

Эхокардиографическая оценка структурно-функциональных изменений миокарда у пациентов с хронической болезнью почек 5-й стадии до и после трансплантации почки

М.Ш. Хубутия^{1,2}, Е.В. Шувалова^{✉1}, О.Н. Ржевская^{1,2,3}, Л.Т. Хамидова¹, А.А. Иванников¹,
Х.Г. Алиджанова¹, А.Г. Балкаров^{1,3,4}, И.В. Дмитриев^{1,3}

¹ ГБУЗ «НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗМ»,
129090, Россия, Москва, Большая Сухаревская пл., д. 3;

² Кафедра трансплантологии и искусственных органов Научно-образовательного института
«Высшая школа клинической медицины им. Н.А. Семашко»
ФГБОУ ВО «Российский университет медицины» МЗ РФ,
127006, Россия, Москва, Долгоруковская ул., д. 4;

³ Кафедра трансплантологии и искусственных органов ФДПО ИНОПР
ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова МЗ РФ,
117997, Россия, Москва, ул. Островитянова, д. 1;

⁴ ГБУ «НИИ организации здравоохранения и медицинского менеджмента ДЗМ»,
115184, Россия, Москва, Большая Татарская ул., д. 30

✉ Автор, ответственный за переписку: Екатерина Владимировна Шувалова, врач функциональной диагностики, младший научный сотрудник отделения лучевой диагностики НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского, shuvalovaev@sklif.mos.ru

Аннотация

Введение. Хроническая болезнь почек 5-й стадии приводит к структурному ремоделированию миокарда и сердечной недостаточности. Трансплантация почки способствует нормализации структурно-функциональных показателей миокарда за счет обратного ремоделирования с улучшением его систолической функции.

Цель. Оценить структурно-функциональные изменения миокарда у пациентов до и после трансплантации почки посредством эхокардиографии.

Материал и методы. В ретроспективное кросс-секционное исследование включены 111 человек. Из них 36 пациентов проходили обследование по программе постановки в лист ожидания трансплантации почки (группа I), и 51 пациенту выполнили трансплантацию почки от посмертных доноров (группа II). Группу III составили 24 человека без патологии почек. Всем пациентам выполняли трансторакальную двухмерную эхокардиографию с использованием методики Speckle-tracking для оценки продольной и циркумференциальной деформации миокарда левого желудочка.

Результаты. Статистически значимых отличий в показателях трансторакальной эхокардиографии у пациентов группы I и II обнаружено не было ($p < 0,05$). При сравнении с показателями пациентов группы III были выявлены статистически значимые отличия по следующим параметрам: объем и индекс объема левого предсердия, индекс конечного диастолического объема, индекс массы миокарда левого желудочка, толщина межжелудочковой перегородки и задней стенки левого желудочка, а также показатели диастолической функции (отношение максимальной скорости раннего диастолического наполнения левого желудочка к максимальной скорости наполнения левого желудочка в систолу предсердий, E/A). У пациентов группы I и II наблюдали статистически значимо более высокие показатели систолического давления в легочной артерии – 32 (26,0;38,0) мм рт.ст. и 31,0 (27,3;40,0) мм рт.ст. ($p_{1,2} = 0,949$), в то время как в группе III этот показатель составил 22,5 (20,8;25,3) мм рт.ст. ($p_{1,3} < 0,001$, $p_{2,3} < 0,001$). При проведении корреляционного анализа выявили статистически значимые корреляционные взаимосвязи между индексом массы миокарда левого желудочка и общей циркумференциальной деформацией левого желудочка ($r = 0,41$, $p = 0,0027$), а также между показателем отношения пиковой скорости раннего диастолического трансмитрального потока к пиковой скорости раннего диастолического движения латеральной части митрального фиброзного кольца (E/e') и индексом массы миокарда левого желудочка ($r = 0,323$, $p = 0,00197$). Было установлено, что в динамике через 3 месяца после трансплантации почки отмечалось снижение систолического давления в легочной артерии сразу после трансплантации почки и через 3 месяца составили 40 (32,5;45) и 35 (25,5;41,0) мм рт.ст. ($p = 0,049$), показатели объема левого предсердия – 62,5 (50,0;77,3) и 51,5 (47,5;64,5) мл ($p = 0,03$), показатели индекса объема левого предсердия – 33,4 (29,3;40,2) и 28,3 (25,5;33,6) мл/м² ($p = 0,01$) соответственно.

Выводы. У пациентов с хронической болезнью почек 5-й стадии отмечалась высокая частота функциональных и структурных нарушений левых камер сердца; индекс массы миокарда левого желудочка положительно коррелировал с отношением пиковой скорости раннего диастолического трансмитрального потока к пиковой скорости раннего диастолического движения латеральной части митрального фиброзного кольца (E/e'), а также с глобальным циркумференциальным стрейном. Через 3 месяца после трансплантации почки отмечалась положительная динамика в виде снижения систолического давления в легочной артерии и уменьшения объема левого предсердия.

