. 2002;57(3):193–200. https://doi.org/10.1053/crad.2001.0893.
41. Willem M.L., Deserno L.G., Mukesh G. et al. Urinary bladder cancer: preoperative nodal stading with ferumoxtran-10-enhanced MR imaging. *Radiology.* 2002;16(1):60–68. https://doi.org/10.1148/radiol.2332031111.
42. Williams D., Cousing C., Soutter W. P. et al. Detection of pelvic lymph node metastases in gynecologic malignancy: a comparison of CT, MR imaging, and positron emission tomography. *Am J Roentgenol*. 2001;177(2):343–348. https://doi.org/10.2214/ajr.177.2.1770343.
43. Hann L.E., Winston C.B., Brown K.T., Akhurt T. Diagnostic imaging approaches and relationship to hepatobiliary cancer staging and therapy. *Seminars in Surgical Oncology*. 2000;19(2):94–115. https://doi.org/10.1002/1098-2388(200009)19:2<94::aid-ssu3>3.0.co;2-x.
44. Isozaki H., Okajima K., Nomura E. et al. Preoperative diagnosis and surgical treatment for lymph node metastasis in gastric cancer. *Gan To Kagaku Ryuho*. 1996;(10):1275–1283.
45. Hawnaur J.M., Reynolds K., Willson G. et al. Identification of inguinal lymph node metastases from vulval carcinoma by magnetic resonance imaging: an initial report. *Clin Radiol*. 2002;57(11):995–1000. https://doi.org/10.1053/crad.2002.1057.
46. Grey A.C., Carrington B.M., Hulse P.A. et al. Magnetic resonance appearance of normal inguinal nodes. *Clin Radiol*. 2000;55(2):124–130. https://doi.org/10.1053/crad.1999.0330.
47. Ivanov A.E., Amosov V.I. Imaging of lymphatic drainage from the chest and regional lymph nodes in lymphadenopathies of various etiologies. *Regional blood circulation and microcirculation*. 2017;16(2):54–62. (In Russian). https://doi.org/10.24884/1682-6655-2017-16-2-54-62.
48. Giller D.B., Severova L.P., Shilova M.V., Ratobyl'skij G.V., Imagozhev YA.G., Ausheva B.H., Martel I.I., Shekhter A.I. Diagnostics and treatment of tuberculosis intrathoracic lymph nodes. *Russian Electronic Journal of Radiology*. 2019;9(4):191–196. (In Russian). https://doi.org/10.21569/2222-7415-2019-9-4-191-196.
49. Sokolina I.A. Various manifestations of sarcoidosis of intrathoracic lymph nodes and lungs on high-resolution computed tomography. *Practical Pulmonology*. 2016;(4):48–58. (In Russian).
50. Ternovoy S.K., Abduraimov A.B. Radiation Mammology. Moscow: GEOTAR-Media; 2007: 84–85. (In Russian).

УДК 616.712-007.24-053.2+616-073.756.8
https://doi.org/10.56871/ViM.2025.79.72.002

Лучевая диагностика воронкообразной деформации грудной клетки у детей

Арина Александровна Дерягина, Дамир Асиятович Малеков,
Каринэ Константиновна Панунцева, Наталья Викторовна Марченко,
Александр Владимирович Поздняков, Ольга Федоровна Позднякова,
Кирилл Петрович Дроботов, Майя Михайловна Гребенюк

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

Контактная информация: Арина Александровна Дерягина — ординатор кафедры медицинской биофизики и физики. E-mail: arinaderyagina@bk.ru; https://orcid.org/0009-0006-6239-7084

Для цитирования: Дерягина А.А., Малеков Д.А., Панунцева К.К., Марченко Н.В., Поздняков А.В., Позднякова О.Ф., Дроботов К.П., Гребенюк М.М. Лучевая диагностика воронкообразной деформации грудной клетки у детей. *Визуализация в медицине***.** 2025;7(3):20–26. https://doi.org/10.56871/ViM.2025.79.72.002.

Поступила: 20.08.2025 **Одобрена: 13.10.2025** **Принята к печати: 18.11.2025**

Резюме. Первое место по распространенности среди врожденных аномалий передней грудной стенки занимает воронкообразная деформация грудной клетки, которая представляет собой не только эстетическую, но и медико-социальную проблему, требующую мультидисциплинарного подхода. При выраженных формах деформация может привести к респираторным, кардиальным нарушениям, изменениям со стороны работы желудочно-кишечного тракта, а также формированию вторичных осложнений, таких как нарушения осанки по типу кифоза или сколиоза, и серьезным психологическим проблемам, связанным с качеством жизни. Роль лучевой диагностики в этом случае ключевая и незаменима на всех этапах — от первичной оценки до послеоперационного контроля, так как именно комплекс методов, включающий рентгенографию, компьютерную томографию и магнитно-резонансную томографию, позволяет не только визуализировать дефект, но и количественно определить его выраженность с помощью расчета индекса Халлера, индекса коррекции и угла наклона грудины, объективно оценить степень компрессионного воздействия на органы средостения, сердце, магистральные сосуды и легочную паренхиму, обнаружить сопутствующую патологию, точно составить индивидуальный план предстоящей хирургической коррекции, выбрать оптимальный размер и модель имплантата, а в дальнейшем осуществить полноценный послеоперационный мониторинг для оценки правильности положения установленной пластины, консолидации костных структур, устранения компрессии внутренних органов и раннего выявления возможных осложнений, таких как миграция конструкции или рецидив деформации.

Ключевые слова: воронкообразная деформация грудной клетки, рентгенография, мультиспиральная компьютерная томография

© Коллектив авторов, 2025

https://doi.org/10.56871/ViM.2025.79.72.002

Radiation diagnostics of funnel-shaped deformation of the chest in children

Arina A. Deryagina, Damir A. Malekov, Karine K. Panuntseva,
Natalya V. Marchenko, Alexander V. Pozdnyakov, Olga F. Pozdnyakova,
Kirill P. Drobotov, Maya M. Grebenyuk

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

Contact information: Arina A. Deryagina — Resident of the Department of Medical Biophysics and Physics.
E-mail: arinaderyagina@bk.ru; https://orcid.org/0009-0006-6239-7084

For citation: Deryagina A.A., Malekov D.A., Panuntseva K.K., Marchenko N.V., Pozdnyakov A.V., Pozdnyakova O.F., Drobotov K.P., Grebenyuk M.M. Radiation diagnostics of funnel-shaped deformation of the chest in children. *Visualization in Medicine*. 2025;7(3):20–26. https://doi.org/10.56871/ViM.2025.79.72.002.

Received: 20.08.2025 **Revised: 13.10.2025** **Accepted: 18.11.2025**

Abstract. The most common congenital anomaly of the anterior chest wall is a funnel-shaped chest deformity. A funnel-shaped chest deformity is not only an aesthetic problem, but also a medical and social problem that requires an interdisciplinary approach. In severe cases, the deformity can lead to respiratory and heart problems, gastrointestinal issues, and secondary complications such as kyphosis or scoliosis, as well as serious psychological problems related to quality of life. The role of radiation diagnostics in this case is key and indispensable at all stages — from initial examination to postoperative control, as it is a complex of methods, including radiography, computed tomography and magnetic resonance imaging, which allow not only to visualize the defect, but also to quantify its severity by calculating the Haller index,the index of correction and angle of inclination of the sternum allows you to objectively assess the degree of compression effect on the mediastinal organs, heart, main vessels and pulmonary parenchyma, identify concomitant pathology, accurately draw up an individual plan for the upcoming surgical correction, choose the optimal size and simulate the implant, and then conduct full-fledged postoperative monitoring to assess the correct position of the installed plate, bone consolidation, elimination of compression of internal organs and early detection of possible complications such as structural migration

Keywords: funnel-shaped chest deformity, radiography, multispiral computed tomography

© 2025 by the autors

ВВЕДЕНИЕ

Воронкообразная деформация грудной клетки (ВДГК) — это структурная аномалия развития, характеризующаяся разнообразными по форме и глубине искривлениями грудины и передних отделов ребер. Данная патология приводит к существенному уменьшению объема грудной полости, что вызывает компрессию и смещение органов средостения. Эти анатомические нарушения лежат в основе функциональных расстройств сердечно-сосудистой и дыхательной систем, а также формируют выраженный косметический дефект, что в совокупности определяет клиническую значимость. В данной статье рассматриваются традиционные и современные лучевые методики, их диагностические возможности, преимущества и недостатки, выбор оптимальных диагностических стратегий, обеспечивающих баланс между максимальной информативностью и минимальной лучевой нагрузкой для детей.

КЛИНИЧЕСКАЯ КАРТИНА ВОРОНКООБРАЗНОЙ ДЕФОРМАЦИИ ГРУДНОЙ КЛЕТКИ

Воронкообразная деформация грудной клетки проявляется не только внешними, но и функциональными нарушениями со стороны сердечно-сосудистой, дыхательной систем и опорно-двигательного аппарата. Среди всех врожденных деформаций грудной стенки воронкообразная деформация грудной клетки занимает лидирующую позицию, составляя порядка 90%. Частота ее встречаемости варьирует от 1 на 400 до 1 на 800 новорожденных. Для данной патологии статистика указывает на значительное преобладание пациентов мужского пола над женским с соотношением 3:1 [1]. В популяции выявляется у 0,8% населения, но зачастую легкие формы ВДГК остаются недиагностированными [2]. Пациенты с ВДГК, как правило, стройные и высокие, с выступающими вперед плечами и животом. Зачастую в сочетании с деформацией наблюдается выпуклость ребер (рис. 1, 2).

Асимметрия грудной клетки часто сопровождается ротацией грудины, разной глубиной правой и левой половин. Из-за вдавления грудины расстояние между позвонками и грудиной уменьшается [3]. В тяжелых случаях наблюдается смещение сердца влево и отпечаток грудины в правом желудочке и предсердии. В первую очередь это приводит к диастолической дисфункции и связанной с ней непереносимостью физических нагрузок. Сообщается также о дисфункции клапанов, такой как пролапс митрального клапана [4, 5]. Отмечается снижение ударного объема при тяжелых формах ВДГК из-за компрессии правого желудочка.

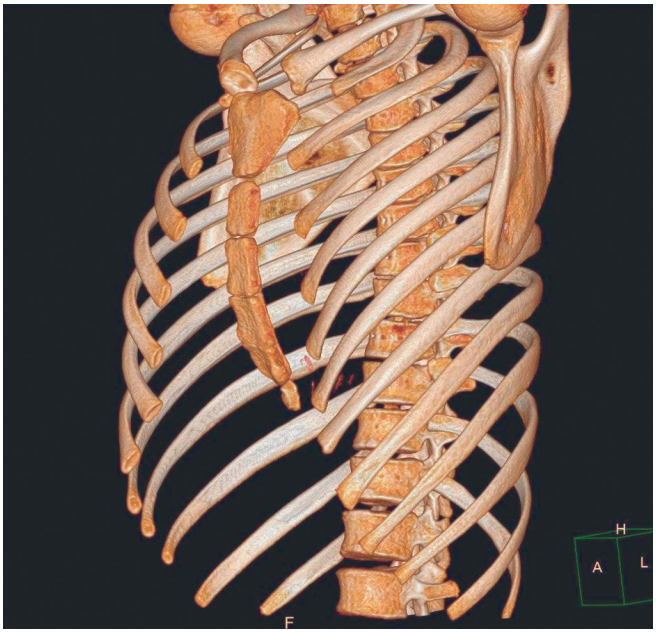


Рис. 1. 3D-реконструкция компьютерной томографии воронкообразной деформации грудной клетки с тканевым фильтром «Bone» (Малеков Д.А., 2024)

Fig. 1. 3D-reconstruction of CT scans of the upper respiratory tract with a tissue filter “Bone” (Malekov D.A., 2024)



Рис. 2. 3D-реконструкция компьютерной томографии воронкообразной деформации грудной клетки с тканевым фильтром «Skin» (Малеков Д.А., 2024)

Fig. 2. 3D-reconstruction of CT scans of the upper respiratory tract with a tissue filter “Skin” (Malekov D.A., 2024)

У подростков в период активного роста особенно заметна гипоплазия мышц грудной стенки. Из-за косметического дефекта наблюдается тревожность, депрессия, которая в большей степени характерна для подростков. Другие симптомы, например боль в груди и одышка, которые могут быть результатом анатомических изменений, трудно поддаются объективизации [1]. Для пациентов с ВДКГ типично бессимптомное течение в состоянии покоя, клинические проявления возникают при физической нагрузке.

РЕНТГЕНОГРАФИЯ ОРГАНОВ ГРУДНОЙ КЛЕТКИ

Первичным скрининговым методом диагностики воронкообразной деформации грудной клетки является рентгенография органов грудной клетки.

Несмотря на появление более современных методов визуализации, рентгенография сохраняет свою актуальность благодаря:

- доступности и повсеместной распространенности;
- минимальной лучевой нагрузке (0,01–0,05 мЗв за исследование);
- возможности быстрого выполнения без специальной подготовки пациента.

Стандартный протокол включает выполнение снимков в двух проекциях: прямой и боковой.

Прямая проекция позволяет оценить смещение сердца влево, увеличение кардиоторакального индекса, усиление легочного рисунка в медиальных отделах, асимметрию реберных дуг, признаки сколиоза грудного отдела позвоночника. Боковая проекция наиболее информативна, обеспечивает оптимальные условия для оценки степени западения грудины и изменения грудино-позвоночного расстояния, что имеет ключевое значение для определения выраженности деформации. Для объективной оценки тяжести ВДГК используется индекс Гижицкой, определяемый по рентгенограмме, выполненной в боковой проекции (рис. 3).

Методика расчета основана на определении соотношения между фактическим (наименьшим) и должным (наибольшим) расстояниями от задней поверхности грудины до передней поверхности тел позвонков (рис. 4). Выделяют три степени деформации: I (индекс до 0,7); II (0,7–0,5); III (менее 0,5).

Рентгенография позволяет выявить косвенные признаки влияния ВДГК на органы грудной полости: компрессия правых отделов сердца, снижение воздушности нижних долей легких, изменение положения средостения [6].

Ограничения метода: недостаточная точность для планирования операции, невозможность 3D-оценки деформации и расчета угла ротации грудины, ограниченная оценка компрессии органов, низкая информативность при легких формах ВДГК.

