

УДК 616.61-002.3+616-076-073.756.8
<https://doi.org/10.56871/UTJ.2026.43.86.013>

ПЭТ/КТ-ДИАГНОСТИКА ОСТРОГО И ХРОНИЧЕСКОГО ПИЕЛОНЕФРИТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ 3D-РЕКОНСТРУКЦИЙ ПОЧЕЧНОЙ ПАРЕНХИМЫ: КЛИНИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ

Борис Аркадьевич Бердичевский¹, Татьяна Николаевна Василькова¹,
Григорий Васильевич Зубик¹, Михаил Алексеевич Корабельников²,
Даниил Анатольевич Учаев³

¹ Тюменский государственный медицинский университет, 625023, г. Тюмень, ул. Одесская, д. 54, Российская Федерация

² Многопрофильный клинический медицинский центр «Медицинский город», 625041, г. Тюмень, ул. Барнаульская, д. 32, Российская Федерация

³ Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет), 454080, г. Челябинск, пр. Ленина, д. 76, Российская Федерация

Для цитирования: Бердичевский Б.А., Василькова Т.Н., Зубик Г.В., Корабельников М.А., Учаев Д.А. ПЭТ/КТ-диагностика острого и хронического пиелонефрита с использованием 3D-реконструкций почечной паренхимы: клинические наблюдения. *University Therapeutic Journal*. 2026;8(2):203–209. <https://doi.org/10.56871/UTJ.2026.43.86.013>.

Поступила: 14.02.2026

Одобрена: 03.03.2026

Принята к печати: 16.06.2026

РЕЗЮМЕ. Несмотря на прогресс в методах визуализации, точная оценка морфофункциональных изменений почечной паренхимы при воспалительных заболеваниях на ультраструктурном уровне остается сложной клинической задачей. Данная работа демонстрирует инновационный комплексный подход к диагностике острого и хронического пиелонефрита, основанный на интеграции данных позитронно-эмиссионной томографии, совмещенной с компьютерной томографией (ПЭТ/КТ), трансмиссионной электронной микроскопии (ТЭМ) и технологий трехмерного моделирования. В исследовании представлены два клинических наблюдения, в которых показана взаимосвязь показателей метаболической активности почечной паренхимы, полученных при позитронно-эмиссионной томографии, совмещенной с компьютерной томографией, всего тела с ¹¹C-холином, с результатами морфологического и ультраструктурного анализа. Показатель стандартизированного уровня захвата ¹¹C-холина в почечной паренхиме оказался чувствительным индикатором активности воспаления: при остром деструктивном пиелонефрите наблюдается выраженный гиперметаболизм в почечной паренхиме (SUVmax 17,76), в то время как при хроническом пиелонефрите выявлен гипометаболизм (SUVmax 8,5). В исследовании показана работа авторских программных обеспечений, которые позволили создать реконструкции 3D-анатомического состояния почечной паренхимы и 3D-ультраструктурные блочные модели основных элементов нефрона на основе снимков трансмиссионной электронной микроскопии с увеличением в 10 000 раз. Установлена связь между цифровыми показателями позитронно-эмиссионной томографии, совмещенной с компьютерной томографией, и ультраструктурными проявлениями острого и хронического воспаления в почечной паренхиме. Полученные результаты не исключают, что позитронно-эмиссионная томография, совмещенная с компьютерной томографией, с ¹¹C-холином может служить дополнительным неинвазивным инструментом в диагностике и оценке активности клинических проявлений острого и хронического пиелонефрита. Предлагаемый мультимодальный подход открывает новые возможности для разработки объективных диагностических алгоритмов и персонализированного ведения пациентов в современной нефроурологии.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: пиелонефрит, трансмиссионная электронная микроскопия, позитронно-эмиссионная томография, совмещенная с компьютерной томографией, ПЭТ/КТ, ¹¹C-холин

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

✉ Борис Аркадьевич Бердичевский. E-mail: doktor_bba@mail.ru

© Коллектив авторов, 2026

<https://doi.org/10.56871/UTJ.2026.43.86.013>

PET/CT DIAGNOSIS OF ACUTE AND CHRONIC PYELONEPHRITIS USING 3D RECONSTRUCTIONS OF THE RENAL PARENCHYMA: CLINICAL OBSERVATIONS

Boris A. Berdichevsky¹, Tatiana N. Vasilkova¹, Grigory V. Zubik¹,
Mikhail A. Korabelnikov², Daniil A. Uchaev³