Ключевые слова: хроническая болезнь почек 5-й стадии, гемодиализ, трансплантация почки, структурно-функциональные изменения миокарда, деформация миокарда левого желудочка

Конфликт интересов Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Финансирование Исследование проводилось без спонсорской поддержки

Для цитирования: Хубутия М.Ш., Шувалова Е.В., Ржевская О.Н., Хамидова Л.Т., Иванников А.А., Алиджанова Х.Г. и др. Эхокардиографическая оценка структурно-функциональных изменений миокарда у пациентов с хронической болезнью почек 5-й стадии до и после трансплантации почки. *Трансплантология*. 2024;16(1):21–33. <https://doi.org/10.23873/2074-0506-2024-16-1-21-33>

Echocardiographic evaluation of myocardial structural and functional changes in patients with stage 5 chronic kidney disease before and after kidney transplantation

M.Sh. Khubutiya^{1,2}, E.V. Shuvalova^{✉1}, O.N. Rzhetskaya^{1,2,3}, L.T. Khamidova¹,
A.A. Ivannikov¹, Kh.G. Alidzhanova¹, A.G. Balkarov^{1,3,4}, I.V. Dmitriev^{1,3}

¹ N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine,
3 Bolshaya Sukharevskaya Sq., Moscow 129090 Russia;

² Department of Transplantology and Artificial Organs of the Scientific and Educational Institute
"N.A. Semashko Higher School of Clinical Medicine", Russian University of Medicine,
4 Dolgorukovskaya St., Moscow 127006 Russia;

³ Department of Transplantology and Artificial Organs, N.I. Pirogov Russian National Research Medical University,
1 Ostrovityanov St., Moscow 117997 Russia;

⁴ Research Institute for Healthcare Organization and Medical Management,
30 Bolshaya Tatarskaya St., Moscow 115184 Russia

✉Corresponding author: Ekaterina V. Shuvalova, Functional Diagnostics Physician, Junior Researcher of the Diagnostic Radiology Department, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine, shuvalovae@sklif.mos.ru

Abstract

Introduction. Chronic kidney disease, stage 5, leads to structural remodeling of the myocardium, and heart failure. Kidney transplantation promotes normalization of structural and functional parameters of the myocardium through reverse remodeling with an improvement of its systolic function.

Aim. To evaluate structural and functional changes of the myocardium in patients before and after kidney transplantation, using echocardiography.

Material and methods. A retrospective cross-sectional study included 111 individuals of whom 36 patients underwent evaluation for kidney transplant waiting list placement program (Group I), and 51 patients received kidney transplants from deceased donors (Group II). Group III consisted of 24 individuals without kidney pathology. All patients underwent transthoracic two-dimensional echocardiography using the Phillips Epiq 7 device to determine the structural and functional parameters of the heart, including the use of speckle-tracking technique to assess longitudinal and circumferential myocardial deformation of the left ventricle.

Results. There were no statistically significant differences in transthoracic echocardiography results between patients in Group I and Group II. When compared to the parameters of patients in Group III, statistically significant differences were found in the following parameters: volume and volume index of the left atrium, end-diastolic volume index, left ventricular mass index, interventricular septum thickness and posterior wall thickness of the left ventricle, as well as diastolic function parameters (E/A). Patients in Group I and Group II had significantly higher values of left atrium diameter: 32 (26.0;38.0) mmHg and 31.0 (27.3;40.0) mmHg, respectively, ($p_{1,2}=0.949$), while in Group III this parameter value was 22.5 (20.8;25.3) mmHg ($p_{1,3}<0.001$, $p_{2,3}<0.001$). Correlation analysis revealed statistically significant correlations between left ventricular mass index and global circumferential strain ($r=0.41$, $p=0.0027$), as well as between E/e' ratio and left ventricular mass index ($r=0.323$, $p=0.00197$). It was found that after 3 months post kidney transplantation, there was a decrease in the left atrium diameter, volume, and volume index. The values of left atrium diameter immediately after kidney transplantation and after 3 months were 40 (32.5;45) mmHg and 35 (25.5;41.0) mmHg ($p=0.049$); those of the left atrium volume were 62.5 (50.0;77.3) and 51.5 (47.5;64.5) ml ($p=0.03$); and those of the left atrium volume index were 33.4 (29.3;40.2) and 28.3 (25.5;33.6) ml/m² ($p=0.01$) respectively.

Conclusions. Patients with chronic kidney disease stage 5 have a high incidence of functional and structural abnormalities of the left heart chambers; left ventricular mass index positively correlates with E/e' and global circumferential strain. At 3 months after kidney transplantation, there was a slight positive trend manifested in the form of a decrease in left atrium diameter and a decrease in left ventricle volume. Further dynamic study of this group of patients in the long term after kidney transplantation is planned.

