

УДК 616-079.89:616.61-089.843  
ББК 53.433.8+54.547+54.14+56.965

Л.М. МУХАМЕТДИНОВА, М.Г. ТУХБАТУЛЛИН, Е.Е. ФОМИНА

## ЗНАЧИМОСТЬ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЧЕЧНОГО АЛЛОГРАФТА

**Ключевые слова:** почечный аллографт, индекс резистентности, ультразвуковая эластография сдвиговой волной, жесткость паренхимы почечного трансплантата.

Пересадка почки является эффективным методом лечения пациентов с хронической почечной недостаточностью в терминальной стадии, так как улучшает качество жизни и имеет преимущества в выживаемости больных в сравнении с диализными методами заместительной почечной терапии. На сегодняшний день для оценки морфологического состояния почечного трансплантата ультразвуковое исследование (УЗИ) наиболее распространенный метод диагностики. Ультразвуковая эластография сдвиговой волной служит дополнительным методом для оценки жесткости паренхимы почечного аллографта и ранней диагностики его дисфункции.

**Целью исследования** явилось определение корреляционной зависимости параметров кровотока, лабораторных показателей и жесткости паренхимы трансплантата почки на разных сроках.

**Материалы и методы.** В группу исследования входили 112 пациентов в возрасте от 18 до 59 лет, которым была проведена трансплантация почек. Каждому пациенту проводилось ультразвуковое исследование в В-режиме и режиме цветового доплеровского картирования. Определяли жесткость паренхимы почечного трансплантата с помощью ультразвуковой эластографии сдвиговой волной. Функциональное состояние трансплантата почки оценивали по уровню креатинина и мочевины в сыворотке крови.

**Результаты исследования.** Сравнивали результаты лабораторных показателей пациентов с показателями жесткости паренхимы и значениями индекса резистентности почечного трансплантата. В раннем послеоперационном периоде выявили умеренную корреляционную связь ( $r_{xy} = 0,301$ ) между уровнем креатинина и жесткостью паренхимы и слабую корреляционную зависимость ( $r_{xy} > 0,3$ ) между уровнем креатинина и индексом резистентности, а также между уровнем мочевины и индексом резистентности и жесткостью паренхимы.

**Выводы.** Ультразвуковое исследование позволяет оценить гемодинамику в почечных трансплантатах на разных сроках, которая коррелирует с показателями мочевины и креатинина в сыворотке крови.

**Введение.** Трансплантация почки является «золотым стандартом» лечения пациентов с хронической почечной недостаточностью в терминальной стадии [2, 8]. В мире за год выполняется около 69 000 пересадок почек. По данным исследований N. Garg et al., в Соединенных Штатах Америки одно-, трех- и пятилетняя выживаемость трансплантатов составляет 91%, 82% и 72% соответственно [1, 7].

В ГАУЗ «Республиканской клинической больнице Минздрава Республики Татарстан» (далее – ГАУЗ «РКБ МЗ РТ») г. Казани с 2012 по 2023 г. включительно проведено 450 трансплантаций почек, ежегодно количество трансплантаций увеличивается (рис. 1).

На сегодняшний день для оценки морфологического состояния почечного трансплантата ультразвуковое исследование (УЗИ) – наиболее распространенный метод диагностики. Функциональное состояние почечного трансплантата (ПТ) оценивается методом доплерографии, которая дает достаточную информацию о сосудах и особенностях кровообращения почки. С помощью прямого измерения скорости кровотока в сосудах и величины индекса резистентности в артериях почек можно оценить почечную перфузию [2].