МУЛЬТИСПИРАЛЬНАЯ КОМПЬЮТЕРНАЯ ТОМОГРАФИЯ В ОЦЕНКЕ ВОРОНКООБРАЗНОЙ ДЕФОРМАЦИИ ГРУДНОЙ КЛЕТКИ

Компьютерная томография признана «золотым стандартом» в комплексной оценке воронкообразной деформации грудной клетки, поскольку она обеспечивает визуализацию костно-хрящевых

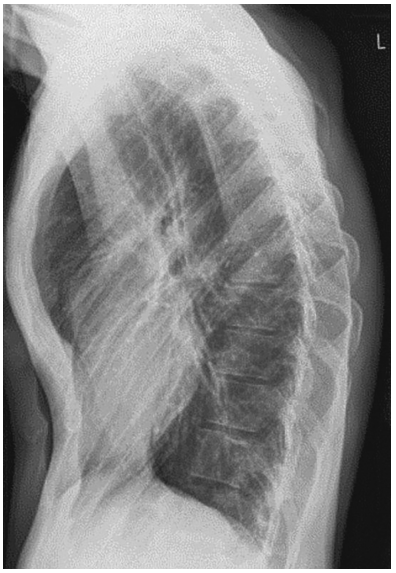


Рис. 3. Рентгенограмма органов грудной клетки в боковой проекции (Источник: https://radiomed.ru/en/comment/971)

Fig. 3. Chest X-ray in lateral projection (Source: https://radiomed.ru/en/comment/971)

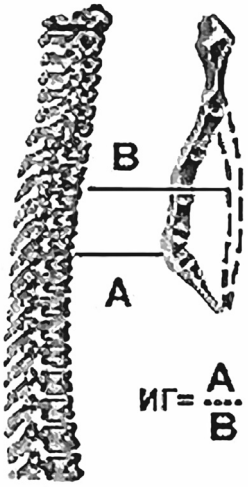


Рис. 4. Схема измерения индекса Гижицкой (Источник: https://radiomed.ru/en/comment/971)

Fig. 4. The Gizhitskaya index measurement scheme (Source: https://radiomed.ru/en/comment/971)

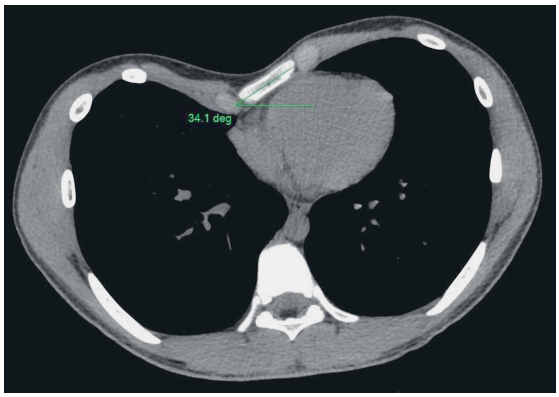


Рис. 5. Аксиальный срез компьютерной томографии с мягкотканным фильтром. Представлена ротация грудины 34° (Малеков Д.А., 2024)

Fig. 5. Axial slice of a computed tomography scan with a soft-tissue filter. The sternum is rotated 34° (Malekov D.A., 2024)

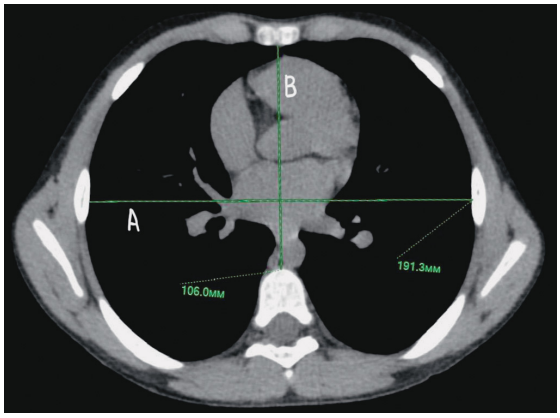


Рис. 6. Аксиальный срез компьютерной томографии с мягкотканным фильтром. Представлены поперечные (A) и переднезадние (B) измерения, индекс A/B=1,8 (индекс Халлера)

Fig. 6. Axial slice of a computed tomography scan with a soft-tissue filter.The transverse (A) and front-to-back (B) measurements are presented, with an A/B index of 1.8 (Haller index)

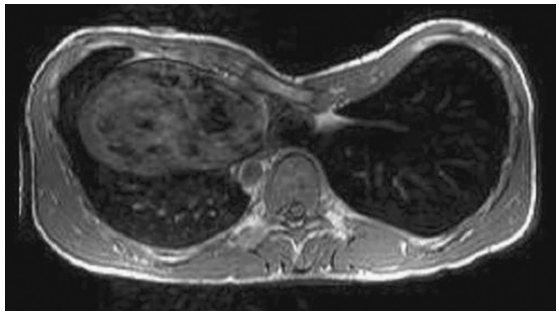


Рис. 7. Магнитно-резонансная томография органов грудной клетки в аксиальной проекции на уровне максимальной деформации (Малеков Д.А., 2024)

Fig. 7. Magnetic resonance imaging of the chest in the axial projection at the level of maximum deformation (Malekov D.A., 2024)

структур и органов средостения. Метод является ключевым в предоперационном планировании и объективной оценке показаний к хирургическому лечению [7].

Главные диагностические возможности — это количественная оценка деформации, включающая измерение индекса Халлера и угла ротации грудины; оценка органов средостения (степени компрессии правого желудочка, смещения сердца и магистральных сосудов, деформации камер сердца, сдавления трахеи и главных бронхов) (рис. 5, 6). Доза облучения при стандартной компьютерной томографии составляет 4–8 мЗв, при низкодозной — 0,5–0,8 мЗв. Низкодозный протокол является предпочтительным для педиатрической практики [8]. Стандартный протокол может применяться при необходимости оценки сопутствующей патологии. Современные низкодозные протоколы МСКТ позволяют существенно снизить радиационную нагрузку при сохранении достаточной диагностической информативности для оценки ВДГК, т.е. сохраняется возможность точного расчета индекса Халлера и 3D-планирования. При использовании МСКТ можно создать 3D-реконструкцию — объемную модель деформации, которая необходима для планирования хирургического лечения (особенно важна для метода Nuss — определение точек введения пластины, выбор длины и формы корректора, моделирование траектории проведения пластины). Врачи могут разрабатывать хирургические стратегии на основе трехмерной реконструкции грудной стенки, основанной на МСКТ [9].

Несмотря на высокую диагностическую эффективность применения метода компьютерной томографии при ВДГК, имеются некоторые ограничения: ионизирующее излучение (даже при использовании низкодозных протоколов), оценка динамики дыхания, высокая стоимость по сравнению с рентгенографией.

МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНАЯ ТОМОГРАФИЯ

Магнитно-резонансная томография (МРТ) является перспективным методом оценки ВДГК, альтернативой КТ без лучевой нагрузки, но имеет множество недостатков, таких как:

- ограниченное пространственное разрешение при оценке костных структур (меньшая эффективность в визуализации тонких костных структур по сравнению с МСКТ);
- чувствительность к артефактам движения и дыхания (из-за этого меньшая точность измерения индекса Халлера);

- необходимость седации у детей младшего возраста;
- длительность процедуры, требующая неподвижности пациента;
- ограниченная доступность и стоимость исследования по сравнению с МСКТ;
- ограниченные возможности при наличии металлических имплантов.

Несмотря на перечисленные недостатки, МРТ сохраняет важное значение как метод выбора при необходимости многократных исследований и комплексной оценки кардиопульмональной функции у пациентов с ВДГК (рис. 7).

АЛГОРИТМ ЛУЧЕВОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ ПАЦИЕНТОВ С ВОРОНКООБРАЗНОЙ ДЕФОРМАЦИЕЙ ГРУДНОЙ КЛЕТКИ

Первичное обследование включает рентгенографию органов грудной клетки. При подозрении на значительную деформацию необходима консультация торакального хирурга. Предоперационное обследование (низкодозная компьютерная томография с 3D-реконструкцией, при наличии определенных показаний проводят МРТ). Ранний послеоперационный контроль (рентгенография органов грудной клетки для контроля положения пластины; исключения осложнений — пневмоторакс, гематома). Отдаленный период — динамическое наблюдение, контроль перед удалением пластины, диагностика рецидивов. При осложнениях проводится МСКТ с контрастным усилением.

При показателях индекса Халлера выше 3,2–3,5, индекса Гижицкой от 0,7 и меньше, а также при угле ротации грудины более 15° показано оперативное лечение (табл. 1) [3, 10, 11].

Таблица 1

Степени деформации воронкообразной грудной клетки, оцениваемые по рентгенограмме в боковой проекции и аксиальному срезу компьютерной томографии

Table 1

The degree of funnel-shaped chest deformity was assessed using a lateral radiograph and an axial slice of computed tomography

Степень деформации грудной клетки / Degree of chest deformity	Индекс Гижицкой	Индекс Халлера	Угол ротации грудины
Физиологическая норма / Physiological norm	0,9–0,7	<2,5	0,5°
I степень / degree	До 0,7 / Up to 0.7	2,5–3,2	5–15°
II степень / degree	От 0,7 до 0,5 / From 0.7 to 0.5	3,2–3,5	15–30°
III степень / degree	Менее 0,5 / Less than 0.5	>3,5	>30°

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Лучевая диагностика является неотъемлемым компонентом комплексного обследования детей с воронкообразной деформацией грудной клетки. Стратифицированный подход к выбору метода визуализации позволяет оптимизировать диагностический процесс. Низкодозная МСКТ является «золотым стандартом» предоперационного обследования. Компьютерная томография позволяет точно измерить соотношение поперечного и переднезаднего размера грудной клетки, то есть оценить степень деформации грудной клетки. Рентгенологическое исследование дает лишь приблизительные данные из-за проекционных искажений, предоставляет лишь 2D-изображения, не показывает степень сдавления анатомических структур. Интерпретация рентгенологических снимков может быть субъективной, следовательно, рентгенография зачастую оказывается недостаточной для диагностики воронкообразной деформации грудной клетки. МРТ представляет собой перспективную альтернативу для комплексной анатомо-функциональной оценки. Современные тенденции направлены на развитие нелучевых методов диагностики и совершенствование протоколов низкодозной компьютерной томографии, что особенно актуально в педиатрической практике.

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

ЛИТЕРАТУРА

1. 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(1):44–57. https://doi.org/10.1053/j.semtcvs.2009.03.001.
2. Westphal F.L., Lima L.C., Lima Neto J.C. et al. Prevalence of pertussis carinatum and pertussis excavatum in students in the city of Manaus. *Brazil. J Bras Pneumol.* 2009;35(3):221–226. https://doi.org/10.1590/s1806-37132009000300005.
3. Kelly RE Jr. Pectus excavatum: historical background, clinical picture, preoperative evaluation and criteria for operation. *Semin Pediatr Surg*. 2008;17(3):181–193. https://doi.org/10.1053/j.sempedsurg.2008.03.002.
4. Coln E., Carrasco J., Coln D. Demonstrating relief of cardiac compression with the Nuss minimally invasive repair for pectus excavatum. *J Pediatr Surg*. 2006;41(4):683–686; discussion 683-6. https://doi.org/10.1053/10.1016/j.jpedsurg.2005.12.009.
5. Crossland D.S., Auldist A.W., Davis A.M. Malignant pectus excavatum. *Heart*. 2006;92(10):1511. https://doi.org/10.1136/hrt.2005.087098.
6. Sang-Hyun S., Ung-Kyu C. Clinical significance of radiological stability in reconstructed thoracic and lumbar spine following body resection. *J Korean Neurosurg Soc*. 2014;56(4):323–329. https://doi.org/10.3340/jkns.2014.56.4.323.
7. Scalise P.N., Demehri F.R. The management of pectus excavatum in pediatric patients: a narrative review. *Transl Pediatr*. 2023;12(2):208–220. https://doi.org/10.21037/tp-22-361.
8. МР 2.6.1.0066-12. 2.6.1. Ионизирующее излучение, радиационная безопасность. Применение референтных диагностических уровней для оптимизации радиационной защиты пациента в рентгенологических исследованиях общего назначения: Методические рекомендации (утв. Роспотребнадзором 23.07.2012). М.; 2012.
9. Calloway E.H., Chhotani A.N., Lee Y.Z. et al. Three-dimensional computed tomography for evaluation and management of children with complex chest wall anomalies: useful information or just pretty pictures? *J Pediatr Surg*. 2011;46(4):640–647. https://doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2010.10.013.
10. Robbins L.P. Pectus excavatum. *Radiology case reports*. 2015;6(1):460. https://doi.org/10.2484/rcr.v6i1.460.
11. Cartoski M., Nuss D., Goretsky M. et al. Classification of the Dysmorphology of Pectus Excavatum. *J Pediatr Surg*. 2006;41(9):1573–1581. https://doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2006.05.055.

REFERENCES

1. 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(1):44–57. https://doi.org/10.1053/j.semtcvs.2009.03.001.
2. Westphal F.L., Lima L.C., Lima Neto J.C. et al. Prevalence of pertussis carinatum and pertussis excavatum in students in the city of Manaus. *Brazil. J Bras Pneumol.* 2009;35(3):221–226. https://doi.org/10.1590/s1806-37132009000300005.
3. Kelly RE Jr. Pectus excavatum: historical background, clinical picture, preoperative evaluation and criteria for operation. *Semin Pediatr Surg*. 2008;17(3):181–193. https://doi.org/10.1053/j.sempedsurg.2008.03.002.
4. Coln E., Carrasco J., Coln D. Demonstrating relief of cardiac compression with the Nuss minimally invasive repair for pectus excavatum. *J Pediatr Surg*. 2006;41(4):683–686; discussion 683-6. https://doi.org/10.1053/10.1016/j.jpedsurg.2005.12.009.
5. Crossland D.S., Auldist A.W., Davis A.M. Malignant pectus excavatum. *Heart*. 2006;92(10):1511. https://doi.org/10.1136/hrt.2005.087098.
6. Sang-Hyun S., Ung-Kyu C. Clinical significance of radiological stability in reconstructed thoracic and lumbar spine following body resection. *J Korean Neurosurg Soc*. 2014;56(4):323–329. https://doi.org/10.3340/jkns.2014.56.4.323.
7. Scalise P.N., Demehri F.R. The management of pectus excavatum in pediatric patients: a narrative review. *Transl Pediatr*. 2023;12(2):208–220. https://doi.org/10.21037/tp-22-361.
8. MR 2.6.1.0066-12. 2.6.1. Ioniziruyushcheye izlucheniye, radiatsionnaya bezopasnost. Primeneniye referentnykh diagnosticheskikh urovney dlya optimizatsii radiatsionnoy zashchity patsiyenta v rentgenologicheskikh issledovaniyakh obshchego naznacheniya: Metodicheskiye rekomendatsii (utv. Rospotrebnadzorom 23.07.2012). Moscow; 2012.
9. Calloway E.H., Chhotani A.N., Lee Y.Z. et al. Three-dimensional computed tomography for evaluation and management of children with complex chest wall anomalies: useful information or just pretty pictures? *J Pediatr Surg*. 2011;46(4):640–647. https://doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2010.10.013.
10. Robbins L.P. Pectus excavatum. *Radiology case reports*. 2015;6(1):460. https://doi.org/10.2484/rcr.v6i1.460.
11. Cartoski M., Nuss D., Goretsky M. et al. Classification of the Dysmorphology of Pectus Excavatum. *J Pediatr Surg*. 2006;41(9):1573–1581. https://doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2006.05.055.

УДК 616-006.2+615.84+616-073.75+616-007
https://doi.org/10.56871/ViM.2025.69.57.003

Трудности дифференциальной диагностики кист хиазмально-селлярной области

Дарья Дмитриевна Лопарева[1], Сабина Парвизовна Нарзиева[1], Роман Анатольевич Постаногов[1, 2], Наталья Викторовна Марченко[1], Дамир Асиятович Малеков[1], Эмилия Наумовна Столова[1] Игорь Петрович Арешев[1], Мария Викторовна Одинцова[1,]

[1] Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет, 194100, г. Санкт-Петербург, ул. Литовская, д. 2, Российская Федерация
[2] Городская больница Святой преподобномученицы Елизаветы, 195427, г. Санкт-Петербург, ул. Вавиловых, д. 14, Российская Федерация

Контактная информация: Дарья Дмитриевна Лопарева — студентка 6-го курса педиатрического факультета.
E-mail: loparevadasha@gmail.com; https://orcid.org/0009-0007-2089-7002; SPIN: 5134-4364

Для цитирования: Лопарева Д.Д., Нарзиева С.П., Постаногов Р.А., Марченко Н.В., Малеков Д.А., Столова Э.Н., Арешев И.П., Одинцова М.В. Трудности дифференциальной диагностики кист хиазмально-селлярной области. *Визуализация в медицине.* 2025;7(3):27–34. https://doi.org/10.56871/ViM.2025.69.57.003.