Keywords: chronic kidney disease stage 5, hemodialysis, kidney transplantation, structural and functional changes of the myocardium, left ventricular myocardial deformation

CONFLICT OF INTERESTS Authors declare no conflict of interest

FINANCING The study was performed without external funding

For citation: Khubutiya MSh, Shuvalova EV, Rzhetskaya ON, Khamidova LT, Ivannikov AA, Alidzhanova KhG, et al. Echocardiographic evaluation of myocardial structural and functional changes in patients with stage 5 chronic kidney disease before and after kidney transplantation. *Transplantologiya. The Russian Journal of Transplantation*. 2024;16(1):21–33. (In Russ.). <https://doi.org/10.23873/2074-0506-2024-16-1-21-33>

АГ – артериальная гипертензия
 ГД – гемодиализ
 ГЛЖ – гипертрофия левого желудочка
 ДД – диастолическая дисфункция
 ЗПТ – заместительная почечная терапия
 ЗС – задняя стенка
 ИБС – ишемическая болезнь сердца
 ИММЛЖ – индекс массы миокарда левого желудочка
 КДО – конечно-диастолический объем
 КДР – конечно-диастолический размер
 КСО – конечно-систолический объем
 ЛЖ – левый желудочек
 ЛП – левое предсердие
 МЖП – межжелудочковая перегородка
 ОНМК – острое нарушение мозгового кровообращения

рСКФ – расчетная скорость клубочковой фильтрации
 СД – систолическая дисфункция
 СДЛА – систолическое давление в легочной артерии
 ССЗ – сердечно-сосудистые заболевания
 ССС – сердечно-сосудистая система
 ТЗСЛЖ – толщина задней стенки левого желудочка
 ТМЖП – толщина межжелудочковой перегородки
 ТП – трансплантация почки
 ФВ – фракция выброса
 ХБП С5 – хроническая болезнь почек 5-й стадии
 ХБП – хроническая болезнь почек
 ХСН – хроническая сердечная недостаточность
 ЭхоКГ – эхокардиография
 GCS – global circumferencial strain
 GLS – global longitudinal strain

Введение

Известно влияние хронической болезни почек (ХБП) на сердечно-сосудистую систему (ССС). При ХБП 5-й стадии (ХБП С5) повышенная нагрузка на сердце, обусловленная перегрузкой давлением и объемом, приводит к ремоделированию сердца, выражающемуся структурными и функциональными изменениями левого предсердия (ЛП), гипертрофией левого желудочка (ГЛЖ) и фиброзом миокарда, что, в свою очередь, приводит к систолической и (или) диастолической левожелудочковой недостаточности. Кроме того, фиброз миокарда вызывает электрическую нестабильность с риском развития внезапной сердечной смерти [1, 2]. Ранее в исследовании M. Łukaszewski et al. (2018) было показано, что у пациентов с ХБП С5 и сердечно-сосудистыми заболеваниями (ССЗ) существует повышенный риск смерти по сравнению с общей популяцией [3].

В исследовании D. Vanerjee et al. (2022) признаки ремоделирования миокарда и систолической (СД)/диастолической дисфункции (ДД) левого желудочка (ЛЖ) были обнаружены у 74% пациентов с ХБП С5 [4]. В исследовании X. Lu et al. (2003) было установлено, что каждое последующее снижение расчетной скорости клубочковой фильтрации (рСКФ) на 1 мл/мин/1,73м² ассоциировалось с повышенным риском ГЛЖ и развитием СД и ДД на 2% (отношение шансов (ОШ): 1,02, 95% доверительный интервал (ДИ) [1,02–1,02], p<0,001) [2].

Диализ и трансплантация почки (ТП) являются единственными доступными вариантами лечения ХБП С5. По сравнению с гемодиализом (ГД), преимуществом ТП является нормализация ССС за счет ремоделирования миокарда с улучшением систолической функции. ТП положительно влияет на эластичность аорты, что снижает постнагрузку ЛЖ и, возможно, является одним из основных механизмов, поддерживающих

обратное ремоделирование ЛЖ [3]. По данным T. Zapolski et al. (2019) успешная ТП у больных с уремической кардиомиопатией инициирует процесс ремоделирования ЛП. Снижение индекса объема ЛП связано с уменьшением объемной перегрузки, а причины дальнейшего снижения, вероятно, связаны с разрешением уремической токсемии и отсутствием ее негативного влияния на ремоделирование ЛП [5].

Одним из перспективных методов оценки сократительной способности миокарда является определение значений показателей деформации миокарда методом Speckle-tracking, являющихся предикторами СД миокарда ЛЖ.

Цель. Оценить структурно-функциональные изменения миокарда у пациентов до и после трансплантации почки посредством эхокардиографии.

Материал и методы

В ретроспективное кросс-секционное исследование включены 111 человек. Из них на базе отделения трансплантации почки и поджелудочной железы ГБУЗ «НИИ СП им. Н.В. Склифосовского ДЗМ» в 2022 г. 36 пациентов проходили обследование по программе постановки в лист ожидания ТП (группа I) и 51 пациенту выполнили ТП от посмертных доноров (группа II). Группу III составили 24 человека без патологии почек.

Клиническая характеристика пациентов группы I и II представлена в табл. 1.

Как видно из табл. 1, пациенты обеих групп, находившихся на заместительной почечной терапии (ЗПТ), были сопоставимы по возрасту и частоте коморбидной патологии. Наиболее распространенными заболеваниями были артериальная гипертензия (АГ) и хроническая сердечная недостаточность (ХСН).