¹ Tyumen State Medical University, 54 Odesskaya str., Tyumen, 625023, Russian Federation

² Multidisciplinary Clinical Medical Center “Medical City”, 32 Barnaulskaya str., Tyumen, 625041, Russian Federation

³ South Ural State University (National Research University). 76 Lenin ave., Chelyabinsk, 454080, Russian Federation

For citation: Berdichevsky B.A., Vasilkova T.N., Zubik G.V., Korabelnikov M.A., Uchaev D.A. PET/CT diagnosis of acute and chronic pyelonephritis using 3D reconstructions of the renal parenchyma: clinical observations. *University Therapeutic Journal*. 2025;8(2):203–209. (In Russ.). <https://doi.org/10.56871/UTJ.2026.43.86.013>.

Received: 14.02.2026

Revised: 03.03.2026

Accepted: 16.06.2026

ABSTRACT. Despite advances in imaging techniques, accurate assessment of morphofunctional changes in the renal parenchyma during inflammatory diseases at the ultrastructural level remains a complex clinical challenge. This work demonstrates an innovative comprehensive approach to the diagnosis of acute and chronic pyelonephritis, based on the integration of data from positron emission tomography combined with computed tomography (PET/CT), transmission electron microscopy (TEM), and three-dimensional modeling technologies. The study presents two clinical cases illustrating the relationship between the metabolic activity indices of the renal parenchyma obtained from whole-body positron emission tomography combined with computed tomography with ¹¹C-choline and the results of morphological and ultrastructural analysis. The standardized uptake value of ¹¹C-choline in the renal parenchyma proved to be a sensitive indicator of inflammation activity: in acute destructive pyelonephritis, pronounced hypermetabolism in the renal parenchyma is observed (SUVmax 17.76), while in chronic pyelonephritis, hypometabolism was detected (SUVmax 8.5). The study demonstrates the application of proprietary software that enabled the creation of 3D reconstructions of the anatomical state of the renal parenchyma and 3D ultrastructural block models of the main nephron elements based on transmission electron microscopy images at ×10,000 magnification. A correlation was established between the digital positron emission tomography combined with computed tomography parameters and the ultrastructural manifestations of acute and chronic inflammation in the renal parenchyma. The obtained results suggest that positron emission tomography combined with computed tomography with ¹¹C-choline may serve as an additional non-invasive tool in the diagnosis and activity assessment of the clinical manifestations of acute and chronic pyelonephritis. The proposed multimodal approach opens new possibilities for the development of objective diagnostic algorithms and personalized patient management in modern nephrourology.

KEYWORDS: pyelonephritis, transmission electron microscopy, positron emission tomography combined with computed tomography, PET/CT, ¹¹C-choline

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

✉ Boris A. Berdichevsky. E-mail: doktor_bba@mail.ru

© 2026 by the authors

ВВЕДЕНИЕ

Острый и хронический пиелонефрит остаются одними из наиболее распространенных и клинически значимых проблем в нефроурологии [1, 2]. Несмотря на наличие разнообразных диагностических методов — лабораторных исследований, ультразвуковой диагностики, компьютерной и магнитно-резонансной томографии — точная количественная и качественная оценка морфологических и функциональных изменений на молекулярном и ультраструктурном уровнях остается сложной задачей для врача. Ограниченная разрешающая способность традиционных визуализирующих технологий, а также отсутствие комплексного подхода к анализу данных затрудняют раннее выявление воспалительных изменений и мониторинг их динамики. В последние десятилетия применение высокотехнологичных методов, таких как совмещенная позитронно-эмиссионная/компьютерная томография (ПЭТ/КТ) открывает новые перспективы в оценке метаболической активности воспалительных процессов в почках [3–6]. Однако в клинической практике функциональные данные ПЭТ/КТ преимущественно используются для онкологической диагностики, в то время как интерпретация признаков воспаления в данных исследованиях остается недостаточно разработанной [7, 8].