Поступила: 22.09.2025 **Одобрена: 28.10.2025** **Принята к печати: 18.11.2025**

Резюме. ***Введение.*** В настоящее время диагностика кист хиазмально-селлярной области (ХСО) продолжает вызывать трудности у врачей разных специальностей. Это связано, как правило, со стертой клинической картиной, обусловленной нормальным гормональным фоном, слабо выраженной и неспецифической неврологической симптоматикой. Основным методом визуализации патологий ХСО является магнитно-резонансная томография (МРТ) с динамическим контрастным усилением (КУ), обеспечивающая высокое пространственное разрешение и превосходную тканевую контрастность. Однако затруднения в дифференциальной диагностике и диагностические ошибки в определении характера кистозных образований ХСО продолжают возникать. ***Цель исследования*** — анализ и систематизация дифференциально-диагностических критериев кистозных образований ХСО по данным МРТ на основании литературных данных и собственных наблюдений. ***Материалы и методы.*** Поиск литературных источников проводился по научным базам PubMed/MEDLINE, Web of Science, КиберЛенинка и eLIBRARY по ключевым словам и их сочетаниям: «хиазмально-селлярная область», «кисты», «киста кармана Ратке», «магнитно-резонансная томография». Также в исследовании использованы клинические случаи, полученные на базе Санкт-Петербургского государственного педиатрического медицинского университета. ***Результаты и обсуждение.*** Отобраны 12 релевантных литературных источников. Подготовлен литературный обзор, в котором представлены лучевая семиотика различных кистозных образований ХСО и их дифференциально-диагностические критерии по данным МРТ. Проанализированы клинические случаи. Для кист кармана Ратке (ККР) характерно расположение между передней и задней долей гипофиза, наличие гипо- или изоинтенсивного сигнала на Т1-взвешенном изображении (ВИ) и гиперинтенсивного на Т2-ВИ. При динамическом введении контрастного вещества (КВ) характерно отсутствие его накопления. Для эпидермоидных кист (ЭК) характерен гетерогенный гипо- или изоинтенсивный сигнал на Т1-ВИ и Т2-ВИ и периферическое КУ. Дермоидные кисты (ДК) имеют гиперинтенсивный сигнал на Т1-ВИ, гипо- или изоинтенсивный сигнал на Т2-ВИ, отсутствие или минимальное накопление КВ. Сигнальные характеристики арахноидальных кист (АК) по данным МРТ соответствуют паттерну ликвора. Они не накапливают КВ при динамическом КУ. На основании проведенного анализа нами выдвинут ряд дифференциально-диагностических критериев кист ХСО, которые могут быть полезны специалистам лучевой диагностики при оценке данной анатомической зоны, эндокринологам и нейрохирургам при планировании тактики оперативного вмешательства. ***Выводы.*** На основании проведенного анализа нами выдвинут ряд дифференциально-диагностических критериев кист ХСО, которые могут быть полезны специалистам лучевой диагностики при оценке данной анатомической зоны, эндокринологам и нейрохирургам при планировании тактики оперативного вмешательства.

Ключевые слова: хиазмально-селлярная область, кисты, киста кармана Ратке, магнитно-резонансная томография

© Коллектив авторов, 2025

https://doi.org/10.56871/ViM.2025.69.57.003

Difficulties in the differential diagnosis of chiasmal-cellular cysts

Daria D. Lopareva[1], Sabina P. Narzieva[1], Roman A. Postanogov[1, 2], Natalia V. Marchenko[1], Damir A. Malekov[1], Emiliya N. Stolova[1], Igor P. Areshev[1], Maria V. Odintsova[1]

[1] Saint Petersburg State Pediatric Medical University, 2 Lithuania, Saint Petersburg, 194100, Russian Federation
[2] City Hospital of the Holy Martyr Elizabeth, 14 Vavilovykh str., Saint Petersburg, 195427, Russian Federation

Contact information: Daria D. Lopareva — a student 6th year student of the pediatric faculty. E-mail: loparevadasha@gmail.com; https://orcid.org/0009-0007-2089-7002; SPIN: 5134-4364

For citation: Lopareva D.D., Narzieva S.P., Postanogov R.A., Marchenko N.V., Malekov D.A., Stolova E.N., Areshev I.P., Odintsova M.V. Difficulties in the differential diagnosis of chiasmal-cellular cysts. *Visualization in Medicine*. 2025;7(3):27–34. https://doi.org/10.56871/ViM.2025.69.57.003.

Received: 22.09.2025 **Revised: 28.10.2025** **Accepted: 18.11.2025**

Abstract. ***Introduction.*** To date, the diagnosis of chiasmatic-sellar region (CSR) cysts continues to pose challenges for physicians in various fields. This is attributed either to the similarity of the cysts' clinical manifestations or, conversely, to their absence, due to normal hormonal levels and mild neurological symptoms. Among radiologists and clinicians, magnetic resonance imaging (MRI) with dynamic contrast enhancement (CE), which provides high spatial resolution and excellent tissue contrast, is considered the primary method for visualizing CSR pathologies. However, difficulties in differential diagnosis and diagnostic errors in determining the nature of CSR cystic lesions continue to arise. The aim of this study was to analyze and systematize the differential diagnostic criteria for CSR cystic lesions using MRI data. ***Materials and methods.*** A literature search was conducted in PubMed/MEDLINE, Web of Science, and eLIBRARY using the keywords and their combinations: "chiasmal-sellar region", "cysts", "Rathke's pouch cyst", and "magnetic resonance imaging". The study also included clinical cases obtained from the St. Petersburg State Pediatric Medical University. ***Results and discussion.*** Twelve relevant literature sources were selected. A literature review was prepared, presenting the radiological semiotics of various cystic lesions of the CSR and their differential diagnostic criteria based on MRI data. Rathke's pouch cysts (RPCs) are typically located between the anterior and posterior pituitary glands and have a hypo- or isointense signal on T1-weighted imaging (WI) and a hyperintense signal on T2-weighted imaging (TWI). Dynamic contrast agent administration (CA) typically results in the absence of contrast agent accumulation. Epidermoid cysts (ECs) are characterized by a heterogeneous hypo- or isointense signal on T1-weighted and T2-weighted images and accumulation of CF in a thin capsule at the periphery. Dermoid cysts (DCs) have a hyperintense signal on T1-weighted images, a hypo- or isointense signal on T2-weighted images, and minimal or no CF accumulation. The signal characteristics of arachnoid cysts (ACs) on MRI correspond to the cerebrospinal fluid (CSF) pattern. They do not accumulate CF on dynamic CSF imaging. Based on our analysis, we have proposed a number of differential diagnostic criteria for CSR cysts that may be useful to radiologist specialists in assessing this anatomical region, as well as to endocrinologists and neurosurgeons in planning treatment strategies, including the course of surgery. ***Conclusions.*** Based on our analysis, we have proposed a number of differential diagnostic criteria for CSR cysts that may be useful to radiologist specialists in assessing this anatomical region, as well as to endocrinologists and neurosurgeons in planning treatment strategies, including the course of surgery.

Keywords: chiasmal-sellar region, cysts, Rathke's cleft cyst, magnetic resonance imaging

© 2025 by the autors

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время актуальной продолжает оставаться проблема диагностики образований гипофиза и хиазмально-селлярной области (ХСО). Особенно трудна диагностика гормонально-неактивных образований, к которым относятся кисты.

Кисты ХСО, среди которых выделяют кисты кармана Ратке (ККР), коллоидные кисты (КК), эпидермоидные кисты (ЭК), дермоидные кисты (ДК) и арахноидальные кисты (АК), изучены мало, поскольку имеют схожую клиническую картину и относительно редко встречаются в практике [1]. Критерии их дифференциальной диагностики в литературе описаны недостаточно четко. В связи с этим нередко в клинической практике любое образование ХСО описывается как аденома гипофиза, так как данная патология встречается наиболее часто (более 90%) и хорошо знакома специалистам лучевой диагностики [1, 2]. Это обстоятельство может приводить к постановке ошибочного диагноза, проведению необоснованного лечения, в том числе оперативного, что отражается на качестве жизни пациента.

Таким образом, необходимо четкое определение дифференциально-диагностических критериев различных кист ХСО с целью минимизации диагностических ошибок.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Цель исследования — анализ и систематизация дифференциально-диагностических критериев кистозных образований ХСО по данным магнитно-резонансной томографии (МРТ) на основании литературных данных и собственных наблюдений.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Поиск литературных источников проводился по научным базам PubMed/MEDLINE, Web of Science, КиберЛенинка и eLIBRARY по ключевым словам и их сочетаниям: «хиазмально-селлярная область», «кисты», «киста кармана Ратке», «магнитно-резонансная томография». Отобраны 12 релевантных литературных источников.

В исследование вошли 50 пациентов, находящихся на динамическом наблюдении по поводу кистозных образований гипофиза. В качестве группы сравнения проанализированы пациенты без патологий ХСО. Исследования выполнены на томографах с индукцией поля 1,5 Тесла и 3 Тесла с внутривенным динамическим контрастированием по рекомендованному протоколу (приведен ниже).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Предположить наличие объемного образования гипофиза у пациента при первичном осмотре не всегда возможно. Чаще всего обследованные пациенты предъявляют жалобы на головную боль, головокружение, среди других наблюдались ухудшение зрения, нистагм, общая слабость. Значения гормонального фона, как правило, находятся в пределах референсных значений. При подозрении на образование ХСО пациентам показано проведение диагностической визуализации.

В диагностике патологий ХСО методом выбора общепризнанно является МРТ за счет высокого контрастного разрешения, превосходной тканевой контрастности с возможностью визуализации разных по химическому составу тканей. Способности прочих методов диагностической визуализации ограничены. Рентгенография и рентгеновская компьютерная томография (КТ) позволяют оценить лишь состояние костных структур турецкого седла. Ультразвуковое исследование (УЗИ) актуально при оценке структур центральной нервной системы у детей до 1 года за счет наличия акустического доступа через роднички, а также у взрослых пациентов с использованием акустического доступа через чешую височной кости или трепанационные окна. УЗИ обладает определенной значимостью в оценке крупных кистозных внутричерепных образований, однако визуализация структур ХСО и дифференциальная диагностика по данным этого метода затруднена [1–4].

Рекомендовано проведение МР-исследования на томографах с индукцией магнитного поля от 1,5 Тл. Требуется получение следующих импульсных последовательностей: обзорная Т2-ВИ турбо спин-эхо (TSE) в аксиальной плоскости (АХ), прицельные на ХСО с малым полем обзора и толщиной среза 2,5 мм, Т2-ВИ TSE в сагиттальной (SAG) и корональной (COR) плоскостях и Т1-ВИ SAG и COR в режиме спинового эха (SE) до и после введения контрастного вещества (КВ). Для дифференциальной диагностики образований рекомендовано динамическое контрастное усиление (КУ), которое позволяет фиксировать время начала накопления и время выведения КВ с построением графиков зависимости изменения интенсивности сигнала от времени прохождения КВ. При динамическом КУ применяют Т1-ВИ COR с малым полем обзора и толщиной среза 2 мм в количестве 9–12 серий. В качестве контрастирующего агента используют парамагнетики на основе гадолиния [4–6].

КИСТА КАРМАНА РАТКЕ И КОЛЛОИДНАЯ КИСТА

Самой частой находкой, нередко случайной, среди кист гипофиза является ККР [1, 3]. Это кистозное

образование, располагающееся между адено- и нейрогипофизом, возникает из остатков кармана Ратке при отсутствии его облитерации [7, 8]. ККР может иметь разную интенсивность МР-сигнала за счет разнородного содержимого, в связи с чем некоторые авторы не разделяют ККР и коллоидные кисты, объединяя их в одну группу. Гистологическое исследование выполняется редко и не всегда позволяет точно различить эти патологии, что, однако, не оказывает существенного влияния на тактику ведения пациентов [1, 8].

На МР-изображениях ККР выглядят как образования округлой или овоидной формы разного размера, могут иметь супраселлярный рост [1, 7], на Т1-ВИ ККР гипер- или гипоинтенсивного сигнала (рис. 1), на Т2-ВИ — изо- или гиперинтенсивного (в зависимости от типа содержимого).

Иногда на Т2-ВИ ККР демонстрируют низкий по интенсивности сигнал, а на Т1-ВИ — высокий, что связывают с содержанием большого количества гликозаминогликанов в кисте (рис. 2) [7].

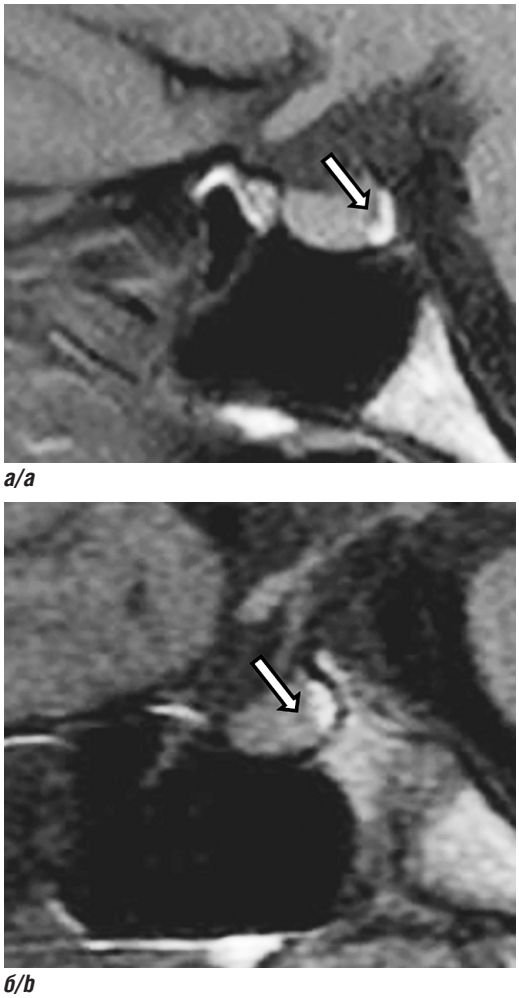
Важным отличительным признаком этой группы кист является отсутствие накопления КВ при динамическом контрастировании и отсроченном сканировании (рис. 3). Редко наблюдают кольцевидное КУ, которое связывают с плоскоклеточной метаплазией эпителия кисты [7].

ЭПИДЕРМОИДНЫЕ КИСТЫ

Эпидермоидные кисты представляют собой доброкачественное образование, развивающееся из остатков эктодермы, не прошедших процесс дифференцировки во время закладки нервной трубки; также наблюдаются ятрогенные причины, иногда ЭК являются следствием травм. Встречаются редко, составляют около 1% всех образований ХСО [1, 8–10].

Локализация ЭК в ХСО является редкой, чаще они наблюдаются в области мостомозжечкового угла [9, 11]. Нередко основной диагноз в случае ЭК ставится на основании данных послеоперационной биопсии [10]. В ХСО ЭК имеют тонкую капсулу и плотное, вязкое воскообразное содержимое. Характеризуются преимущественно инфраселлярным или супраселлярным ростом [1, 8].