Всем пациентам выполняли трансторакальную двухмерную эхокардиографию (ЭхоКГ) на

аппарате Phillips Epiq7 для определения структурно-функциональных параметров сердца с использованием методики Speckle-tracking для оценки продольной и циркумференциальной деформации миокарда ЛЖ.

Таблица 1. Клинико-демографическая характеристика пациентов в группах I и II

Table 1. Clinical and demographic characteristics of patients in groups I and II

Параметры	Группа I (n=36)	Группа II (n=51)	p-value
Мужчин/женщин, n (%)	14 (38,8)/ 22 (61,2)	28 (54,9)/ 23(45,1)	0,141*
Возраст, Ме (Q1;Q3), лет	45,5 (35,5;57,3)	49 (38,5;57,5)	0,617**
Артериальная гипертонзия, n (%)	34 (94,4)	50 (98)	0,567*
ИБС, n (%)	11 (30,55)	11 (21,56)	0,342*
ХСН, n (%)	31 (86,1)	44 (86,27)	0,754*
Сахарный диабет 1-го типа, n (%)	5 (13,8)	4 (7,8)	0,480*
Сахарный диабет 2-го типа, n (%)	4 (11,1)	7 (13,7)	> 0,999*
ОНМК в анамнезе, n (%)	3 (8,3)	1 (1,9)	0,380*

* – критерий χ^2 -Пирсона, ** – U-критерий Манна-Уитни. Данные представлены в виде значений медиан и квартилей – Ме (Q1;Q3), n – количество больных, ИБС – ишемическая болезнь сердца, ОНМК – острое нарушение мозгового кровообращения, ХСН – хроническая сердечная недостаточность

Для определения ДД ЛЖ соотношение E/A (отношение максимальной скорости раннего диастолического наполнения ЛЖ к максимальной скорости наполнения ЛЖ в систолу предсердий) и E/e' (отношения пиковой скорости раннего диастолического трансмитрального потока к пиковой скорости раннего диастолического движения латеральной части митрального фиброзного кольца) рассчитывали с использованием доплеровских измерений скорости, отношение E/A <0,75 или >1,8 и E/e' >14 обозначали как ДД ЛЖ. У пациентов с толщиной межжелудочковой перегородки (МЖП) или толщиной задней стенки (ЗС) ЛЖ ≥ 12 мм была диагностирована ГЛЖ.

Для оценки деформации использовалась программа AutoCMQ. Показатель общей продольной деформации (Global Longitudinal Strain, GLS) > -20+2 обозначали как снижение продольного стрейна. Показатель общей циркумференциальной деформации (Global Curcumferencial Strain, GCS) > -30+2 обозначали как снижение циркумференциального стрейна. Повторное исследование

пациентов группы II проводили через 3 месяца после ТП.

Статистическая обработка

Статистическая обработка данных была выполнена в программе jamovi версии 2.1.16 для операционной системы macOS Monterey. Построение «тепловой карты» корреляционных взаимосвязей было выполнено с помощью пакета randas 1.5.3 и seaborn 0.12.2 языка программирования Python версии 3.10. Для статистической обработки использовались методы параметрической и непараметрической статистики. Для определения нормальности распределения использовали критерий Шапиро-Уилка. Количественные данные представлены в виде медианы и интерквартильного размаха (Ме (Q1;Q3)). Качественные данные представлены с помощью указания абсолютного числа и процентного соотношения (n (%)). Сравнение количественных показателей в двух группах проводили с помощью U-критерия Манна-Уитни. Сравнение количественных показателей в трех группах проводили с помощью однофакторного дисперсионного анализа Краскела-Уоллиса. Парные апостериорные сравнения различий в исследуемых группах проводили с помощью критерия Двасс-Стил-Кричлоу-Флигнера. Качественные данные сравнивались с помощью критерия χ^2 -Пирсона при значении ожидаемых явлений (ОЯ) > 10, критерия χ^2 -Пирсона с поправкой Йейтса на непрерывность при значении ОЯ от 5 до 9 и критерия Фишера при ОЯ < 5. Корреляционный анализ выполнен с помощью непараметрического критерия Спирмена, тесноту корреляционной взаимосвязи оценивали по шкале Чеддока. Для всех критериев использован уровень статистической значимости 5%, статистические различия признавались при p<0,05. В случае post-hoc попарного сравнения для определения порогов статистической значимости использована поправка Бонферрони.

Результаты

Результаты основных показателей трансторакальной ЭхоКГ у пациентов в исследуемых группах представлены в табл. 2.