Современная урология стремительно развивается в направлении интеграции инновационных технологий визуализации и цифровой обработки медицинских данных, что открывает новые возможности для диагностики воспалительных заболеваний мочеполовой системы. Одним из наиболее перспективных направлений клинической урологии является применение методов комбинированной многокомпонентной визуализации в диагностике патологий почек. Многокомпонентная клиническая визуализация с внедрением технологий искусственного интеллекта и 3D-реконструктивных методик на основе данных ПЭТ/КТ с ^{11}C -холином или 18-фтордезоксиглюкозой, трансмиссионной электронной микроскопии (ТЭМ) с увеличением в 10 000 раз могут значительно повысить эффективность и усовершенствовать диагностику почечных патологий различного генеза [9–13]. Комбинированная многокомпонентная оценка состояния почечной паренхимы по данным ПЭТ/КТ и ТЭМ с элементами 3D-реконструктивных технологий отвечает всем современным стандартам, однако практикующему врачу-урологу без знаний в области ядерной медицины, электронной ми-

кроскопии и 3D-моделирования анализировать результаты данных исследований не представляется возможным¹.

Таким образом, ПЭТ/КТ-диагностика острого и хронического пиелонефрита с использованием анатомических и ультраструктурных 3D-реконструкций почечной паренхимы может стать важным шагом для разработки новых клинических алгоритмов и улучшения качества медицинской помощи пациентам с воспалительными заболеваниями почек.

КЛИНИЧЕСКОЕ НАБЛЮДЕНИЕ № 1

В первом клиническом наблюдении пациент Н. 52 лет поступил в экстренном порядке с клинической картиной острого пиелонефрита. Болен в течение 4 дней. Отмечалась высокая температура тела (до 39 °С), ноющие боли в проекции правой почки. Самостоятельно принимал антибактериальные и жаропонижающие препараты. По результатам клинико-лабораторного и инструментального обследования установлена гнойно-деструктивная форма пиелонефрита справа (карбункул нижнего полюса). В связи с выраженностью клинических проявлений воспаления больному выполнена экстренная нефрэктомия. Следующим этапом выполнена ТЭМ почечной паренхимы с увеличением в 10 000 раз, на снимках которой удалось визуализировать мочевое пространство с подоцитами, проксимальный и дистальные каналы нефрона (рис. 1).

Для дальнейшей оценки и усовершенствованной визуализации использовались авторские программные обеспечения: по макропрепарату почки создана 3D-анатомическая реконструкция визуального состояния почечной паренхимы, а по 2D-микрофотографиям ТЭМ с увеличением в 10 000 раз создавалась блочная 3D-реконструкция основных элементов нефрона. 3D-реконструкция всех элементов нефрона в едином блоке позволила детально изучить проявления хронического пиелонефрита на ультраструктурном уровне. Послеоперационный период протекал без осложнений, пациент выписан. Из анамнеза установлено, что за 7 дней до поступления пациент проходил плановое ПЭТ/КТ-сканирование всего тела с ^{11}C -холином после радикальной простатэктомии.

¹ Бердичевский Б.А., Бердичевский В.Б., Зубик Г.В. и др. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025687778 Российская Федерация. Клиническая навигация 3D-анатомического и 3D-ультраструктурного состояния почечной паренхимы по результатам ПЭТ/КТ всего тела с ^{11}C -холином: заявл. 14.07.2025; опубл. 15.10.2025.



Рис. 1. Трансмиссионная электронная микроскопия почечной паренхимы при остром пиелонефрите с увеличением в 10 000 раз (рисунок подготовлен авторами по собственным данным)

Fig. 1. Transmission electron microscopy of the renal parenchyma in acute pyelonephritis, magnification $\times 10,000$ (the figure is prepared by the authors using their own data)