Эпидермоидные кисты на МР-изображениях имеют гетерогенный гипо- или изоинтенсивный



а/a

б/b

Рис. 1. Т1-ВИ TSE SAG. У обоих пациентов очаг гипоинтенсивного сигнала на границе аденогипофиза и гиперинтенсивного нейрогипофиза (стрелки). МР-картина кисты кармана Ратке (Нарзиева С.П., 2025)

Fig. 1. T1-WI TSE SAG. Both patients have a focus of hypointensive signal at the border of the adenohypophysis and hyperintensive neurohypophysis. MR-picture of the cyst of the Rathke's cleft (Narzieva S.P., 2025)

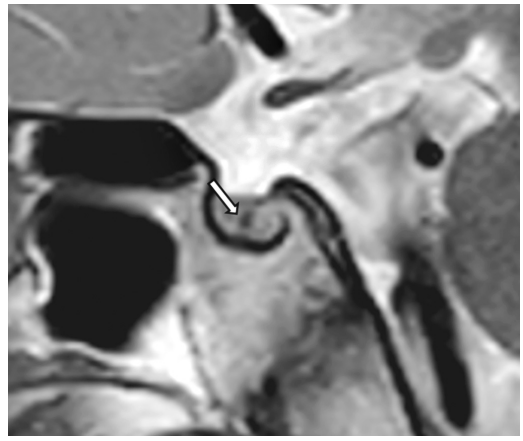
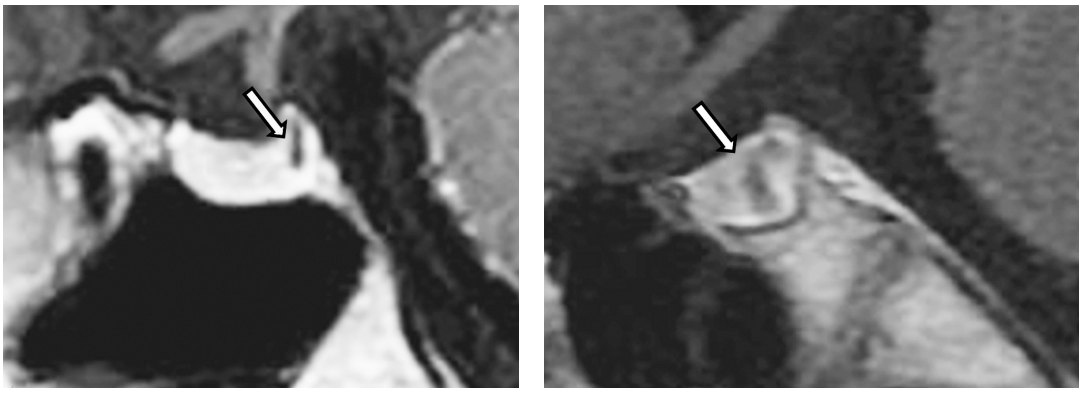


Рис. 2. Пациент А. Т2-ВИ TSE SAG. Очаг гипоинтенсивного сигнала на границе аденогипофиза и нейрогипофиза. МР-картина кисты кармана Ратке (Нарзиева С.П., 2025)

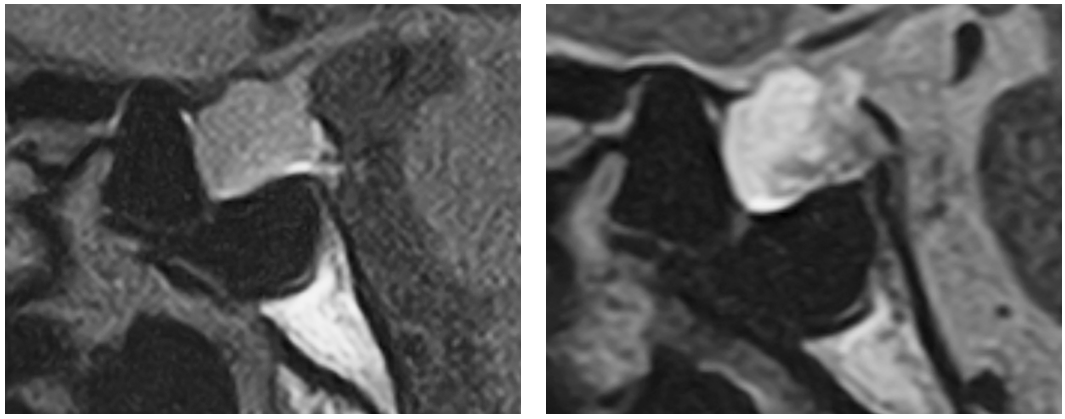
Fig. 2. Patient A. T2-WI TSE SAG. The focus of the hypointensive signal on the border of the adenohypophysis and neurohypophysis. MR-picture of the cyst of the Rathke's cleft (Narzieva S.P., 2025)



а/a *б/b*

Рис. 3. Т1-ВИ COR после введения контрастного препарата. У обоих пациентов отмечается очаг отсутствия накопления контрастного вещества (стрелки). МР-картина кисты кармана Ратке (Нарзиева С.П., 2025)

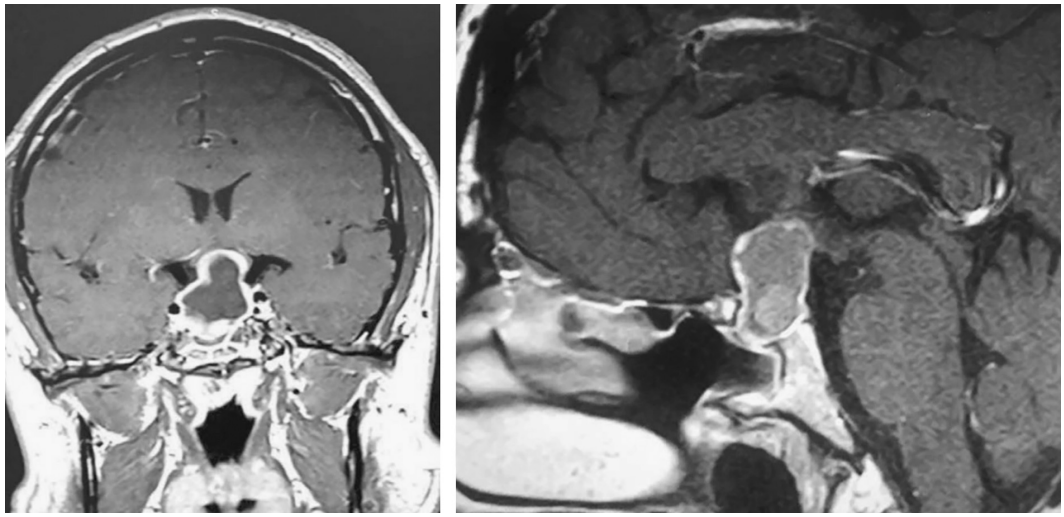
Fig. 3. T1-WI COR after administration of the contrast agent. Both patients noted a focus of lack of accumulation of contrast agent. MR-picture of the cyst of the Rathke's cleft (Narzieva S.P., 2025)



а/a *б/b*

Рис. 4. МРТ пациента с селлярной эпидермоидной кистой: *а* — Т1-ВИ SAG; *b* — Т2-ВИ SAG. Кистозное образование селлярной ямки изоинтенсивного сигнала на Т1-ВИ, неоднородного изо-гиперинтенсивного — на Т2-ВИ (Постаногов Р.А., 2025)

Fig. 4. MRI of a patient with a sellar epidermoid cyst: *a* — T1-WI SAG; *b* — T2-WI SAG. Cystic formation of the sellar fossa with a heterogeneous isointense signal on T1-WI, hyperintense on T2 WI (Postanogov R.A., 2025)



а/a *б/b*

Рис. 5. МРТ пациента с эпидермоидной кистой — фронтальный (*а*) и сагиттальный (*б*) срезы, Т1-ВИ [1]

Fig. 5. MRI of a patient with an epidermoid cyst — frontal (*a*) and sagittal (*b*) sections, T1-WI [1]

сигнал на Т1-ВИ, реже можно встретить гиперинтенсивные ЭК, на Т2-ВИ сигнал гиперинтенсивный (рис. 4). Кисты характеризуются накоплением КВ по периферии в виде тонкого ободка (рис. 5). Ключевым в интерпретации ЭК может стать диффузионно-взвешенное изображение (ДВИ, DWI), на котором киста имеет выраженный гиперинтенсивный сигнал при высоких значениях b-фактора [1, 12]. На нем наблюдается так называемый эффект Т2-просвечивания, при котором происходит сочетание истинного ограничения диффузии этой зоны и длинного времени Т2-релаксации.

ДЕРМОИДНЫЕ КИСТЫ

Дермоидные и эпидермоидные кисты имеют единую природу возникновения, поэтому их дифференциальная диагностика может быть затруднительной. ДК называют доброкачественное образование округлой формы с хорошо развитой капсулой, при ее расположении в ХСО характеризуется супра- или латероселлярным распространением [1, 8].

Дермоидные кисты содержат придатки кожи, вырабатывающие сальный секрет, поэтому характеризуются выраженной гетерогенностью МР-сигнала. На МР-изображениях выглядят как округлые образования с гиперинтенсивным сигналом на Т1-ВИ за счет разнокалиберных жировых включений (рис. 6), на Т2-ВИ могут быть гипо- или изоинтенсивными. Также характерно отсутствие накопления КВ или же оно минимально.

Для дифференцировки с ЭК следует обращать внимание на гиперинтенсивный сигнал на Т1-ВИ и его явную гетерогенность на других импульсных последовательностях.

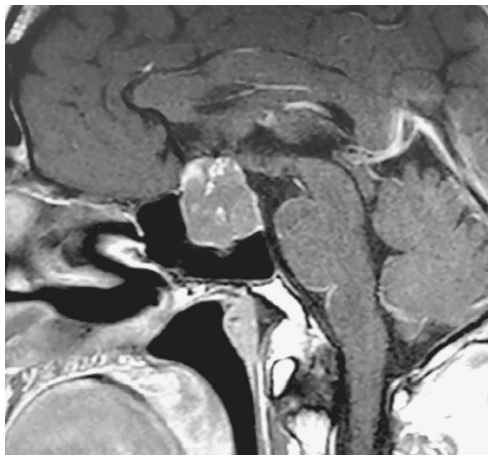
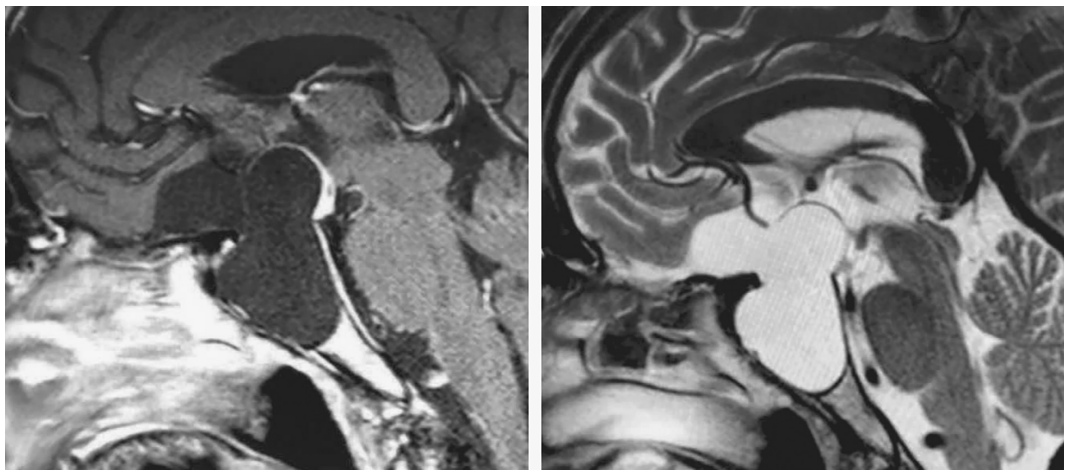


Рис. 6. МРТ пациента с дермоидной кистой — сагиттальный срез, Т1-ВИ [1]
Fig. 6. MRI of a patient with a dermoid cyst — sagittal section, T1-WI [1]

АРАХНОИДАЛЬНЫЕ КИСТЫ

Арахноидальные кисты — доброкачественные образования спорадического характера, возникающие в результате нарушения формирования паутинной оболочки в процессе нейрогенеза.

Арахноидальные кисты ХСО — достаточно редкая патология, несмотря на это ряд авторов указывают их четкие дифференциально-диагностические критерии. АК ХСО описываются как округлые образования с однородным содержимым, гипоинтенсивные на Т1-ВИ и гиперинтенсивные на Т2-ВИ — соответственно сигналу от ликвора (рис. 7). Также характерно отсутствие КУ при динамическом контрастировании. При локализации АК в ХСО тенденции к определенному типу роста нет, в отличие от вышеупомянутых кист [1, 8].



а/a *б/b*

Рис. 7. МРТ пациента с арахноидальной кистой — сагиттальные срезы в Т1- (*а*) и Т2-режимах (*б*) [1]
Fig. 7. MRI of a patient with an arachnoid cyst — sagittal sections in T1- (*a*) and T2-modes (*b*) [1]

Таблица 1

Сравнительная таблица МР-картины различных кист хиазмально-селлярной области

Table 1

Comparative table of MRI patterns of various cysts of chiasmatic-sellar region

Критерий/тип кисты / Cyst criterion/ type	Т1-ВИ / T1-WI	Т2-ВИ / T2-WI	Накопление контрастного вещества / Contrast agent accumulation	Отличительные дифференциально-диагностические критерии / Distinctive differential diagnostic criteria
Кисты кармана Ратке / Rathke's pouch cysts	Гипер-/гипоинтенсивный сигнал / Hyper-/hypointense signal	Гипер-/изоинтенсивный сигнал / Hyper-/isointense signal	Отсутствует / Absent	Локализация — граница передней и задней доли гипофиза / Localization — border of the anterior and posterior lobes of the pituitary gland
Эпидермоидные кисты / Epidermoid cysts	Гипо-/изоинтенсивный сигнал / Hypo-/isointense signal	Гиперинтенсивный сигнал / Hyperintense signal	Отсутствует/тонкое на периферии / Absent/thin at the periphery	Гетерогенность МР-сигнала и его гиперинтенсивность на DWI / Heterogeneity of the MR signal and its hyperintensity on DWI
Дермоидные кисты / Dermoid cysts	Гиперинтенсивный сигнал / Hyperintense signal	Гипо-/изоинтенсивный сигнал / Hypo-/isointense signal	Отсутствует/минимальное / Absent/minimal	Гетерогенность МР-сигнала / MR signal heterogeneity
Арахноидальные кисты / Arachnoid cysts	Гипоинтенсивный сигнал / Hypointense signal	Гиперинтенсивный сигнал / Hyperintense signal	Отсутствует / Absent	Содержимое по сигналу соответствует ликвору / The content of the signal corresponds to cerebrospinal fluid

Дифференциально-диагностические МР-критерии кистозных образований ХСО на основании литературных данных и собственных наблюдений приведены в таблице 1.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диагностика кист хиазмально-селлярной области продолжает вызывать трудности у врачей разных специальностей. Это связывают либо со схожестью клинических проявлений кист, либо, напротив, с их отсутствием, обусловленным нормальным гормональным фоном и слабо выраженной неспецифической неврологической симптоматикой.

Магнитно-резонансная томография с динамическим контрастным усилением как главный метод диагностики патологий хиазмально-селлярной области обеспечивает высокое пространственное разрешение и превосходную тканевую контрастность, позволяя проводить дифференциальную диагностику кистозных образований.