Статистически значимых отличий по результатам трансторакальной ЭхоКГ среди пациентов группы I и II обнаружено не было. При сравнении этих показателей с показателями пациентов группы III были выявлены статистиче-

Таблица 2. Показатели эхокардиографии в исследуемых группах
Table 2. Echocardiography parameters in the study groups

Показатель ЭхоКГ	Группа I (n=36)	Группа II (n=51)	Группа III (n=24)	p-value
Объем ЛП Ме (Q1;Q3), мл	60 (41,0;70,0)	50,5 (37,3;72,8)	32,0 (29,0;37,0)	<0,001** p ₁₋₂ =0,74* p ₁₋₃ <0,001* p ₂₋₃ <0,001*
Индекс объема ЛП Ме (Q1;Q3), мл/м ²	31,3 (24,5;35,9)	27,6 (21,8;37,9)	18,6 (16,8;20,0)	<0,001** p ₁₋₂ =0,5* p ₁₋₃ <0,001* p ₂₋₃ <0,001*
Фракция выброса ЛЖ Ме (Q1;Q3), %	60,0 (59,0;62,0)	62,0 (60,0;64,0)	61,0 (60,0;62,5)	0,003** p ₁₋₂ =0,0033* p ₁₋₃ =0,101* p ₂₋₃ =0,583*
Индекс КДО Ме (Q1;Q3), мл/м ²	48,5 (40,5;59,3)	43,5 (36,3;55,2)	38,5 (35,3;38,9)	0,0002** p ₁₋₂ =0,21* p ₁₋₃ <0,001* p ₂₋₃ =0,017*
КДО Ме (Q1;Q3), мл	91,0 (68,5;111,0)	81,5 (68,0;108,0)	75,0 (67,5;77,0)	0,01** p ₁₋₂ =0,58* p ₁₋₃ =0,004* p ₂₋₃ =0,09*
КСО Ме (Q1;Q3), мл	35,0 (26,5;44,3)	30 (25,0;42,0)	30 (25,8;31,0)	0,02** p ₁₋₂ =0,25* p ₁₋₃ =0,006* p ₂₋₃ =0,656*
КДР Ме (Q1;Q3), см	4,6 (4,0;4,9)	4,4 (4,0;4,9)	4,0 (3,8;13,1)	0,21** p ₁₋₂ =0,876* p ₁₋₃ =0,239* p ₂₋₃ =0,279*
ИММЛЖ Ме (Q1;Q3), г/м ²	104,0 (89,5;140,0)	105,0 (82,3;121,0)	60,0 (55,0;60,0)	<0,001** p ₁₋₂ =0,855* p ₁₋₃ <0,001* p ₂₋₃ <0,001*
ТМЖП Ме (Q1;Q3), см	1,4 (1,2;1,5)	1,4 (1,2;1,5)	0,9 (0,8;1,0)	<0,001** p ₁₋₂ =0,997* p ₁₋₃ <0,001* p ₂₋₃ <0,001*
ТЗСЛЖ Ме (Q1;Q3), см	1,0 (0,9;1,1)	1,0 (0,9;1,1)	0,8 (0,7;0,83)	<0,001** p ₁₋₂ =0,856* p ₁₋₃ <0,001* p ₂₋₃ <0,001*
Е/А, Ме (Q1;Q3)	0,9 (0,7;1,1)	0,9 (0,7;1,2)	1,2 (1,0;1,4)	0,0015** p ₁₋₂ =0,991* p ₁₋₃ =0,006* p ₂₋₃ =0,001*
Е/е', Ме (Q1;Q3)	6,8 (5,4;8,4)	7,5 (6,0;9,7)	5,7 (5,2;7,6)	0,268** p ₁₋₂ =0,268* p ₁₋₃ =0,171* p ₂₋₃ =0,004*
СДЛА Ме (Q1;Q3), мм рт. ст.	32,0 (26,0;38,0)	31,0 (27,3;40,0)	22,5 (20,8;25,3)	<0,001** p ₁₋₂ =0,949* p ₁₋₃ <0,001* p ₂₋₃ <0,001*

Примечания: Данные представлены в виде значений медиан и квартилей – Ме (Q1;Q3), n — количество больных, * - критерий Двасс–Стил–Кричлоу–Флигнера, ** - критерий Краскела-Уоллиса Е/А – отношение максимальной скорости раннего диастолического наполнения левого желудочка к максимальной скорости наполнения левого желудочка в систолу предсердий, Е/е' – отношения пиковой скорости раннего диастолического трансмитрального потока к пиковой скорости раннего диастолического движения латеральной части митрального фиброзного кольца, ИММЛЖ – индекс массы миокарда левого желудочка, КДО – конечно-диастолический объем, КДР – конечно-диастолический размер, КСО – конечно-систолический объем, ЛЖ – левый желудочек, ЛП – левое предсердие, СДЛА – систолическое давление в легочной артерии, ТЗСЛЖ – толщина задней стенки левого желудочка, ТМЖП – толщина межжелудочковой перегородки, ФВ – фракция выброса

ски значимые отличия в объеме и индексе объема ЛП, индексе КДО, ИММЛЖ, толщине МЖП и ЗСЛЖ, а также показателях диастолической функции (Е/А).