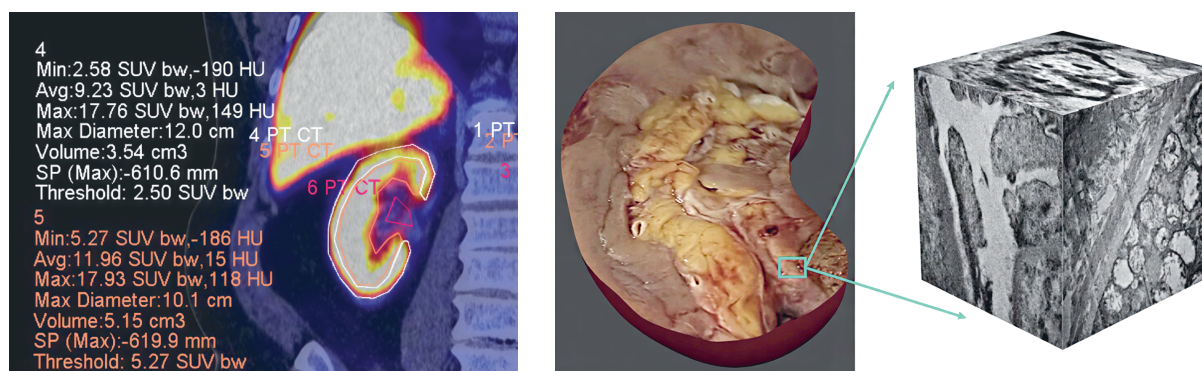


Рис. 2. Молекулярно-клеточный гиперметаболизм ^{11}C -холина по результатам ПЭТ/КТ-сканирования при остром деструктивном пиелонефрите с навигацией 3D-анатомического и 3D-ультраструктурного состояния почечной паренхимы ($\times 10\,000$) (рисунок подготовлен авторами по собственным данным)

Fig. 2. Molecular and cellular hypermetabolism of ^{11}C -choline as assessed by PET/CT scanning in acute destructive pyelonephritis with navigation of the 3D anatomical and 3D ultrastructural state of the renal parenchyma ($\times 10,000$) (the figure is prepared by the authors using their own data)

Ретроспективный анализ ПЭТ/КТ уже на доклинической стадии показал проявления гиперметаболизма ^{11}C -холина в почечной паренхиме справа SUVmax до 17,76 у.е. (рис. 2).

КЛИНИЧЕСКОЕ НАБЛЮДЕНИЕ № 2

Во втором клиническом наблюдении пациентка Б. 46 лет поступила в плановом порядке для оперативного лечения злокачественной нефрогенной гипертензии на фоне хронического пиелонефрита. Для купирования злокачественной нефрогенной гипертензии выполнена нефрэктомия с положительным результатом. При помощи программного обеспечения создана 3D-анатомическая реконструкция визуального состояния почечной паренхимы при хроническом пиелонефрите. Далее выполнялась ТЭМ почечной паренхимы с увеличением в 10 000 раз (рис. 3).

Пациентка наблюдается у онколога по поводу рака шейки матки II стадии в состоянии клинической ремиссии и проходила ПЭТ/КТ всего тела с ^{11}C -холином. Показатель стандартизированного уровня захвата ^{11}C -холина составил 8,5 у.е., что является выраженным явлением гипометаболизма в почечной паренхиме (рис. 4).

В плановом порядке для купирования злокачественной нефрогенной гипертензии выполнена нефрэктомия с положительным результатом. 3D-реконструкция всех элементов нефрона в едином блоке позволила детально подтвердить проявления хронического пиелонефрита на ультраструктурном уровне. Выписана на 21-е сутки с достигнутой медикаментозной стабилизацией артериального давления в удовлетворительном состоянии, под амбулаторное наблюдение нефролога.

комплексный подход существенно расширяет возможности неинвазивной диагностики, обеспечивая врача уникальной информацией для принятия клинических решений в сложных случаях, и представляет собой перспективную основу для разработки новых стандартов в визуализации нефроурологической патологии.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. Бердичевский Б.А., Василькова Т.Н., Зубик Г.В. — концепция и дизайн исследования, написание текста; Зубик Г.В. — написание исходного текста рукописи, создание программного обеспечения; Корабельников М.А. — сбор и анализ данных, описание снимков ПЭТ/КТ с ^{11}C -холином; Учаев Д.А. — сбор и анализ данных, описание микрофотографий трансмиссионной электронной микроскопии. Все авторы прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

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

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

ADDITIONAL INFORMATION

Authors' contribution. Berdichevsky B.A., Vasilkova T.N., Zubik G.V. — study concept and design, text writing; Zubik G.V. — drafting of the original manuscript, software development; Korabelnikov M.A. — data collection and analysis, description of ^{11}C -choline PET/CT images; Uchaev D.A. — data collection and analysis, description of transmission electron microscopy micrographs. All authors have read and approved the final version prior to publication.

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

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

ЛИТЕРАТУРА

1. Hudson C., Mortimore G. The diagnosis and management of a patient with acute pyelonephritis. *Br J Nurs.* 2020;29(3):144–150. <https://doi.org/10.12968/bjon.2020.29.3.144>.