Знание оптимального протокола исследования селлярной области и вышеописанных дифференциально-диагностических критериев позволяет свести к минимуму диагностические ошибки, влияющие на тактику ведения пациента, может снизить частоту инвазивных манипуляций, таких как биопсия или нейрохирургическое лечение, что приведет к улучшению качества жизни пациента и экономии ресурсов медицинской организации.

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. 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. 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

1. Пузаков Н.С., Черебилло В.Ю., Трегубенко И.А., Козак Е.И. Дифференциальная диагностика кист хиазмально-селлярной области. *Вестник неврологии, психиатрии и нейрохирургии*. 2020;(8):47–59. https://doi.org/10.33920/med-01-2008-05.
2. Altshuler D.B., Andrews C.A., Parmar H.A., Sullivan S.E., Trobe J.D. Imaging errors in distinguishing pituitary adenomas from other sellar lesions. *J Neuroophthalmol*. 2021;41(4):512–518. https://doi.org/10.1097/WNO.0000000000001164.
3. Beylerli O.A., Shiguang Zh., Gareev I.F., Xin Ch. Diagnosis and Treatment of Pituitary Adenomas. *Creative surgery and oncology*. 2019;9(4):311–316. https://doi.org/10.24060/2076-3093-2019-9-4-311-316.
4. Астафьева Л.И., Чернов И.В., Чехонин И.В. и др. Аденомы гипофиза: современные принципы диагностики и лечения. *Нейрохирургия*. 2020;22(4):94–111. https://doi.org/10.17650/1683-3295-2020-22-4-94-111.
5. Пронин В.С., Анциферов М.Б., Васильев Ю.А. и др. Роль магнитно-резонансной томографии в реализации прецизионного подхода к лечению акромегалии. *Эндокринология: новости, мнения, обучение*. 2023;12(2):78–94. https://doi.org/10.33029/2304-9529-2023-12-2-78-94.
6. Пржиялковская Е.Г., Мокрышева Н.Г., Трошина Е.А. и др. Клинические рекомендации «Акромегалия» (проект). *Ожирение и метаболизм*. 2024;21(2):215–249. https://doi.org/10.14341/omet13153.
7. Kurosaki M., Sakamoto M., Kambe A., Ogura T. Up-To-Date Magnetic Resonance Imaging Findings for the Diagnosis of Hypothalamic and Pituitary Tumors. *Yonago Acta Med*. 2021;64(2):155–161. https://doi.org/10.33160/yam.2021.05.002.
8. Пузаков Н.С., Черебилло В.Ю., Трегубенко И.А. Транссфеноидальное эндоскопическое лечение кист хиазмально-селлярной области. *Вестник хирургии имени И.И. Грекова.* 2021;180(1):10–16. https://doi.org/10.24884/0042-4625-2021-180-1-10-16.
9. Diop A.D., Dia A.M., Niang I. et al. Epidermoid cyst of the cerebellar vermis: Case report of a rare medial topography. *Radiol Case Rep*. 2022;17(11):4248–4251. https://doi.org/10.1016/j.radcr.2022.08.007.
10. Ahmad S., Surya A., Hayhurst C., Davies S. Pituitary infundibular epidermoid cyst: a rare cause of hypopituitarism. *BMJ Case Rep*. 2021;14(3). https://doi.org/10.1136/bcr-2020-241065.
11. Молдабеков А.Е., Турсынбеков Т.К., Рыскельдиев Н.А., Бердибаева Д.Т., Жетписбаев Б.Б., Омарова А.С., Мустафин Х.А. Эпидермоидная киста пинеальной области. *Нейрохирургия и неврология Казахстана*. 2024;77(4):41–47.
12. Khodjimetov D.N., Kariev G.M., Asadullaev U.M. et al. Cerebellopontine angle tumors: diagnostic and therapeutic considerations. *Science and Education*. 2025;6(3):11–17.

REFERENCES

1. Puzakov N.S., Cherebillo V.Yu., Tregubenko I.A., Kozak E.I. Differential diagnosis of chiasmal-cellular cyst. *Bulletin of Neurology, Psychiatry and Neurosurgery*. 2020;(8):47–59. https://doi.org/10.33920/med-01-2008-05. (In Russian).
2. Altshuler D.B., Andrews C.A., Parmar H.A., Sullivan S.E., Trobe J.D. Imaging errors in distinguishing pituitary adenomas from other sellar lesions. *J Neuroophthalmol*. 2021;41(4):512–518. https://doi.org/10.1097/WNO.0000000000001164.
3. Beylerli O.A., Shiguang Zh., Gareev I.F., Xin Ch. Diagnosis and Treatment of Pituitary Adenomas. *Creative surgery and oncology*. 2019;9(4):311–316. https://doi.org/10.24060/2076-3093-2019-9-4-311-316.
4. Astafyeva L.I., Chernov I.V., Chekhonin I.V. et al. Pituitary adenomas: current principles of diagnosis and treatment. *Russian Journal of Neurosurgery*. (In Russian). 2020;22(4):94–111. https://doi.org/10.17650/1683-3295-2020-22-4-94-111.
5. Pronin V.S., Antsiferov M.B., Vasiliev Yu.A. et al. The role of magnetic resonance imaging in the implementation of a precision approach to the treatment of acromegaly. *Endocrinology: News, Opinions, Training*. 2023;12(2):78–94. (In Russian). https://doi.org/10.33029/2304-9529-2023-12-2-78-94.
6. Przhiyalkovskaya E.G., Mokrysheva N.G., Troshina E.A. et al. Guidelines on diagnostics and treatment of acromegaly (draft). *Obesity and metabolism*. 2024;21(2):215–249. (In Russian). https://doi.org/10.14341/omet13153.
7. Kurosaki M., Sakamoto M., Kambe A., Ogura T. Up-To-Date Magnetic Resonance Imaging Findings for the Diagnosis of Hypothalamic and Pituitary Tumors. *Yonago Acta Med*. 2021;64(2):155–161. https://doi.org/10.33160/yam.2021.05.002.
8. Puzakov N.S., Cherebillo V.Yu., Tregubenko I.A. Transsphenoidal endoscopic treatment of cysts of the chiasmo-sellar region. *Grekov's Bulletin of Surgery*. 2021;180(1):10–16. (In Russian). https://doi.org/10.24884/0042-4625-2021-180-1-10-16.
9. Diop A.D., Dia A.M., Niang I. et al. Epidermoid cyst of the cerebellar vermis: Case report of a rare medial topography. *Radiol Case Rep*. 2022;17(11):4248–4251. https://doi.org/10.1016/j.radcr.2022.08.007.
10. Ahmad S., Surya A., Hayhurst C., Davies S. Pituitary infundibular epidermoid cyst: a rare cause of hypopituitarism. *BMJ Case Rep*. 2021;14(3). https://doi.org/10.1136/bcr-2020-241065.
11. Moldabekov A.E., Tursynbekov T.K., Ryskel'diev N.A., Berdibaeva D.T., Zhetpisbaev B.B., Omarova A.S., Mustafin H.A. Epidermoid cyst of the pineal region. *Neurosurgery and neurology of Kazakhstan*. 2024;77(4):41-47 (In Russian).
12. Khodjimetov D.N., Kariev G.M., Asadullaev U.M. et al. Cerebellopontine angle tumors: diagnostic and therapeutic considerations. *Science and Education*. 2025;6(3):11–17.

УДК 576.315+004.932.2
https://doi.org/10.56871/ViM.2025.70.38.004

Выявление клеточных ядер методами компьютерного зрения

Александра Александровна Тихомирова, Ксения Станиславовна Ефремова,
Михаил Александрович Дохов, Вадим Евгеньевич Стернин,
Никита Александрович Дементьев

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

Контактная информация: Вадим Евгеньевич Стернин — преподаватель кафедры медицинской информатики.
E-mail: g249@inbox.ru; https://orcid.org/0009-0004-5039-0833; SPIN: 2190-5634

Для цитирования: Тихомирова А.А., Ефремова К.С., Дохов М.А., Стернин В.Е., Дементьев Н.А. Выявление клеточных ядер методами компьютерного зрения. *Визуализация в медицине*. 2025;7(3):35–40. https://doi.org/10.56871/ViM.2025.70.38.004.

Поступила: 03.09.2025 **Одобрена: 10.10.2025** **Принята к печати: 18.11.2025**

Резюме. ***Введение.*** В современной научной и диагностической патологии существует потребность в новых подходах, обеспечивающих объективный и количественный анализ клеточных и тканевых образцов. Обилие морфометрических параметров и высокая вариабельность их значений среди разных типов клеток создают значительные трудности при разработке универсальных алгоритмов автоматического распознавания и анализа клеточных структур. ***Цель исследования*** — определение морфометрических параметров, позволяющих выявить клеточное ядро методами компьютерного зрения. ***Материалы и методы.*** Анализ более 100 современных научных публикаций за последние 20 лет, индексируемых в РИНЦ и Scopus. Медицинские изображения были взяты из виртуальной базы гистологических микрофотографий HistologyGuide. Расчет морфологических параметров ядер разных типов клеток на микропрепарате почки осуществлялся с помощью программы для анализа и обработки изображений ImageJ. ***Результаты.*** Для выявления наиболее значимых параметров был проведен факторный анализ в программе STATISTICA 10.0. По результатам проведенного факторного анализа были выделены два основных фактора: условно называемый фактор размера и условно называемый фактор формы. Доля общей дисперсии фактора размера 50%, а фактора формы – 43%, следовательно, эти два фактора являются наиболее значимыми. Критерий Краскела–Уоллиса не выявил статистически значимую изменчивость площади ядер клеток в зависимости от типа ткани. ***Выводы.*** Площадь и удлиненность являются наиболее значимыми факторами, позволяющими выявить клеточное ядро методами компьютерного зрения.

Ключевые слова: морфометрические параметры клеточных ядер, методы компьютерного зрения, компьютерный анализ изображений

© Коллектив авторов, 2025

https://doi.org/10.56871/ViM.2025.70.38.004

Identification of cell nucleus by computer vision methods

Aleksandra A. Tikhomirova, Ksenija S. Efremova, Mikhail A. Dokhov,
Vadim E. Sternin, Nikita A. Dementyev

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

Contact information: Vadim E. Sternin — Teacher at the Department of Medical Informatics.
E-mail: g249@inbox.ru; https://orcid.org/0009-0004-5039-0833; SPIN: 2190-5634

For citation: Tikhomirova A.A., Efremova K.S., Dokhov M.A., Sternin V.E., Dementyev N.A. Identification of cell nucleus by computer vision methods. *Visualization in Medicine*. 2025;7(3):35–40. https://doi.org/10.56871/ViM.2025.70.38.004.

Received: 03.09.2025 **Revised: 10.10.2025** **Accepted: 18.11.2025**

Abstract. ***Introduction.*** In modern scientific and diagnostic pathology, there is a need for new approaches that provide objective and quantitative analysis of cell and tissue samples. The abundance of morphometric parameters and the high variability of their values among different cell types create significant difficulties in developing universal algorithms for automatic recognition and analysis of cell structures. ***The purpose of the study*** is to determine the morphometric parameters that make it possible to identify the cell nucleus using computer vision methods. ***Materials and methods.*** Analysis of more than 100 up-to-date scientific publications over the past 15 years indexed in RSCI and Scopus. Medical images were taken from the HistologyGuide virtual database of histological micrographs. Morphological parameters of nuclei of different cell types were calculated on a kidney micropreparation using the ImageJ program for image analysis and processing. ***Results.*** To identify the most significant parameters, a factor analysis was performed in the STATISTICA 10.0 program. Based on the results of the factor analysis, two main factors were identified: the conventionally called size factor and the conventionally called shape factor, the share of the total variance of the size factor is 50%, and the shape factor is 43%, therefore, these two factors are the most significant. The Kraskel–Wallis test did not reveal a statistically significant variability in the area of cell nuclei depending on the type of tissue. ***Conclusions.*** Area and elongation are the most significant factors that make it possible to identify the cell nucleus using computer vision methods.

Keywords: morphometric parameters of cell nuclei, computer vision methods, computer-aided image analysis

© 2025 by the autors

ВВЕДЕНИЕ

Гистологический анализ биоматериалов попрежнему остается важнейшим этапом в диагностике многих заболеваний [1].

Визуальный анализ характеризуется значительной долей субъективности. Если данный анализ проводится повторно одним и тем же либо другим наблюдателем, результаты часто отличаются от первоначальных, что делает этот метод не полностью воспроизводимым [2].

Автоматизация обработки изображений с применением приемов компьютерного зрения снимает ограничения по воспроизводимости, скорости выполнения анализа и его стоимости. Также автоматизация обработки изображений выводит цифровую цитометрию микроскопических изображений на качественно иной уровень [3, 4].

Актуальность исследования обусловлена необходимостью повышения надежности автоматического микроскопического анализа биомедицинских образцов [5], что является сложной задачей из-за высокой изменчивости и морфологической сложности исследуемых объектов [6, 7].

Обилие морфометрических параметров и высокая вариабельность их значений среди разных типов клеток [8] создают значительные трудности при разработке универсальных алгоритмов автоматического распознавания и анализа клеточных структур. Данное исследование направлено на определение именно тех морфометрических параметров, которые являются значимыми для выявления клеточных ядер.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Цель исследования — провести определение морфометрических параметров, позволяющих выявить клеточное ядро методами компьютерного зрения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Анализ более 100 современных научных публикаций за последние 20 лет, индексируемых в РИНЦ и Scopus.

Материалом в настоящем исследовании послужили цифровые изображения гистологического микропрепарата почки. Выбор этих тканей обусловлен их стабильностью (частичная замена клеток может происходить примерно раз в несколько месяцев или лет). Медицинские изображения были взяты из виртуальной базы гистологических микрофотографий HistologyGuide [9], поскольку она соответствовала таким критериям, как наличие масштабной шкалы, корректная цветопередача окраски гематоксилином–эозином, а главное, изображения в данной базе соответствуют типичной картине нормальной ткани. Для исследования были выделены 60 полей зрения (по 20 на каждый тип ткани: паренхима, эпителий сосудов, соединительная ткань).

С помощью программы для анализа и обработки изображений ImageJ [10] были проведены расчеты морфологических характеристик клеточных ядер микропрепарата почки: короткий диаметр, длинный диаметр, удлиненность, площадь, периметр, округлость и коэффициент неровности контура [11, 12]. В каждом случае измеряли не менее 100 клеток.

Анализ полученных результатов выполнялся в программном пакете для статистического анализа STATISTICA 10.0. В работе использовались методы описательной статистики, такие как вычисление средних значений, среднеквадратичных отклонений. Результаты ручного измерения морфометрических параметров в разных типах тканей проверялись на соответствие нормальному закону распределения с помощью критерия Шапиро–Уилка.

При соответствии данных нормальному закону распределения характеристику морфометрическим показателям давали через среднее арифметическое и стандартное отклонение. Факторный анализ позволил установить наиболее важные морфологические параметры для выявления ядер клеток.

В качестве типичных значений использовалась медиана и межквартильные интервалы. Факторный анализ использовался для оценки наиболее важных морфометрических параметров клеточных ядер. Статистически значимые различия определялись с помощью критериев Краскела–Уоллиса и Манна–Уитни.

РЕЗУЛЬТАТЫ

К важнейшим морфометрическим показателям ядер клеток относятся: абсолютная площадь, периметр, большой и малый диаметры — они отражают непосредственные прямые геометрические характеристики ядер.

Величина абсолютной площади была наибольшей в паренхиме почки (48,6 мкм^2), на втором месте — эпителий кровеносных сосудов (47,4 мкм^2), на третьем — соединительная ткань (47,3 мкм^2) (рис. 1).