ФВ ЛЖ была статистически значимо выше у пациентов группы II (62 (60,0;64,0) % по сравнению с группой I ($p_{1-2}=0,0033$)). Пациенты групп I и II имели ГЛЖ по сравнению с пациентами из группы контроля. Кроме этого, у них наблюдали статистически значимо более высокие показатели СДЛА – 32 (26,0;38,0) мм рт.ст. и 31,0 (27,3;40,0) мм рт.ст. ($p_{1-2}=0,949$), в то время как в группе III этот показатель составил 22,5 (20,8;25,3) мм рт.ст. ($p_{1-3}<0,001$, $p_{2-3}<0,001$), а также больший объем и индекс объема ЛП – 60 (41,0;70,0) мл и 50,5 (37,3;72,8) мл ($p_{1-2}=0,74$), 31,3 (24,5;35,9) мл/м² и 27,6 (21,8;37,9) мл/м² ($p_{1-2}=0,5$) по сравнению с группой III – 32,0 (29,0;37,0) мл ($p_{1-3}<0,001$, $p_{2-3}<0,001$) и 18,6 (16,8;20,0) мл/м² ($p_{1-3}<0,001$, $p_{2-3}<0,001$).

Таблица 3. Показатели деформации и времени достижения максимального стрейна левого желудочка в исследуемых группах

Table 3. Strain parameters and time to achieving the left ventricular maximum strain in the studied groups

Показатель стрейна	Группа I (n=36)	Группа II (n=51)	Группа III (n=24)	p-value
GLS %, Me (Q1;Q3)	-13,1 (-15,5;-11,2)	-14,2 (-15,9;-12,0)	-21,1 (-21,1;-20,3)	<0,001** $p_{1-2}=0,584^*$ $p_{1-3}<0,001^*$ $p_{2-3}<0,001^*$
GCS %, Me (Q1;Q3)	-27,3 (-30,4;-21,4)	-28,9 (-32,0;-24,8)	-33,1 (-33,1;-31,0)	<0,001** $p_{1-2}=0,253^*$ $p_{1-3}<0,001^*$ $p_{2-3}<0,001^*$
T _ε max GLS мс, Me (Q1;Q3)	322,0 (57,3;424,0)	247,0 (61,3;381,0)	3,5 (2,0;4,3)	<0,001** $p_{1-2}=0,718^*$ $p_{1-3}<0,001^*$ $p_{2-3}<0,001^*$
T _ε max GCS мс, Me (Q1;Q3)	331,0 (92,5;483,0)	147,0 (77,8;456,0)	2,0 (1,0;3,0)	<0,001** $p_{1-2}=0,736^*$ $p_{1-3}<0,001^*$ $p_{2-3}<0,001^*$

Примечания: данные представлены в виде значений медиан и квартилей – Me (Q1;Q3). n – количество больных, * – критерий Двасс–Стил–Кричлоу–Флигнера, ** – критерий Краскела–Уоллиса, GCS (global circumferential strain) – глобальный циркумференциальный стрейн, GLS (global longitudinal strain) – глобальный продольный стрейн, T_ε max – время достижения максимального стрейна

Как видно из табл. 3, статистически значимых отличий показателей speckle-tracking ЭхоКГ ЛЖ среди пациентов групп I и II обнаружено не было. Группа III имела статистически значимые отличия по всем показателям деформации

(GLS, GCS) и времени достижения максимальной деформации ЛЖ.

Регрессионный анализ основных показателей трансторакальной эхокардиографии

Для выявления статистически значимых корреляционных взаимосвязей была построена «тепловая карта», представленная на рис. 1.

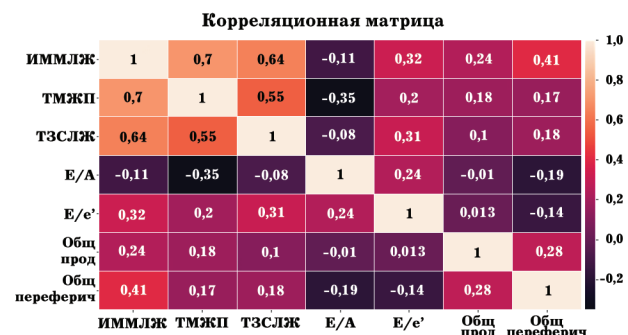


Рис. 1. Корреляционный анализ показателей эхокардиографии в I и II группах. Е/А – отношение максимальной скорости раннего диастолического наполнения левого желудочка к максимальной скорости наполнения левого желудочка в систолу предсердий, Е/е' – отношения пиковой скорости раннего диастолического трансмитрального потока к пиковой скорости раннего диастолического движения латеральной части митрального фиброзного кольца, ИММЛЖ – индекс массы миокарда левого желудочка, Общ прод – глобальный продольный стрейн, Общ периферич – глобальный циркумференциальный стрейн, ТЗСЛЖ – толщина задней стенки левого желудочка, ТМЖП – толщина межжелудочковой перегородки

Fig. 1. Correlation analysis of echocardiography parameters in groups I and II. E/A, the ratio of the maximum velocity of early diastolic filling of the left ventricle to the maximum velocity of the left ventricle filling in atrial systole; E/e', the ratio of the peak early diastolic transmitral flow velocity to the peak early diastolic lateral mitral annular velocity; LVMMI, left ventricular myocardial mass index; Glob.long., global longitudinal strain; Glob.circum., global circumferential strain; LVPWTh, left ventricular posterior wall thickness; IVSTh, interventricular septum thickness

Были выявлены статистически значимые корреляционные взаимосвязи между ИММЛЖ и показателями диастолической функции миокарда (рис. 2). При проведении регрессионного анализа была выявлена взаимосвязь, описываемая следующим уравнением:

$$Y_{E/e'} = 4,4897 + 0,0342 \times X_{ИММЛЖ} \quad (1)$$

где $Y_{E/e'}$ – показатель оценки диастолической функции; $X_{ИММЛЖ}$ – индекс массы миокарда ЛЖ.