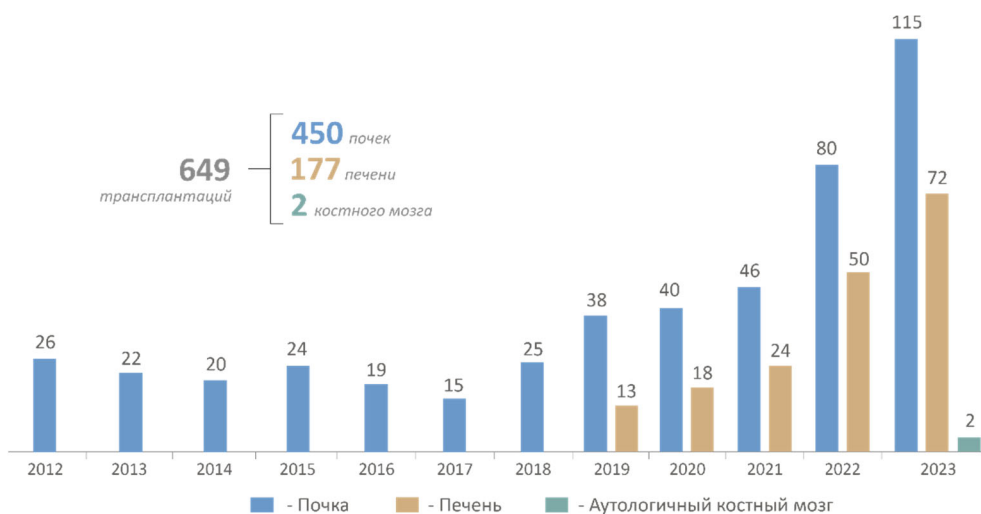


Рис. 1. Динамика трансплантации органов в ГАУЗ «РКБ МЗ РТ»

С учетом доступности современных методов иммуносупрессивной терапии большое количество почечных аллографтов имеют различные осложнения как сосудистого, так и паренхиматозного характера, ведущие к дисфункции трансплантата [4]. Распространенность тромбоза почечной артерии трансплантата колеблется от 0,5 до 3,5%, тромбоза почечной вены – от 0,5–4%, частота стеноза почечной артерии – 1–25%. Гематомы обычно являются небольшим осложнением при трансплантации почки, и их частота составляет от 0,2 до 25%.

Основным методом оценки структурных изменений трансплантированной почки является гистологическое исследование биопсийного материала. Несмотря на то, что биопсия считается «золотым стандартом» диагностики дисфункции почечного аллотрансплантата, она несет в себе риски и осложнения любого инвазивного исследования, включая кровотечение, формирование артериовенозных фистул или псевдоаневризм в 1–18% случаев [6, 10]. Биопсия подвержена определенным рискам, и большое значение для принятия клинических решений имеют неинвазивные методы.

В современном мире клиническое значение приобретает ультразвуковая эластография сдвиговой волной, которая позволяет количественно оценить механические свойства путем анализа распространения сдвиговой волны через интересующую ткань [5]. Данный метод служит дополнительным методом для оценки жесткости паренхимы почечного трансплантата и ранней диагностики дисфункции почечного аллографта.

**Цель исследования** – определение корреляционной зависимости параметров кровотока, лабораторных показателей и жесткости паренхимы трансплантата почки на разных сроках.

**Материалы и методы исследования.** В группу исследования входили 112 пациентов в возрасте от 18 до 59 лет, которым была проведена трансплантация почек. УЗИ проводилось на аппарате SuperSonic Aixplorer с использованием конвексного датчика частотой 1–6 МГц и линейного датчика частотой 2–10 МГц.

Каждому пациенту проводилось ультразвуковое исследование в В-режиме с оценкой состояния и топометрии трансплантата почки – определяли

размеры ПТ, общую толщину паренхимы, а также коркового и мозгового слоя, величину чашечно-лоханочной системы, очаговые изменения, оценивали состояние околопочечного пространства. Состояние околопочечного пространства оценивали по наличию свободной жидкости вокруг трансплантата, таких как гематомы, лимфоцеле. В режиме цветового доплеровского картирования (ЦДК) оценивали скоростные показатели кровотока в артериях и венах в верхней, средней и нижней третях почечного трансплантата. Определяли жесткость паренхимы почечного трансплантата в верхней, средней и нижней третях методом ультразвуковой эластографии сдвиговой волны. Функциональное состояние трансплантата почки оценивали по уровню креатинина и мочевины в сыворотке крови.

Корреляционный анализ проведен с помощью программного обеспечения IBM SPSS Statistics 26. Использованные случаи – статистика для каждой пары переменных основывалась на всех наблюдениях с допустимыми данными для данной пары. Объем выборки составил по 112 наблюдений. Выбросов в выборке не наблюдалось, поэтому использовался корреляционный анализ по методу Пирсона.

**Результаты исследования и их обсуждение.** При оценке околопочечного пространства на сроке до полугода после пересадки почки частота таких осложнений, как лимфоцеле, была высокая и составляла до 55,5%, а ближе к позднему послеоперационному периоду данные показатели имели низкие значения, до 2% (табл. 1). Ближе к 12-му месяцу средние размеры почки и толщина паренхимы уменьшались.