Величина короткого диаметра была наибольшей в эпителии кровеносных сосудов (7,4 мкм), на втором месте — паренхима почки (6,8 мкм), на

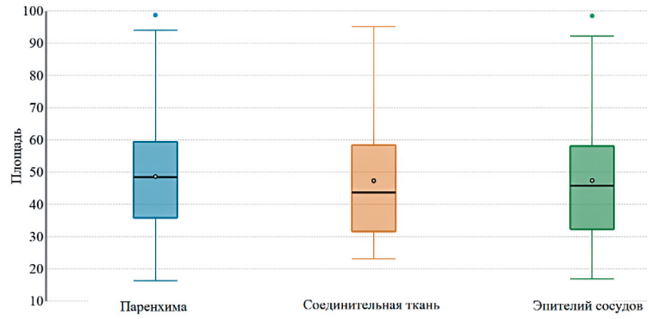


Рис. 1. Значение площади ядер разных типов клеток
Fig. 1. The value of the area of nuclei of different cell types

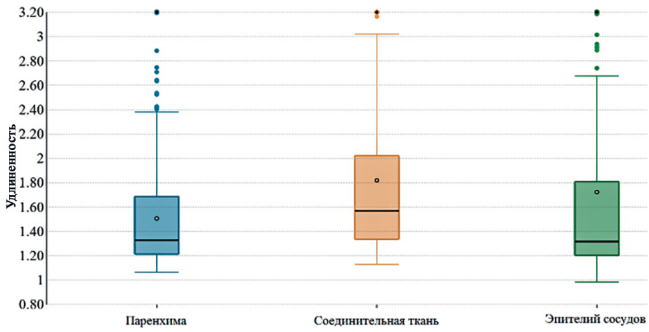


Рис. 2. Значение удлиненности ядер разных типов клеток
Fig. 2. The significance of the elongation of nuclei of different cell types

Таблица 1

Матрица факторных нагрузок

Table 1

Factor loading matrix

Переменная / Variable	Фактор 1 / Factor 1	Фактор 2 / Factor 2
Площадь / Area	–0,981919	0,146236
Периметр / Perimeter	–0,744398	0,629047
Большой диаметр / Large diameter	–0,540854	0,817350
Малый диаметр / Small diameter	–0,892220	–0,371296
Удлиненность / Elongation	0,229495	0,915313
Индекс формы / Form index	–0,229067	–0,893251
Коэффициент неровности контура / Contour roughness coefficient	–0,902426	–0,341268
Доля общей дисперсии / Share of total variance	0,503769	0,425024

третьем — соединительная ткань (6,4 мкм). Величина длинного диаметра была наибольшей в соединительной ткани (11,2 мкм), на втором и третьем местах — паренхима почки и сосудистый эпителий (9,9 мкм).

К относительным морфометрическим показателям относятся коэффициент неровности контура, округлость и удлиненность ядер клеток.

Величина коэффициента неровности контура ядер клеток была наибольшей в эпителии кровеносных сосудов и паренхиме почки (1,8), на втором месте — соединительная ткань (1,6).

Округлость — это характеристика, которая отражает близость формы ядра к кругу и позволяет оценить степень деформации ядер. Показатель округлости клеточных ядер был наиболее высоким в эпителии кровеносных сосудов и паренхиме почки, где он составил 0,8. На втором месте по этому показателю находится соединительная ткань с индексом формы 0,7.

Удлиненность — это характеристика, которая указывает на соотношение длины и ширины ядра клетки и дает представление об изменении формы ядра в зависимости от функции и физиологического состояния. Наиболее вытянутыми оказались ядра клеток в соединительной ткани — 1,8. На втором месте по этому показателю находится паренхима почки — 1,5. Третье место занимает сосудистый эпителий — 1,4 (рис. 2).

После расчета средних значений морфометрических параметров ядер клеток в разных типах ткани можно сделать вывод о том, что значения этих параметров сильно разнятся в зависимости от типа ткани.

Для выявления наиболее значимых параметров был проведен факторный анализ в программе STATISTICA 10.0, результаты которого приведены в таблице 1.

По результатам проведенного факторного анализа были выделены два основных фактора: условно называемый фактор размера (основным является параметр площади, поскольку имеет наибольшую факторную нагрузку 98%) и условно называемый фактор формы (ведущим является параметр удлиненности ядра клетки, поскольку имеет наибольшую факторную нагрузку 91%). Доля общей дисперсии фактора размера 50%, а фактора формы — 43%, следовательно, эти два фактора являются наиболее значимыми.

Критерий Краскела–Уоллиса не выявил статистически значимую изменчивость площади ядер клеток в зависимости от типа ткани.

Значение критерия Краскела–Уоллиса H=16,2 и уровень значимости p=0,0002 указывают на вариабельность удлиненности ядер клеток в разных типах ткани. Критерий Манна–Уитни позволил установить статистически значимые различия средних значений удлиненности ядер клеток соединительной ткани и паренхимы, соединительной ткани и эпителия сосудов (при p <0,017 уровень значи-

мости с поправкой на множественное сравнение). Можно сделать вывод о том, что значения удлиненности разнятся в зависимости от типа ткани.

ВЫВОДЫ

Анализ изображений микропрепаратов почки показал высокую изменчивость каждого параметра в разных типах ткани (паренхима, эпителий сосудов, соединительная ткань), что может снижать точность выделения ядер автоматизированным методом.

На основании проведенного факторного анализа были выявлены два основных фактора, позволяющих выявить клеточное ядро методами компьютерного зрения: это фактор размера и фактор формы. У фактора размера ведущим является параметр площади, а у фактора формы — удлиненность.

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

ЛИТЕРАТУРА

1. Павлов А.В. Виртуальная микроскопия в преподавании гистологии — новая реальность эпохи цифровых технологий. *Морфология*. 2019;156(5):75–84. EDN: NKPFAM.
2. Никитин А.Н. Идентификация и локализация клеток на микроскопических изображениях с использованием SIFT-алгоритма. Методы микроскопического анализа. Сборник статей. Выпуск 1. М.: Издание ЗАО «МЕдицинские КОмпьютерные Системы (МЕКОС)»; 2009: 114–125.
3. Савкин А.Е., Шагалова П.А., Корелин О.Н. Исследование применения технологий компьютерного зрения для анализа биомедицинских изображений. *Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева*. 2024;(1(144)):16–23. EDN: LZPVRM.
4. Горячкин Б.С., Китов М.А. Компьютерное зрение. *E-Scio*. 2020;(9(48)):317–345. EDN: EBYPIO.
5. Симонова К.С., Самородов А.В., Спиридонов И.Н. Система вычислительной диагностики для анализа цитологических препаратов клеток почечного эпителия в онкоцитологии. *Наука и образование: научное издание МГТУ им. Н.Э. Баумана*. 2011;(13):4. EDN: PIGCIP.
6. Salvi M., Molinari F. Multi-tissue and multi-scale approach for nuclei segmentation in H&E stained images. *BioMedical Engineering OnLine*. 2018;89(17). https://doi.org/10.1186/s12938-018-0518-0.
7. Поляков Е.В., Попов В.В., Дмитриева В.В. Система анализа изображений ядросодержащих клеток костного мозга для формирования диагностического заключения в онкогематологии. *Моделирование, оптимизация и информационные технологии*. 2025;13(1):1–8. https://doi.org/10.26102/2310-6018/2025.48.1.016.
8. Арешидзе Д.А. Механизмы поддержания и изменений формы и размеров клеточного ядра (обзор). *Морфологические ведомости*. 2022;30(3):73–80. https://doi.org/10.20340/mv-mn.2022.30(3).670.
9. Электронный каталог «Histology Guide». Доступно по: https:// histologyguide.com/ (дата обращения: 17.09.2025).
10. Мыцик А.В. Использование программы ImageJ для автоматической морфометрии в гистологических исследованиях. *Омский научный вестник*. 2011;(2(100)):187–189.
11. Стернин В.Е., Дохов М.А., Тихомирова А.А., Дементьев Н.А. Современные подходы к классификации объектов на медицинских компьютерных изображениях. *Визуализация в медицине*. 2024;6(2):23–29. https://doi.org/10.56871/ViM.2024.24.31.004. EDN: KIJZWO.
12. Краснова Л.С. Морфометрические особенности бластных клеток в стандартных цитоцентрифугатах костного мозга при острых миелоидных лейкозах. Автореф. дис. ... канд. мед. наук. М.; 2009.

REFERENCES

1. Pavlov A.V. Virtual microscopy in teaching histology-a new reality of the digital age. *Morphology*. 2019;156(5):75–84. (In Russian). EDN: NKPFAM.
2. Nikitin A.N. Identification and localization of cells in microscopic images using the SIFT algorithm. Methods of microscopic analysis. Collection of articles. Issue 1. Moscow: Publishing House of Medical Computer Systems (MEKOS); 2009: 114–125. (In Russian).
3. Savkin A.E., Shagalova P.A., Korelin O.N. Research of application of computer vision technologies for biomedical image analysis. *Transactions of NNSTU n.a. R.E. Alekseev*. 2024;(1):16–23. (In Russian). EDN: LZPVRM.

4. Gorjachkin B.S., Kitov M.A. Computer vision. *E-Scio*. 2020;(9(48)):317–345 (In Russian). EDN: EBYPIO.
5. Simonova K.S., Samorodov A.V., Spiridonov I.N. Computational diagnostic system based on cytological image analysis of renal epithelium cells preparations in oncocytology. *Nauka i obrazovanie: nauchnoe izdanie MGTU im. N.E. Baumana*. 2011;(13):4. EDN: PIGCIP. (In Russian).
6. Salvi M., Molinari F. Multi-tissue and multi-scale approach for nuclei segmentation in H&E stained images. *BioMedical Engineering OnLine*. 2018;89(17). https://doi.org/10.1186/s12938-018-0518-0.
7. Polyakov E.V., Popov V.V., Dmitrieva V.V. A system for analyzing images of nucleated bone marrow cells for the formation of a diagnostic conclusion in oncohematology. *Modeling, Optimization and Information Technology*. 2025;13(1):1–8. (In Russian). https://doi.org/10.26102/2310-6018/2025.48.1.016.
8. Areshidze D.A. Mechanisms of the keeping and change of forms and sizes of the cell nuclei (review). *Morphological newsletter*. 2022;30(3):73–80. (In Russian). https://doi.org/10.20340/mv-mn.2022.30(3).670.
9. Electronic catalog “Histology Guide”. Available at: https://histologyguide.com/ (accessed: 17.09.2025).
10. Mytsik A.V. Using ImageJ software application for automated morphometry of histological studies. *Omskiy nauchnyy vestnik*. 2011;(2(100)):187–189. (In Russian).
11. Sternin V.E., Dokhov M.A., Tikhomirova A.A., Dementyev N.A. Modern approaches to the classification of objects in medical computer images. *Visualization in Medicine.* 2024;6(2):23–29. (In Russian). https://doi.org/10.56871/ViM.2024.24.31.004. EDN: KIJZWO.
12. Krasnova L.S. Morphometric features of blast cells in standard bone marrow cytocentrifugates in acute myeloid leukemia. MD thesis. Moscow; 2009. (In Russian).

УДК 681.518+004.932.2+576.315
https://doi.org/10.56871/ViM.2025.26.56.005

Разработка требований к функциональным характеристикам программного средства для выявления ядер клеток

Александра Александровна Тихомирова, Ксения Станиславовна Ефремова, Михаил Александрович Дохов, Артём Викторович Леванчук, Никита Александрович Дементьев

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

Контактная информация: Артём Викторович Леванчук — преподаватель кафедры медицинской информатики. E-mail: artemlevanchuk@gmail.com; https://orcid.org/0000-0003-4248-4392; SPIN: 6116-5289

Для цитирования: Тихомирова А.А., Ефремова К.С., Дохов М.А., Леванчук А.В., Дементьев Н.А. Разработка требований к функциональным характеристикам программного средства для выявления ядер клеток. *Визуализация в медицине.* 2025;7(3): 41–47. https://doi.org/10.56871/ViM.2025.26.56.005.

Поступила: 19.08.2025 **Одобрена: 26.09.2025** **Принята к печати: 18.11.2025**

Резюме. ***Введение.*** Автоматизированное выделение ядер является важным шагом в анализе клеточных образцов, позволяющим повысить воспроизводимость и масштабируемость количественного морфологического анализа, а корректно заданные через техническое задание требования к функциональным характеристикам программного средства ускоряют обработку больших наборов изображений и минимизируют вероятность ложных определений, что напрямую влияет на достоверность клинических выводов и последующих диагностических решений. ***Цель исследования*** — разработать требования к функциональным характеристикам программного средства для выделения ядер клеток на цифровых микроизображениях и оценить его эффективность. ***Материалы и методы.*** Анализ современных научных публикаций в отечественных и зарубежных электронных библиотеках за последние 15 лет, индексируемых в РИНЦ и Scopus. Медицинские изображения взяты из виртуальной базы гистологических микрофотографий HistologyGuide. Автоматизированное выявление клеточных ядер выполнялось с использованием библиотеки OpenCV на языке программирования Python. ***Результаты.*** Эффективность алгоритма с техническим заданием, учитывающим функциональные характеристики программного средства для выделения ядер клеток на цифровых микроизображениях, оказалась статистически значимо ($p < 0{,}001$) выше, чем у алгоритма без технического задания. ***Выводы.*** Учет площади (в пикселях) в диапазоне от 100 до 1000 пикселей и удлиненности в диапазоне от 1 до 3,5 пикселей при формировании требований к функциональным характеристикам программного продукта позволяет увеличить точность и чувствительность выделения клеточных ядер на цифровых изображениях микропрепаратов.

Ключевые слова: функциональные требования к информационным системам, оценка эффективности, компьютерный анализ изображений, клеточные ядра

© Коллектив авторов, 2025

https://doi.org/10.56871/ViM.2025.26.56.005

Development of requirements for functional characteristics of a software tool for detecting cell nuclei

Alexandra A. Tikhomirova, Ksenija S. Efremova,
Mikhail A. Dokhov, Artem V. Levanchuk, Nikita A. Dementyev

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

Contact information: Artem V. Levanchuk — Lecturer of the Department of Medical Informatics.
E-mail: artemlevanchuk@gmail.com; https://orcid.org/0000-0003-4248-4392; SPIN: 6116-5289

For citation: Tikhomirova A.A., Efremova K.S., Dokhov M.A., Levanchuk A.V., Dementyev N.A. Development of requirements for functional characteristics of a software tool for detecting cell nuclei. *Visualization in Medicine*. 2025;7(3):4–10. https://doi.org/10.56871/ViM.2025.26.56.005.

Received: 19.08.2025 **Revised: 26.09.2025** **Accepted: 18.11.2025**

Abstract. ***Introduction.*** Automated nuclear extraction is an important step in the analysis of cell samples, allowing for increased reproducibility and scalability of quantitative morphological analysis. Correctly defined software specifications accelerate the processing of large image sets and minimize the chance of false positives, which directly impacts the reliability of clinical conclusions and subsequent diagnostic decisions. ***Aim*** — to develop requirements for the functional characteristics of a software tool for isolating cell nuclei and to evaluate its effectiveness. ***Materials and methods.*** Analysis of modern scientific publications in Russian and foreign electronic libraries over the past 15 years, indexed in the Russian Science Citation Index (RSCI) and Scopus. Medical images were taken from the HistologyGuide virtual database of histological micrographs. Automated detection of cell nuclei was performed using the OpenCV library in the Python programming language. ***Results.*** The efficiency of the algorithm with the technical specifications taking into account the functional characteristics of the software for isolating cell nuclei in digital microimages turned out to be statistically significantly ($p < 0.001$) higher than that of the algorithm without the technical specifications. ***Conclusions.*** Taking into account the area (in pixels) in the range from 100 to 1000 pixels and the elongation in the range from 1 to 3.5 pixels when forming requirements for the functional characteristics of the software product allows for increasing the accuracy and sensitivity of isolating cell nuclei in digital images of microslides.