Корреляционная связь между показателем Е/е' и ИММЛЖ – прямая слабая (по шкале Чеддока), статистически значимая ($r=0,323$, $p=0,00197$).

Также в ходе проведения корреляционного анализа была выявлена взаимосвязь между

ИММЛЖ и показателем общей циркумференциальной деформации (GCS) миокарда ЛЖ (рис. 3).

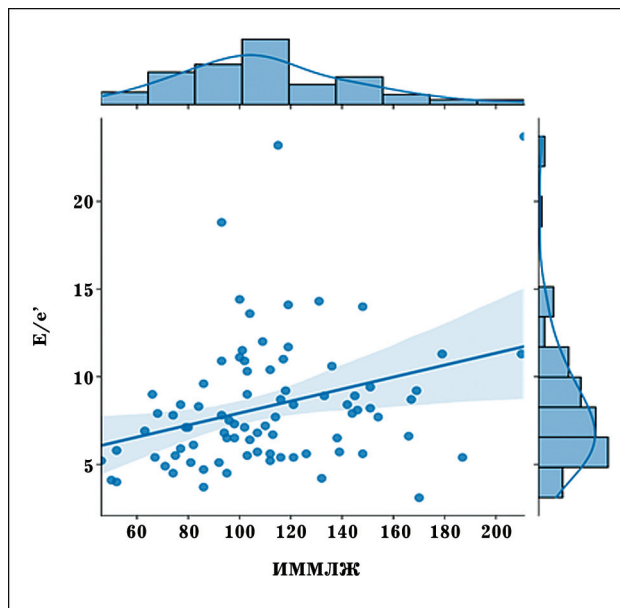


Рис. 2. Регрессионный анализ зависимости показателя E/e' от индекса массы миокарда левого желудочка. E/e' – отношения пиковой скорости раннего диастолического трансмитрального потока к пиковой скорости раннего диастолического движения латеральной части митрального фиброзного кольца

Fig. 2. Regression analysis of the E/e' parameter-to-left ventricular myocardial mass index relationship. E/e', the ratio of the peak early diastolic transmitral flow velocity to the peak early diastolic lateral mitral annular velocity

Наблюдаемая зависимость описывается уравнением:

$$Y_{\text{общ. циркумференц. деформ.}} = 151,99 + 1,66 \times X_{\text{ИММЛЖ}} \quad (2)$$

где $Y_{\text{общ. циркумференц. деформ.}}$ – общая циркумференциальная деформация ЛЖ; $X_{\text{ИММЛЖ}}$ – индекс массы миокарда ЛЖ.

Корреляционная связь между показателем общей периферической деформации ЛЖ и ИММЛЖ – прямая средняя (по шкале Чеддока), статистически значимая ($r=0,41$, $p=0,0027$).

Оценка показателей эхокардиографии у пациентов после трансплантации почки в динамике

В динамике через 3 месяца после ТП у пациентов группы II выполнили ЭхоКГ с оценкой деформации ЛЖ. Результаты представлены в табл. 4.

Через 3 месяца после ТП статистически значимым было уменьшение объема ЛП и снижение СДЛА. Значения объема ЛП и индек-

са объема ЛП сразу после ТП и через 3 месяца составили соответственно -62,5 (50,0;77,3) и 51,5 (47,5;64,5) мл ($p=0,03$), 33,4 (29,3;40,2) и 28,3 (25,5;33,6) мл/м² ($p=0,01$). Также статистически значимым отличием явилось снижение СДЛА в динамике через 3 месяца после ТП – 40 (32,5;45) и 35 (25,5;41,0) мм рт.ст. ($p=0,049$).

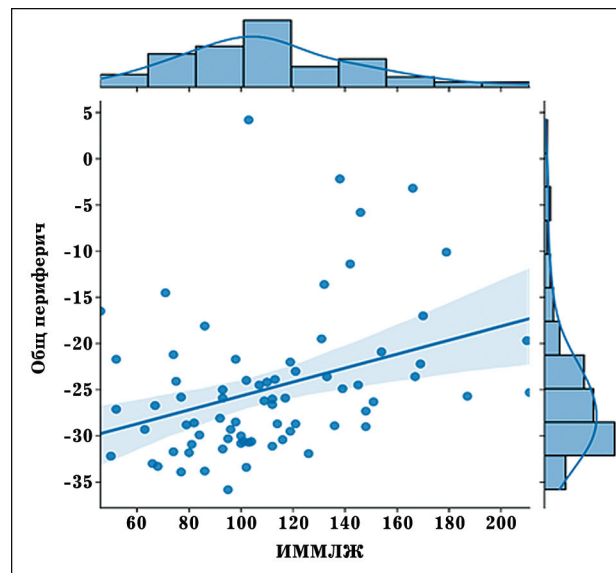


Рис. 3. Регрессионный анализ зависимости индекса массы миокарда левого желудочка и global circumferential strain