2. Зайцев А.В., Касян Г.Р., Харчилава Р.Р. Хронический пиелонефрит. *Урология.* 2017;1(доп. выпуск 1):27–33. <https://doi.org/10.18565/urol.2017.1-supplement>.
3. Dondi F., Pisani A.R., Lucarelli N.M., Gazzilli M., Talin A., Albano D. et al. Correlation between Kidney Uptake at [18F] FDG PET/CT and Renal Function. *J Pers Med.* 2023;14(1):40. <https://doi.org/10.3390/jpm14010040>.
4. Бердичевский Б.А., Бердичевский В.Б., Сапоженкова Е.В. и др. Клиническое значение ПЭТ/КТ молекулярно-клеточной диагностики воспалительных заболеваний органов мочевой системы. *Урология.* 2023;5:22–27. <https://doi.org/10.18565/urology.2023.5.22-27>.
5. Hanssen O., Lovinfosse P., Weekers L., Hustinx R., Joutet F. La tomographie par émission de positons au 18F-FDG en pathologie rénale non oncologique: indications actuelles et perspectives. *Nephrol Ther.* 2019;15(6):430–438. (In French.). <https://doi.org/10.1016/j.nephro.2018.11.007>.
6. Solav S., Savale S., Patil A.M. Localization of acute pyelonephritis in pyrexia of unknown origin using FDG PET/CT. *Asia Ocean J Nucl Med Biol.* 2020;8(1):79–83. <https://doi.org/10.22038/aojnmb.2019.14242>.
7. Бердичевский Б.А., Бердичевский В.Б., Сапоженкова Е.В. и др. ПЭТ/КТ молекулярно-клеточная визуализация острого пиелонефрита в диагностике скрытых причин лихорадки неясного генеза. *Урология.* 2024;4:75–80. <https://doi.org/10.18565/urology.2024.4.75-80>.
8. Moghrabi S., Abdulkadir A.S., Al-Hajaj N., Gnanasegaran G., Kumar R., Syed G. et al. A New Era for PET/CT: Applications in Non-Tumorous Renal Pathologies. *J Clin Med.* 2024;13(16):4632. <https://doi.org/10.3390/jcm13164632>.
9. Koichiro Ichimura, Soichiro Kakuta, Yuto Kawasaki. Morphological process of podocyte development revealed by block scanning electron microscopy. *J Cell Sci.* 2017;130(1):132–142. <https://doi.org/10.1242/jcs.187815>.
10. Cui Y., Chen Y., Zhao J. Application of 3D reconstruction technology for congenital anomalies of the kidney and urinary tract: a case report. *Quantum Imaging Med Surg.* 2021. <https://doi.org/10.21037/qims-21-691>.
11. Hao J., Qiu Y., Zhao C. Multiple metabolic analysis of [18F] FDG PET/CT in patients with kidney disease. *Research article.* 2025;11(4).
12. Hotta M., Rieger A.C., Jafarvand M.G., Menon N., Farolfi A., Benz M.R. et al. Non-oncologic incidental uptake on FAPI PET/CT imaging. *British Journal of Radiology.* 2023;96(1142). <https://doi.org/10.1259/bjr.20220463>.
13. Singh S.B., Bhandari S., Siwakoti S. et al. Is Imaging Bacteria with PET a Realistic Option or an Illusion? *Diagnostics* (Basel). 2023;13(7):1231. <https://doi.org/10.3390/diagnostics13071231>.