Keywords: functional requirements for information systems, efficiency assessment, computer-aided image analysis, cell nuclei

© 2025 by the autors

ВВЕДЕНИЕ

В современной медицине анализ микроскопических изображений клеток и тканей по-прежнему остается одним из важнейших диагностических подходов при лечении различных болезней [1–3].

Прогресс в области компьютерной техники и микроскопии открывает возможности для применения вычислительных методов при анализе гистологических препаратов, способствуя автоматизации обработки цифровых изображений [4–6]. Отмечается важность выделения ядер клеток на цифровых микроизображениях, так как проведение этого этапа с соблюдением всех правил обеспечивает надежность последующих шагов обработки изображений [15, 16]. Однако множество морфометрических характеристик и существенные колебания их величин у разных типов клеток создают серьезные препятствия при создании универсального алгоритма [7–9]. Требования к его функциональным характеристикам, заложенные в техническое задание, выступают связующим элементом между целью и технической реализацией продукта [10–14].

Оценка эффективности реализации требований к функциональным характеристикам программного продукта позволяет определить степень соответствия заданным функциональным требованиям, выявить отклонения от ожидаемых режимов функционирования, а также прогнозировать влияние изменений в функциональном составе на общую надежность и удобство эксплуатации [22].

Таким образом, разработка требований к функциональным характеристикам программного средства для выделения ядер клеток на цифровых микроизображениях является актуальной задачей.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Разработать требования к функциональным характеристикам программного средства для выделения ядер клеток и оценить его эффективность.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Анализ свыше 80 современных научных публикаций в электронных библиотеках PubMed и eLIBRARY за последние 15 лет, индексируемых в РИНЦ и Scopus.

Материалом данного исследования послужили цифровые изображения гистологических микропрепаратов почки, выбор которых обусловлен их стабильностью, поскольку частичная замена клеток происходит примерно раз в несколько месяцев или лет. Медицинские изображения взяты из виртуальной базы HistologyGuide, как соответствующей критериям наличия масштабной шкалы, корректной цветопередачи окраски гематоксилином–эозином и типичной картины нормальной ткани. В рамках исследования было выделено 60 полей зрения, по 20 для каждого типа ткани: паренхимы, эпителия сосудов и соединительной ткани.

На подготовительном этапе был проведен анализ литературных источников, который позволил выявить ключевой фактор для выделения границ ядер — площадь ядра. В рамках первого этапа исследования эксперты проанализировали набор из 60 цифровых изображений микропрепаратов, измерили площадь, периметр, малый и большой диаметры, удлиненность и округлость ядер и подсчитали общее количество ядер. С помощью критерия Шапиро–Уилка определено, что результаты измерения морфометрических параметров в разных типах тканей соответствуют нормальному закону распределения.

На втором этапе был написан программный код на языке Python (версия 3.12) в дистрибутиве Anaconda с использованием библиотеки OpenCV для выделения ядер по их площади (граничные значения получены эмпирическим путем перевода средних значений площади ядер из мкм^2 в пиксели). Результат работы программы (число верно выделенных и пропущенных ядер) был оценен экспертами как неудовлетворительный.

На третьем этапе был проведен факторный анализ, по результатам которого определили наиболее значимые параметры при выделении ядер клеток: удлиненность и площадь. Затем были сформулированы новые требования к программному продукту на основании ключевых параметров и их численных значений, которые были взяты по границам доверительного интервала. Имеющийся программный код был изменен в соответствии с новыми требованиями к функциональным характеристикам компьютерного средства и с учетом граничных значений удлиненности и площади. Результат автоматического выделения ядер также оценивался экспертами.

На четвертом этапе оценивалась эффективность программы посредством расчета чувствительности (отношение верно выделенных ядер ко всем выделенным элементам) и точности (отношение числа верно выделенных ядер к сумме всех выделенных элементов и числа пропущенных ядер) в двух группах сравнения:

Группа сравнения 1 — между результатами автоматизированного выделения ядер по их площади [17] без учета требований к функциональным характеристикам программного продукта и результатами ручного подсчета ядер.

Группа сравнения 2 — между результатами автоматизированного выделения ядер с учетом требований к функциональным характеристикам программного продукта и результатами ручного подсчета ядер.

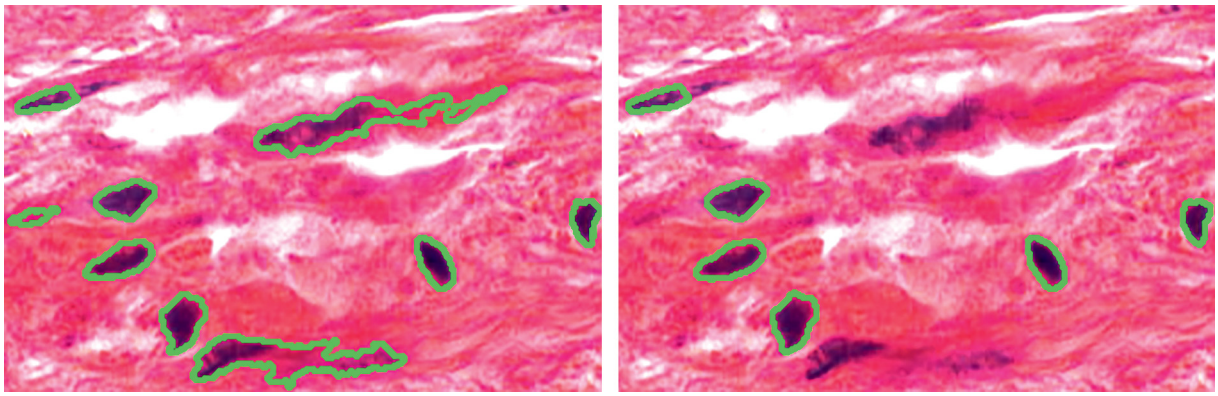
РЕЗУЛЬТАТЫ

В результате факторного анализа в программе STATISTICA 10.0 были выделены фактор размера (основным является параметр площади) и фактор формы (ведущим является параметр удлиненности ядра клетки). Доля общей дисперсии фактора размера 50%, а фактора формы — 43%, следовательно, эти два фактора являются наиболее значимыми [18–21].

Подготовлены требования к функциональным характеристикам программного продукта для выделения контуров объектов:

1. Площадь ядра клетки должна находиться в диапазоне значений от 100 до 1000 (пикселей). Для этого после применения функции cv2.findContours нужно использовать функцию area = cv2.contourArea(contour).
2. Удлиненность ядра клетки, определяющаяся по формуле E = длинный диаметр / короткий диаметр, должна находиться в диапазоне значений от 1,0 до 3,5 пикселей. Для этого после применения функции cv2.findContours и cv2.boundingRect(contour) нужно использовать функцию elongation = = max(w, h) / min(w, h).

Создан программный код, который, согласно уточненному в ходе исследования техническому заданию, выявляет ядра клеток на основании их площади и удлиненности. На рисунке 1 проиллюстрирован результат работы алгоритма.



а/a *б/b*

Рис. 1. Выявление ядер на изображении микропрепарата почки (*а*) без требований, (*б*) с учетом требований к функциональным характеристикам

Fig. 1. Identification nuclei in the image of the kidney micropreparation (*a*) without requirements, (*b*) taking into account the requirements for functional characteristics

Таблица 1

Оценка чувствительности и точности выделения ядер клеток в группах сравнения

Table 1

Evaluation of sensitivity and accuracy of cell nuclei isolation in comparison groups

Оцениваемые переменные / Estimated variables	Сравнение 1 (автоматизированный подсчет без технического задания) / Comparison 1 (automated counting without technical specifications)	Сравнение 2 (автоматизированный подсчет с техническим заданием) / Comparison 2 (automated counting with technical specifications)
Количество верно выделенных ядер / Number of correctly allocated cores	4703	5301
Количество пропущенных ядер / Number of missed cores	761	163
Количество ошибочно выделенных ядер / Number of incorrectly allocated cores	747	389
Чувствительность / Sensitivity	86%	97%
Точность / Accuracy	77%	91%

Всего на цифровых изображениях 60 полей зрения содержалось 5464 ядер клеток. При автоматизированном подсчете ядер без технического задания 4703 выделено правильно, 761 пропущено, 747 артефактов. При автоматизированном подсчете ядер с использованием технического задания 5301 выделено правильно, 163 пропущено, 389 артефактов. Результаты подсчетов отражены в таблице 1.

Экспертами были рассчитаны следующие показатели эффективности.

- Чувствительность в группе с техническим заданием равна 97%, в группе без него — 86%, что является статистически значимым ($p < 0{,}001$).
- Точность в группе с техническим заданием равна 91%, в группе без него — 77%, что также считается статистически значимым ($p < 0{,}001$).

По результатам работы эффективность алгоритма с техническим заданием оказалась статистически значимо ($p < 0{,}001$) выше, чем у алгоритма без технического задания.

ВЫВОДЫ

Учет площади (в пикселях) в диапазоне от 100 до 1000 пикселей и удлиненности в диапазоне от 1 до 3,5 пикселей при формировании требований к функциональным характеристикам программного продукта для автоматизированного выделения ядер клеток позволяет увеличить точность и чувствительность выделения клеточных ядер на цифровых изображениях микропрепаратов методами компьютерного зрения. Таким образом, постановка требований к функциональным характеристикам программного продукта, отраженная в техническом задании, приводит к более точному определению ядер на цифровых микроизображениях.

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

ЛИТЕРАТУРА

1. Медовый В. С. Исследование и разработка программного обеспечения автоматической микроскопии биоматериалов. Автореф. дис. ... канд. техн. наук. М.; 2007.
2. Автандилов Г.Г. Медицинская морфометрия. М.: Медицина; 1990.
3. Андриянов Н.А., Дементьев В.Е., Ташлинский А.Г. Обнаружение объектов на изображении: от критериев Байеса и Неймана-Пирсона к детекторам на базе нейронных сетей. *Компьютерная оптика*. 2022;46(1):139–159. https://doi.org/10.18287/2412-6179-CO-922. EDN: IGOBDC.
4. Шапиро Л., Стокман Дж. Компьютерное зрение. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний; 2015. EDN: SUFYRZ.
5. Стернин В.Е., Леванчук А.В., Ваулин Г.Ф. Применение искусственного интеллекта в решении задач распознавания объектов на медицинских изображениях. В кн.: Материалы XIX Санкт-Петербургской международной конференции «Региональная информатика». СПб.; 2024: 302–303. EDN: CYWOOD.
6. Стернин В.Е., Дохов М.А., Тихомирова А.А., Леванчук А.В. Методы предварительной обработки цифровых фотографий лимфоцитов. *Визуализация в медицине*. 2023;5(3):16–20. EDN: LYFJFS.
7. Арешидзе Д.А. Механизмы поддержания и изменений формы и размеров клеточного ядра (обзор). *Морфологические ведомости*. 2022;30(3):73–80. https://doi.org/10.20340/mv-mn.2022.30(3).670.
8. Поляков Е.В., Попов В.В., Дмитриева В.В. Система анализа изображений ядросодержащих клеток костного мозга для формирования диагностического заключения в онкогематологии. *Моделирование, оптимизация и информационные технологии*. 2025;13(1). https://doi.org/10.26102/2310-6018/2025.48.1.016.
9. Леванчук А.В., Дохов М.А., Тихомирова А.А., Стернин В.Е. Современные подходы к определению параметров для исключения артефактов изображения на цифровых микрофотографиях. *Визуализация в медицине*. 2022;4(4):3–6. EDN: KQGUNO.
10. Гутгарц Р.Д. Особенности проектирования и программирования при создании информационных систем. *Программные продукты и системы*. 2020;33(3):385–395. https://doi.org/10.15827/0236-235X.131.385-395. EDN: MQLBTZ.
11. Лученко А.В., Горбаченко И.М. Проектирование информационной системы по учету товара на складе IT-отдела

в системе 1С. Теоретический и практический потенциал современной науки. Сборник научных статей. А.Х. Цечоева, научн. ред. Ч. II. М.: Перо; 2019: 104–108. EDN: AOYKXS.
12. Грекул В.И., Денищенко Г.Н., Коровкина Н.Л. Проектирование информационных систем. М.: Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), Ай Пи Ар Медиа; 2024.
13. Гутгарц Р.Д., Провилков Е.И. О формализации функциональных требований в проектах по созданию информационных систем. *Программные продукты и системы*. 2019;32(3):349–357. https://doi.org/10.15827/0236-235X.127.349-357. EDN: GXHPFX.
14. Гутгарц Р.Д., Полякова П.М. Анализ особенностей формулирования функциональных требований к автоматизированной информационной системе. *Программные продукты и системы*. 2019;32(3):358–367. https://doi.org/10.15827/0236-235X.127.358-367. EDN: OQHPTB.
15. Loukas C.G., Wilson G.D., Vojnovic B., Linney A. An image analysis-based approach for automated counting of cancer cell nuclei in tissue sections. *Cytometry A*. 2003;55(1):30–42. https://doi.org/10.1002/cyto.a.10060.
16. Byun J., Verardo M.R., Sumengen B., Lewis G.P., Manjunath B.S., Fisher S.K. Automated tool for the detection of cell nuclei in digital microscopic images: application to retinal images. *Mol Vis*. 2006;12:949–960. PMID: 16943767.
17. Salvi M., Molinari F. Multi-tissue and multi-scale approach for nuclei segmentation in H&E stained images. *BioMedical Engineering OnLine*. 2018;89(17). https://doi.org/10.1186/s12938-018-0518-0.
18. Irshad H., Veillard A., Roux L., Racoceanu D. Methods for Nuclei Detection, Segmentation, and Classification in Digital Histopathology: A Review — Current Status and Future Potential. *IEEE Reviews in Biomedical Engineering*. 2014;(7):97–114. https://doi.org/10.1109/RBME.2013.2295804.
19. Chen H., Qi X., Yu L., Heng P.-A. DCAN: Deep Contour-Aware Networks for Accurate Gland Segmentation. Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). 2016:2487–2496. https://doi.org/10.1109/CVPR.2016.273.
20. Xu J., Xiang L., Liu Q., Gilmore H., Wu J., Tang J., Madabhushi A. Stacked Sparse Autoencoder (SSAE) for Nuclei Detection on Breast Cancer Histopathology Images. *IEEE Trans Med Imaging*. 2016;35(8):119–130. https://doi.org/10.1109/TMI.2015.2458702.
21. Caicedo J.C., Goodman A., Karhohs K.W., Cimini B.A., Ackerman J., Haghighi M., Heng C., Becker T., Doan M., McQuin C., Rohban M., Singh S., Carpenter A.E. Nucleus segmentation across imaging experiments: the 2018 Data Science Bowl. *Nat Methods*. 2019;16(12):1247–1253. https://doi.org/10.1038/s41592-019-0612-7.
22. Adewumi A., Misra S., Omoregbe N., Crawford B., Soto R. A systematic literature review of open source software quality assessment models. *Springerplus*. 2016;5(1):1936. https://doi.org/10.1186/s40064-016-3612-4.