Таблица 1

Параметры почечного трансплантата

Срок после пересадки почки	Длина, мм	Ширина, мм	Толщина паренхимы, мм			Лимфоцеле, %
			всего	коркового слоя	мозгового слоя	
0-1 месяц	117,2±1,44	51,4±0,81	18,4±0,34	7,4±0,14	11,0±0,30	55,50%
6 месяцев	117,2±1,06	49,0±0,89	16,4±0,29	6,7±0,13	9,7±0,28	34,70%
1 год	115,8±2,20	49,1±0,79	16,2±0,28	7,1±0,22	9,0±0,29	2%

Индексы резистентности почечной артерии, междолевых, междольковых артерий в верхней, средней и нижней третях почечного трансплантата представлены в табл. 2.

Таблица 2

Средние значения индекса резистентности почечной артерии и артерий почечного трансплантата

Артерии	Индекс резистентности		
	в ранний послеоперационный период	через 6 месяцев после операции	через 1 год после операции
Почечная	0,74±0,03	0,71±0,04	0,71±0,03
Междолевые			
в верхней трети трансплантата	0,67±0,128	0,65±0,0104	0,66±0,0168
в средней трети трансплантата	0,67±0,0117	0,67±0,0112	0,69±0,0131
в нижней трети трансплантата	0,68±0,0134	0,65±0,0119	0,68±0,0173
Междольковые			
в верхней трети трансплантата	0,64±0,0126	0,60±0,009	0,64±0,0175
в средней трети трансплантата	0,65±0,012	0,61±0,0109	0,64±0,0154
в нижней трети трансплантата	0,64±0,0105	0,61±0,0108	0,64±0,0133

Средняя скорость кровотока почечной вены, интратренальных вен в верхней, средней и нижней третях почечного трансплантата представлены в табл. 3.

Таблица 3

## Средняя скорость кровотока в венах почечного трансплантата, см/с

Вены	Скорость кровотока		
	в ранний послеоперационный период	через 6 месяцев после операции	через 1 год после операции
Основная почечная	42,26±1,42	39,34±1,38	44,10±1,45
Междольковые			
в верхней трети трансплантата	17,82±1,22	14,83±0,87	14,68±1,48
в средней трети трансплантата	19,00±1,83	15,40±0,97	13,31±1,17
в нижней трети трансплантата	17,61±1,56	15,62±1,09	12,87±1,08
Междольковые			
в верхней трети трансплантата	7,76±0,40	6,40±0,37	7,05±0,61
в средней трети трансплантата	7,54±0,39	6,32±0,35	6,93±0,42
в нижней трети трансплантата	6,68±0,31	6,29±0,29	6,76±0,50

При ЦДК проанализировали равномерность «прокрашивания» и проходимость сосудов до междольковых почечных артерий и вен. Показатели жесткости паренхимы почечного трансплантата представлены в табл. 4.

Таблица 4

## Средние значения жесткости паренхимы почечного трансплантата, кПа

Часть трансплантата	Жесткость паренхимы		
	в ранний послеоперационный период	через 6 месяцев после операции	через 1 год после операции
Верхняя треть	18,42±0,64	17,37 ±0,51	16,94 ±0,50
Средняя треть	20,36 ±0,72	19,34 ±0,61	20,34 ±0,89
Нижняя треть	19,48 ±0,63	18,24 ±0,55	18,36 ±0,63

Функциональное состояние трансплантата почки оценивали по уровню креатинина и мочевины в сыворотке крови (табл. 5).

Таблица 5

## Средние значения креатинина и мочевины

Показатели	Значения показателя		
	в ранний послеоперационный период	через 6 месяцев после операции	через 1 год после операции
Креатинин, Мкмоль/л	275,2±30,28	151,7±12,03	132,3±7,26
Мочевина, Ммоль/л	14,6±1,05	10,8±0,55	8,6±0,34

На рис. 2 представлено распределение уровней креатинина и мочевины в зависимости от периода исследования. В раннем послеоперационном периоде показатели выше, чем в позднем послеоперационном периоде. В позднем послеоперационном периоде показатели стабилизируются и имеют низкие значения.