REFERENCES

1. Hudson C., Mortimore G. The diagnosis and management of a patient with acute pyelonephritis. *Br J*

- Nurs.* 2020;29(3):144–150. <https://doi.org/10.12968/bjon.2020.29.3.144>.
2. Zaitsev A.V., Kasyan G.R., Kharchilava R.R. Chronic pyelonephritis. *Urology.* 2017;1(supplemented issue 1):27–33. (In Russ.). <https://doi.org/10.18565/urol.2017.1-supplement>.
 3. Dondi F., Pisani A.R., Lucarelli N.M., Gazzilli M., Talin A., Albano D. et al. Correlation between Kidney Uptake at [18F] FDG PET/CT and Renal Function. *J Pers Med.* 2023;14(1):40. <https://doi.org/10.3390/jpm14010040>.
 4. Berdichevsky B.A., Berdichevsky V.B., Sapozhenkova E.V. et al. Clinical significance of PET/CT molecular-cellular diagnostics of inflammatory diseases of the urinary system. *Urology.* 2023;5:22–27. (In Russ.). <https://doi.org/10.18565/urology.2023.5.22-27>.
 5. Hanssen O., Lovinfosse P., Weekers L., Hustinx R., Jouret F. La tomographie par émission de positons au 18F-FDG en pathologie rénale non oncologique: indications actuelles et perspectives. *Nephrol Ther.* 2019;15(6):430–438. (In French.). <https://doi.org/10.1016/j.nephro.2018.11.007>.
 6. Solav S., Savale S., Patil A.M. Localization of acute pyelonephritis in pyrexia of unknown origin using FDG PET/CT. *Asia Ocean J Nucl Med Biol.* 2020;8(1):79–83. <https://doi.org/10.22038/aojnmb.2019.14242>.
 7. Berdichevsky B.A., Berdichevsky V.B., Sapozhenkova E.V. et al. PET/CT molecular-cellular visualization of acute pyelonephritis in the diagnosis of hidden causes of fever of unknown genesis. *Urology.* 2024;4:75–80. (In Russ.). <https://doi.org/10.18565/urology.2024.4.75-80>.
 8. Moghrabi S., Abdulkadir A.S., Al-Hajaj N., Gnanasegaran G., Kumar R., Syed G. et al. A New Era for PET/CT: Applications in Non-Tumorous Renal Pathologies. *J Clin Med.* 2024;13(16):4632. <https://doi.org/10.3390/jcm13164632>.
 9. Koichiro Ichimura, Soichiro Kakuta, Yuto Kawasaki. Morphological process of podocyte development revealed by block scanning electron microscopy. *J Cell Sci.* 2017;130(1):132–142. <https://doi.org/10.1242/jcs.187815>.
 10. Cui Y., Chen Y., Zhao J. Application of 3D reconstruction technology for congenital anomalies of the kidney and urinary tract: a case report. *Quantum Imaging Med Surg.* 2021. <https://doi.org/10.21037/qims-21-691>.
 11. Hao J., Qiu Y., Zhao C. Multiple metabolic analysis of [18F] FDG PET/CT in patients with kidney disease. *Research article.* 2025;11(4).
 12. Hotta M., Rieger A.C., Jafarvand M.G., Menon N., Farolfi A., Benz M.R. et al. Non-oncologic incidental uptake on FAPI PET/CT imaging. *British Journal of Radiology.* 2023;96(1142). <https://doi.org/10.1259/bjr.20220463>.
 13. Singh S.B., Bhandari S., Siwakoti S. et al. Is Imaging Bacteria with PET a Realistic Option or an Illusion? *Diagnostics (Basel).* 2023;13(7):1231. <https://doi.org/10.3390/diagnostics13071231>.

ОБ АВТОРАХ

✉ **Борис Аркадьевич Бердичевский** — д.м.н., профессор, кафедра детской хирургии с курсом урологии и андрологии. E-mail: doktor_bba@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-9414-8510>; SPIN: 4630-3855

Татьяна Николаевна Василькова — д.м.н., профессор, главный внештатный специалист по терапии УрФО, заведующая кафедрой факультетской терапии. E-mail: vasilkova@tyumsmu.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4753-6630>; SPIN: 3410-4460

Григорий Васильевич Зубик — стажер-исследователь, кафедра детской хирургии с курсом урологии и андрологии. E-mail: grisha.zubik@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0005-1333-2922>; SPIN: 9388-0941

Михаил Алексеевич Корабельников — врач-радиолог. E-mail: kma_doc@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-6020-2489>

Даниил Анатольевич Учаев — ведущий научный сотрудник, отдел электронной микроскопии и рентгеновских методов анализа. E-mail: uchaevda@susu.ru; <https://orcid.org/0000-0002-8623-4769>; SPIN: 5890-1584

AUTHORS' INFO

✉ **Boris A. Berdichevsky** — Dr. Sci. (Med.), Professor, Department of Pediatric Surgery with a Course in Urology and Andrology. E-mail: doktor_bba@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-9414-8510>; SPIN: 4630-3855

Tatiana N. Vasilkova — Dr. Sci. (Med.), Professor, Chief Visiting Specialist in Therapy for the Ural Federal District, Head of the Department of Faculty Therapy. E-mail: vasilkova@tyumsmu.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4753-6630>; SPIN: 3410-4460

Grigory V. Zubik — Research Trainee, Department of Pediatric Surgery with a Course in Urology and Andrology. E-mail: grisha.zubik@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0005-1333-2922>; SPIN: 9388-0941

Mikhail A. Korabelnikov — Radiologist. E-mail: kma_doc@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-6020-2489>

Daniil A. Uchaev — Leading Researcher, Department of Electron Microscopy and X-ray Analysis Methods. E-mail: uchaevda@susu.ru; <https://orcid.org/0000-0002-8623-4769>; SPIN: 5890-1584