REFERENCES

1. Medovyy V.S. Research and development of software for automatic microscopy of biomaterials. MD thesis. Moscow; 2021. (In Russian).
2. Avtandilov G.G. Medical morphometry. The manual. Moscow: Medicina; 1990. (In Russian).
3. Andriyanov N.A., Dementiev V.E., Tashlinskiy A.G. Detection of objects in the images: from likelihood relationships towards scalable and efficient neural networks. *Computer Optics*. 2022;46(1):139–159. (In Russian). https://doi.org/10.18287/2412-6179-CO-922. EDN: IGOBDC.
4. Shapiro L., Stockman G. Computer vision. Moscow: BINOM. Laboratoriya znaniy; 2015. (In Russian). EDN: SUFYRZ.
5. Sternin V.E., Levanchuk A.V., Vaulin G.F. Artificial intelligence in solving problems of object recognition in medical images. In: V kn.: Materialy XIX Sankt-Peterburgskoy mezhdunarodnoy konferentsii “Regionalnaya informatika”. Saint Petersburg; 2024: 302–303. (In Russian). EDN: CYWOOD.
6. Sternin V.E., Dokhov M.A., Tikhomirova A.A., Levanchuk A.V. Methods of preprocessing digital photos of lymphocytes. *Visualization in Medicine*. 2023;5(3):16–20. (in Russian). EDN: LYFJFS.
7. Areshidze D.A. Mechanisms of the keeping and change of forms and sizes of the cell nuclei (review). *Morphological newsletter*. 2022;30(3):73–80. (In Russian). https://doi.org/10.20340/mv-mn.2022.30(3).670.
8. Polyakov E.V., Popov V.V., Dmitrieva V.V. A system for analyzing images of nucleated bone marrow cells for the formation of a diagnostic conclusion in oncohematology. *Modeling, Optimization and Information Technology*. 2025;13(1). (In Russian). https://doi.org/10.26102/2310-6018/2025.48.1.016.
9. Levanchuk A.V., Dokhov M.A., Tikhomirova A.A., Sternin V.E. Modern approaches to the determination of parameters for the exclusion of image artifacts in digital microphotography. *Visualization in Medicine*. 2022;4(4):3–6. (In Russian). EDN: KQGUNO.
10. Gutgarts R.D. Design and programming features when creating information systems. *Software & Systems*. 2020;33(3):385–395. (In Russian). https://doi.org/10.15827/0236-235X.131.385-395. EDN: MQLBTZ.
11. Luchenko A.V., Gorbachenko I.M. Design of an information system for accounting of goods in the warehouse of the IT department in the 1C system. Theoretical and practical potential of modern science. Collection of scientific articles. A.Kh. Tsetshoeva, scientific ed. Part II. Moscow: Pero; 2019: 104–108. EDN: AOYKXS. (In Russian).
12. Grekul V.I., Denishchenko G.N., Korovkina N.L. Designing information systems. Textbook. Internet-Universitet Informatsionnykh Tekhnologiy (INTUIT), Ai Pi Ar Media; 2024.
13. Gutgarts R.D., Provilkov E.I. On the formalization of functional requirements in information system projects. *Software & Systems*. 2019;32(3):349–357 (In Russian). https://doi.org/10.15827/0236-235X.127.349-357. EDN: GXHPFX.

14. Gutgarts R.D., Polyakova P.M. Analysis of formulation features of functional requirements to an automated information system. *Software & Systems*. 2019;32(3):358–367 (In Russian). https://doi.org/10.15827/0236-235X.127.358-367. EDN: OQHPTB.
15. Loukas C.G., Wilson G.D., Vojnovic B., Linney A. An image analysis-based approach for automated counting of cancer cell nuclei in tissue sections. *Cytometry A*. 2003;55(1):30–42. https://doi.org/10.1002/cyto.a.10060.
16. Byun J., Verardo M.R., Sumengen B., Lewis G.P., Manjunath B.S., Fisher S.K. Automated tool for the detection of cell nuclei in digital microscopic images: application to retinal images. *Mol Vis*. 2006;12:949–960. PMID: 16943767.
17. Salvi M., Molinari F. Multi-tissue and multi-scale approach for nuclei segmentation in H&E stained images. *BioMedical Engineering OnLine*. 2018;89(17). https://doi.org/10.1186/s12938-018-0518-0.
18. Irshad H., Veillard A., Roux L., Racoceanu D. Methods for Nuclei Detection, Segmentation, and Classification in Digital Histopathology: A Review — Current Status and Future Potential. *IEEE Reviews in Biomedical Engineering*. 2014;(7):97–114. https://doi.org/10.1109/RBME.2013.2295804.
19. Chen H., Qi X., Yu L., Heng P.-A. DCAN: Deep Contour-Aware Networks for Accurate Gland Segmentation. Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). 2016:2487–2496. https://doi.org/10.1109/CVPR.2016.273.
20. Xu J., Xiang L., Liu Q., Gilmore H., Wu J., Tang J., Madabhushi A. Stacked Sparse Autoencoder (SSAE) for Nuclei Detection on Breast Cancer Histopathology Images. *IEEE Trans Med Imaging*. 2016;35(8):119–130. https://doi.org/10.1109/TMI.2015.2458702.
21. Caicedo J.C., Goodman A., Karhohs K.W., Cimini B.A., Ackerman J., Haghighi M., Heng C., Becker T., Doan M., McQuin C., Rohban M., Singh S., Carpenter A.E. Nucleus segmentation across imaging experiments: the 2018 Data Science Bowl. *Nat Methods*. 2019;16(12):1247–1253. https://doi.org/10.1038/s41592-019-0612-7.
22. Adewumi A., Misra S., Omoregbe N., Crawford B., Soto R. A systematic literature review of open source software quality assessment models. *Springerplus*. 2016;5(1):1936. https://doi.org/10.1186/s40064-016-3612-4.

Правила для авторов

Утв. приказом и.о. ректора
ФГБОУ ВО СПбГПМУ Минздарва 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 ВИНИТИ, 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, подберите 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), обусловливающей 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 библиографическое 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 пристатейном 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 ростовых 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 medisinog jusstudenter. 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 транслитерируются.

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 meditsinskoy 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 вверху 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 представлены 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.

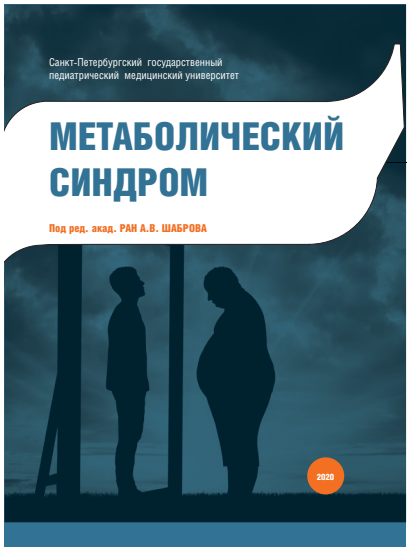
АДРЕС РЕДАКЦИИ

194100, Санкт-Петербург, ул. Литовская, 2
E-mail: lt2007@inbox.ru.
Сайт журнала:
http://ojs3.gpmu.org/index.php/visual-med.

ИЗДАТЕЛЬСТВО ПЕДИАТРИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
ПРЕДСТАВЛЯЕТ

МЕТАБОЛИЧЕСКИЙ СИНДРОМ

Под ред. акад. РАН А.В. Шаброва



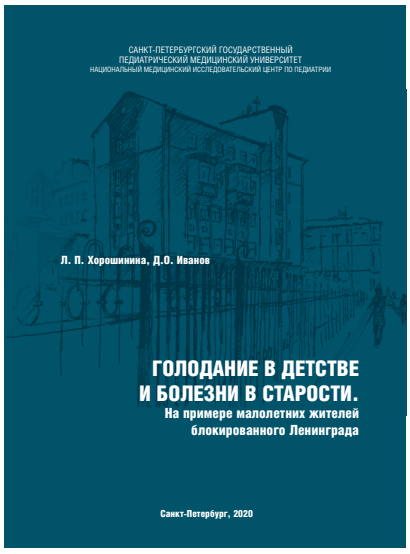
Монография посвящена одной из ведущих проблем современного здравоохранения — метаболическому синдрому. Представлены исторические аспекты изучения метаболического синдрома и ассоциированных с ним заболеваний сердечно-сосудистой системы, критерии диагностики, эпидемиологические данные, проанализирована роль таких факторов, как микробиом кишечника, адипокины, оксидативный стресс, нарушение пищевого поведения в патогенезе метаболического синдрома. Рассмотрено влияние метаболического синдрома на бронхолегочную патологию, гастроэнтерологическую патологию, половые дисфункции. Описаны перспективные методы обследования пациентов с метаболическим синдромом, современные подходы к терапии. Монография будет интересна врачам терапевтических специальностей, научным работникам, преподавателям, аспирантам, студентам медицинских вузов.

Твердый переплет, 496 страниц.

Приобрести издание можно в интернет-магазине Лабиринт:
https://www.labirint.ru/books/777643/

ГОЛОДАНИЕ В ДЕТСТВЕ И БОЛЕЗНИ В СТАРОСТИ

Л.П. Хорошинина, Д.О. Иванов



Книга посвящена малоизученным медицинским проблемам у людей старших возрастных групп, переживших в детстве длительные периоды голодания. Авторами изучаются отдаленные последствия длительного голодания детей и подростков в блокированном Ленинграде (1941–1944). Литературный обзор и полученные данные свидетельствуют об особенностях соматических заболеваний у бывших малолетних жителей блокированного Ленинграда, ставших ныне взрослыми. Книга переиздается повторно, текст её дополнен и исправлен.

Издание может быть интересно патологам, врачам-клиницистам, специалистам по организации здравоохранения и всем гражданам, интересующимся историей блокады Ленинграда.

2-е издание, переработанное и дополненное.

Твердый переплет, 176 страниц.

Приобрести издание можно в интернет-магазине Лабиринт:
https://www.labirint.ru/books/777647/

ИЗДАТЕЛЬСТВО ПЕДИАТРИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА ПРЕДСТАВЛЯЕТ

ОРТОПЕДИЧЕСКАЯ СТОМАТОЛОГИЯ. ПРОТЕЗИРОВАНИЕ НЕСЪЁМНЫМИ КОНСТРУКЦИЯМИ ЗУБНЫХ ПРОТЕЗОВ

М. Ф. Сухарев, С. Б. Фищев, М. Г. Рожкова



Учебник соответствует программе Министерства здравоохранения Российской Федерации по ортопедической стоматологии, предназначен и будет полезным для преподавателей курсов и стоматологических кафедр, студентов стоматологических факультетов, ординаторов, аспирантов, врачей-стоматологов.

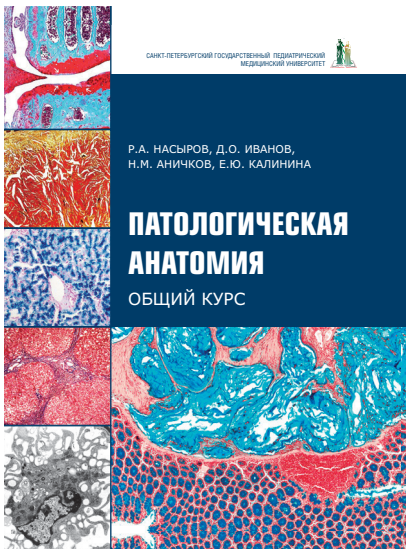
Авторы будут признательны за критические замечания и дополнения.

Твердый переплет, цветные иллюстрации, 464 страницы.

Приобрести издание можно в интернет-магазине Лабиринт:
https://www.labirint.ru/books/877708/

ПАТОЛОГИЧЕСКАЯ АНАТОМИЯ. ОБЩИЙ КУРС

Р.А. Насыров, Д.О. Иванов, Н.М. Аничков, Е.Ю. Калинина



В общем курсе патологической анатомии (клинической патоморфологии) рассмотрены вопросы общей патологической анатомии: методы исследования в патоморфологии, повреждение и гибель клеток и тканей, в том числе старение; нарушения кровообращения и иных сред организма, воспаление, репарация и регенерация, заживление ран, иммунная патология, адаптация, патология роста клеток и их дифференцировки, опухоли, генетические заболевания, учение о диагнозе в патологической анатомии, патология и факторы окружающей среды, патология, вызванная питанием, констатация смерти и др.

Учебник рассчитан на студентов-медиков всех факультетов, а также на врачей, интересующихся вопросами общей патологической анатомии.

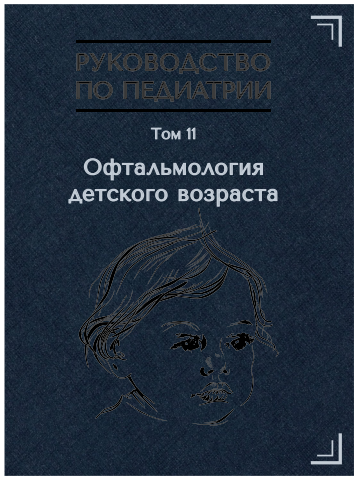
Твердый переплет, цветные иллюстрации, 280 страниц.

Приобрести издание можно в интернет-магазине Лабиринт:
https://www.labirint.ru/books/777658/

ИЗДАТЕЛЬСТВО ПЕДИАТРИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА ПРЕДСТАВЛЯЕТ

Руководство по педиатрии. ОФТАЛЬМОЛОГИЯ ДЕТСКОГО ВОЗРАСТА

Редакционная коллегия тома: Д.О. Иванов, В.В. Бржеский



Том 11 «Руководства по педиатрии» отражает современный уровень развития офтальмологии детского возраста. Книга содержит актуальную информацию о современных методах диагностики и лечения заболеваний глаз у детей. Отдельные разделы посвящены клиническим рекомендациям по основным синдромам и заболеваниям.

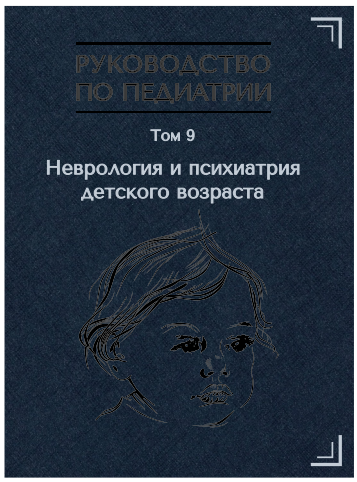
Издание предназначено офтальмологам, педиатрам и представителям других медицинских дисциплин, а также студентам старших курсов медицинских вузов.

Твердый переплет, цветные иллюстрации, 344 страницы.

Приобрести издание можно в интернет-магазине Лабиринт:
https://www.labirint.ru/books/877706/

Руководство по педиатрии. НЕВРОЛОГИЯ И ПСИХИАТРИЯ ДЕТСКОГО ВОЗРАСТА

Редакционная коллегия тома: Д.О. Иванов, В.И. Гузева, С.В. Гречаный



Том 9 «Руководства по педиатрии» отражает современный уровень развития неврологии и психиатрии детского возраста. Книга содержит актуальную информацию о современных методах диагностики и лечения заболеваний нервной системы и психических расстройствах. Отдельные разделы посвящены клиническим рекомендациям по основным синдромам и заболеваниям.

Руководство предназначено неврологам, нейрохирургам, психиатрам, психотерапевтам и представителям других медицинских дисциплин, а также студентам старших курсов медицинских вузов.

Твердый переплет, 288 страниц.

Приобрести издание можно в интернет-магазине Лабиринт:
https://www.labirint.ru/books/877707/