J. Radermacher et al. проводили поперечное исследование и обнаружили зависимость повышения внутривисцерального индекса резистентности после трансплантации почки с хроническим гистологическим повреждением почечных аллографтов и повышенным риском отторжения трансплантата [9].

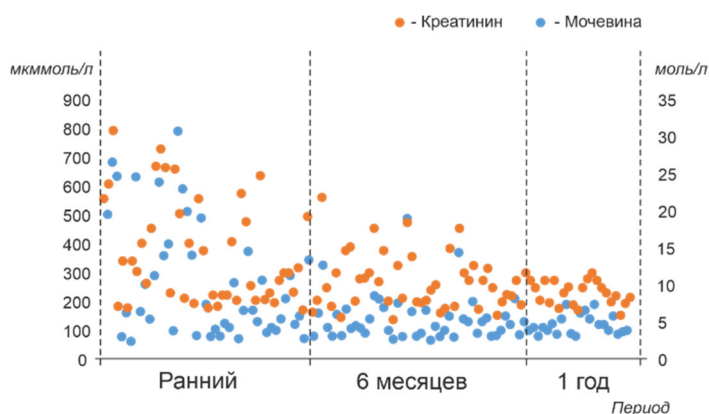


Рис. 2. Распределение уровней креатинина и мочевины по периодам

Ш.Р. Галеев и соавт. провели УЗИ 872 почечных трансплантатов и получили значимую корреляционную связь между спектральными показателями доплерографии ( $p < 0,05$ ) и креатинином сыворотки крови [3].

Мы в своей работе расширили протокол исследования и сравнивали результаты лабораторных показателей пациентов с показателями жесткости паренхимы и значениями индекса резистентности почечного трансплантата. В раннем послеоперационном периоде выявили умеренную корреляционную связь ( $r_{xy} = 0,301$ ) между уровнем креатинина и жесткостью паренхимы и слабую корреляционную зависимость ( $r_{xy} > 0,3$ ) между уровнем креатинина и индексом резистентности, а также между уровнем мочевины и индексом резистентности и жесткостью паренхимы.

Полученные нами данные не противоречат данным ранее проведенных исследований, а дополняют их, позволяя на основе современных технологий неинвазивно отразить более точную выявляемость дисфункции почечного трансплантата.

**Выводы.** Ультразвуковое исследование позволяет оценить гемодинамику в почечных трансплантатах на разных сроках, которая коррелирует с показателями мочевины и креатинина в сыворотке крови.

Увеличение уровня креатинина в сыворотке крови коррелирует с повышением показателей жесткости паренхимы почечного трансплантата и повышением индекса резистентности в междольковой артерии.

На основании представленных данных можно сделать заключение, что выявленные корреляционные зависимости позволяют оценить функциональное состояние почечного трансплантата на разных сроках.

#### Литература

1. Баказова Н.К., Калиев Р.Р., Жумагазиев Т.С. Роль ультразвуковой диагностики в оценке сосудистых осложнений у реципиентов с почечным трансплантатом // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. 2023. № 6. С. 158–161.
2. Влияние элиминации вторичной тепловой ишемии на функцию почечного трансплантата: эксперимент и клиническое исследование / А.В. Шабунин, П.А. Дроздов, Д.А. Макеев и др. // Вестник трансплантологии и искусственных органов. 2023. Т. 25, № 2. С. 26–37.
3. Галеев Ш.Р., Гафурова Э.Р. Роль ультразвукового исследования в комплексной оценке функционального состояния трансплантированной почки // Вестник современной клинической медицины. 2009. Т. 2, вып. 3. С. 5–7.
4. Ранние диагностические критерии криза отторжения почечного трансплантата по данным ультразвукового мониторинга / В.А. Сандриков, М.М. Каабак, Е.Н. Платонова и др. // Трансплантология. 2017. Т. 9, № 3. С. 248–251. DOI: 10.23873/2074-0506-2017-9-3-248-251.

5. Тухбатуллин М.Г., Галеев Ш.Р., Гарифуллина Л.И., Галеев Р.Х. Ультразвуковая эластография сдвиговой волной в оценке состояния почечного трансплантата // Современные технологии в медицине. 2017. Т. 9, № 4. С. 131–136. DOI: 10.17691/stm2017.9.4.16.

6. Breda (Chair) A., Budde K., Figueiredo A. et al. EAU Guidelines on Renal Transplantation. European Association of Urology, 2023, 43 p.

7. Garg N., Poggio E.D., Mandelbrot D. The Evaluation of Kidney Function in Living Kidney Donor Candidates. *Kidney* 360, 2021, vol. 2(9), pp. 1523–1530. DOI: 10.34067/KID.0003052021.

8. Kennedy P., Bane O., Hectors S.J. et al. Magnetic resonance elastography vs. point shear wave ultrasound elastography for the assessment of renal allograft dysfunction. *Eur J Radiol.*, 2020, vol. 126, 108949. DOI: 10.1016/j.ejrad.2020.108949.

9. Radermacher J., Mengel M., Ellis S. et al. The renal arterial resistance index and renal allograft survival. *N Engl J Med.*, 2003, vol. 349, pp. 115–124.

10. Trajceska L., Severova-Andreevska G., Dzekova-Vidimliski P. et al. Complications and Risks of Percutaneous Renal Biopsy. *Maced J Med Sci.*, 2019, vol. 7, no. 7, pp. 992–995. DOI: 10.3889/oamjms.2019.226.

**МУХАМЕТДИНОВА ЛАНДЫШ МИННУЛЛОВНА** – врач ультразвуковой диагностики отделения УЗИ № 1, Республиканская клиническая больница; аспирант кафедры ультразвуковой диагностики, Казанская государственная медицинская академия – филиал Российской медицинской академии непрерывного профессионального образования, Россия, Казань (minnullovnal@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-5716-184X>).

**ТУХБАТУЛЛИН МУНИР ГАБДУЛФАТОВИЧ** – доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой ультразвуковой диагностики, Казанская государственная медицинская академия – филиал Российской медицинской академии непрерывного профессионального образования, Россия, Казань (munir.tuhbatullin@tatar.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0055-4746>).

**ФОМИНА ЕЛЕНА ЕВГЕНЬЕВНА** – доктор медицинских наук, доцент кафедры ультразвуковой диагностики, Казанская государственная медицинская академия – филиал Российской медицинской академии непрерывного профессионального образования, Россия, Казань (efomina@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0667-6127>).

Landysh M. MUKHAMETDINOVA, Munir G. TUKHBATULLIN, Elena E. FOMINA

## THE IMPORTANCE OF ULTRASOUND EXAMINATION OF RENAL ALLOGRAFT

**Key words:** renal allograft, resistance index, shear wave ultrasound elastography, stiffness of the renal transplant parenchyma.

*Kidney transplantation is an effective method of treating patients with end-stage chronic renal failure, as it improves the quality of life and has advantages in patient survival compared with dialysis methods of substitutive renal therapy. To date, ultrasound examination (ultrasound) is the most common diagnostic method for assessing the morphological state of a kidney transplant. Shear wave ultrasound elastography serves as an additional method for assessing the stiffness of the renal allograft parenchyma and early diagnosis of its dysfunction.*

**The aim of the study** was to determine the correlation dependence of blood flow parameters, laboratory parameters and stiffness of the kidney transplant parenchyma at different periods.

**Materials and methods.** The study group included 112 patients aged 18 to 59 years who underwent kidney transplantation. Each patient underwent ultrasound examination in B-mode and color Doppler imaging mode. The stiffness of the renal transplant parenchyma was determined using shear wave ultrasound elastography. The functional state of the kidney transplant was assessed by blood serum creatinine and urea levels.

**Research results.** Laboratory results were compared with parenchymal stiffness and renal graft resistance index. In the early postoperative period, a moderate correlation was found ( $r_{xy} = 0.301$ ) between creatinine level and parenchymal stiffness and a weak correlation ( $r_{xy} > 0.3$ ) between creatinine level and resistance index, as well as between urea level and resistance index and parenchymal stiffness.

**Conclusions.** Ultrasound examination makes it possible to evaluate hemodynamics in kidney transplants at different periods, which correlates with urea and creatinine levels in blood serum.

### References

1. Bakazova N.K., Kaliev R.R., Zhmagaziev T.S. Rol' ul'trazvukovoi diagnostiki v otsenke sosudistykh oslozhnenii u retsipientov s pochechnym [The role of ultrasound diagnostics in the assessment of



vascular complications in kidney transplant recipients]. *Nauka, novye tekhnologii i innovatsii Kyrgyzstana*, 2023, no. 6, pp. 158–161.

2. Shabunin A.V., Drozdov P.A., Makeev D.A. et al. *Vliyanie eliminatsii vtorichnoi teplovoi ishemii na funktsiyu pochechnogo transplantata: eksperiment i klinicheskoe issledovanie* [Effect of elimination of secondary warm ischemia on renal graft function: experiment and clinical study]. *Vestnik transplantologii i iskusstvennykh organov*, 2023, vol. 25, no. 2, pp. 26–37.

3. Galeev Sh.R., Gafurova E.R. *Rol' ul'trazvukovogo issledovaniya v kompleksnoi otsenke funktsional'nogo sostoyaniya transplantirovannoi pochki* [The role of ultrasound in a comprehensive assessment of the functional state of a transplanted kidney]. *Vestnik sovremennoi klinicheskoi meditsiny*, 2009, vol. 2, iss. 3, pp. 5–7.

4. Sandrikov V.A., Kaabak M.M., Platonova E.N. et al. *Rannie diagnosticheskie kriterii kriza ottozheniya pochechnogo transplantata po dannym ul'trazvukovogo monitoringa* [Early diagnostic criteria for a renal graft rejection crisis according to ultrasound monitoring]. *Transplantologiya*, 2017, vol. 9, no. 3, pp. 248–251. DOI: 10.23873/2074-0506-2017-9-3-248-251.

5. Tukhbatullin M.G., Galeev Sh.R., Garifullina L.I., Galeev R.Kh. *Ul'trazvukovaya elastografiya sdvigovoi volnoi v otsenke sostoyaniya pochechnogo transplantata* [Shear wave ultrasound elastography in assessing the condition of a renal graft]. *Sovremennye tekhnologii v meditsine*, 2017, vol. 9, no. 4, pp. 131–136. DOI: 10.17691/stm2017.9.4.16.

6. Breda (Chair) A., Budde K., Figueiredo A. et al. *EAU Guidelines on Renal Transplantation*. European Association of Urology, 2023, p. 43.

7. Garg N., Poggio E.D., Mandelbrot D. The Evaluation of Kidney Function in Living Kidney Donor Candidates. *Kidney 360*, 2021, vol. 2(9), pp. 1523–1530. DOI: 10.34067/KID.0003052021.

8. Kennedy P., Bane O., Hectors S.J. et al. Magnetic resonance elastography vs. point shear wave ultrasound elastography for the assessment of renal allograft dysfunction. *Eur J Radiol.*, 2020, vol. 126, 108949. DOI: 10.1016/j.ejrad.2020.108949.

9. Radermacher J., Mengel M., Ellis S. et al. The renal arterial resistance index and renal allograft survival. *N Engl J Med.*, 2003, vol. 349, pp. 115–124.

10. Trajceska L., Severova-Andreevska G., Dzekova-Vidimliski P. et al. Complications and Risks of Percutaneous Renal Biopsy. *Maced J Med Sci.*, 2019, vol. 7, no. 7, pp. 992–995. DOI: 10.3889/oamjms.2019.226.

---

**LANDYSH M. MUKHAMETDINOVA** – Ultrasound Diagnostic Doctor, Department of Ultrasound Investigation № 1, Republican Clinical Hospital; Post-Graduate Student, Department of Ultrasound Diagnostics, Kazan State Medical Academy – Branch Campus of the Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Russia, Kazan (minnullovnal@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-5716-184X>).

**MUNIR G. TUKHBATULLIN** – Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Department of Ultrasound Diagnostics, Kazan State Medical Academy – Branch Campus of the Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Russia, Kazan (munir.tukhbatullin@tatar.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0055-4746>).

**ELENA E. FOMINA** – Doctor of Medical Sciences, Associate Professor, Department of Ultrasound Diagnostics, Kazan State Medical Academy – Branch Campus of the Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Russia, Kazan (efomina@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0667-6127>).

---

**Формат цитирования:** Мухаметдинова Л.М., Тухбатуллин М.Г., Фомина Е.Е. Значимость ультразвукового исследования почечного аллографта [Электронный ресурс] // Acta medica Eurasica. – 2024. – № 2. – С. 27–33. – URL: <http://acta-medica-eurasica.ru/single/2024/2/4>. DOI: 10.47026/2413-4864-2024-2-27-33.