Fig. 3. Regression analysis of the relationship between the left ventricular myocardial mass index and the global circumferential strain

Обсуждение

ХБП С5 приводит к ремоделированию сердца, известному как «уремическая кардиомиопатия», обратимость которого после ТП остается спорной. В исследовании Q. d'Hervé et al. (2023) показатели ремоделирования ЛЖ после ТП не изменились [6]. Высокие значения объема ЛП после ТП сохранялись у пациентов пожилого возраста, с клапанными пороками сердца, дисфункцией трансплантата, анемией и АГ. Размер и объем ЛП являются надежными показателями диастолической функции и представляют собой чувствительные биомаркеры сердечно-сосудистых и почечных исходов у пациентов с ХБП С5. Индекс объема ЛП отражает неблагоприятное влияние на электрическую активность сердца у диализных больных с ДД ЛЖ и является биомаркером для стратификации нарушений реполя-

Таблица 4. Динамика показателей эхокардиографии у пациентов после трансплантации почки через 3 месяца
Table 4. Dynamics of post-kidney-transplant echocardiography parameters in patients over 3 months

Показатель	На 3-и–7-е сутки после ТП	Через 3 месяца	p-value**
Объем ЛП Ме (Q1;Q3), мл	62,5 (50,0;77,3)	51,5 (47,5;64,5)	0,030*
Индекс объема ЛП Ме (Q1;Q3), мл/м ²	33,4 (29,3;40,2)	28,3 (25,5;33,6)	0,010*
ФВ ЛЖ Ме (Q1;Q3), %	60,0 (58,5;61,0)	60,0 (60,0;63,0)	0,228
Индекс КДО Ме (Q1;Q3), мл/м ²	50,0 (41,7;62,5)	51,5 (40,4;62,3)	0,783
КДО Ме (Q1;Q3), мл	97,0 (76,5;109,0)	95,0 (76,5;109,0)	0,753
КСО Ме (Q1;Q3), мл	38,0 (29,5;45,0)	36,0 (28,0;43,0)	0,414
КДР Ме (Q1;Q3), см	4,8 (4,5;5,1)	4,5 (4,3;4,9)	0,310
ИММЛЖ Ме (Q1;Q3), г/м ²	103,0 (94,5;125,0)	110,0 (99,0;117,0)	0,843
ТМЖП Ме (Q1;Q3), см	1,3 (1,2;1,4)	1,3 (1,2;1,4)	0,271
ТЗСЛЖ Ме (Q1;Q3), см	1,0 (0,9;1,0)	1,0 (0,9;1,0)	0,671
Е/А Ме (Q1;Q3)	1,0 (0,8;1,5)	1,0 (0,8;1,5)	0,194
Е/е' Ме (Q1;Q3)	8,3 (6,7;9,4)	7,8 (6,0;11,7)	0,610
СДЛА Ме (Q1;Q3), мм рт.ст.	40,0 (32,5;45,0)	35,0 (25,5;41,0)	0,049*
GLS Ме (Q1;Q3), %	14,1 (-16,3;-11,4)	15,4 (-16,8;-12,2)	0,366
GCS Ме (Q1;Q3), %	29,6 (-30,7;-25,3)	29,6 (-32,9;-28)	0,195
T _ε max GLS Ме (Q1;Q3), мс	95,0 (57,0;403,0)	167,0 (83,8;344,0)	0,683
T _ε max GCS Ме (Q1;Q3), мс	342,0 (110,0;506,0)	406,0 (176,0;539,0)	0,689

Примечания: данные представлены в виде значений медиан и квартилей – Ме (Q1;Q3), n – количество больных, * – статистически значимые различия, ** – U-критерий Манна–Уитни. ФВ – фракция выброса, T_ε max – время достижения максимального стрейна

ризации желудочков. Снижение индекса объема ЛП связано с уменьшением объемной перегрузки, а причины дальнейшего снижения вероятно связаны с разрешением уремической токсемии и отсутствием ее негативного влияния на ремоделирование ЛП. У большинства пациентов, находившихся на ЗПТ, выявлена ГЛЖ с нарушением диастолической функции, преимущественно по типу нарушения релаксации и сохраненной ФВ ЛЖ. Это связано с объемной перегрузкой, электролитными нарушениями и АГ как факторами риска, влияющими на риск ССЗ у пациентов с ХБП С5 [7]. По разным данным, при ХБП С5 частота ГЛЖ, ДД и СД соответственно варьировала от 42 до 89%; 51–61% и 24–36% [8–10]. У пациентов, находившихся на ГД и в раннем периоде после ТП, показатели GLS были диффузно снижены, что указывает на раннюю стадию развития СД, характеризующейся незначительным снижением GLS, ДД и сохраненной ФВ ЛЖ [11]. Причинами данных изменений является сама ХБП С5 и многие факторы, включающие АГ, сердечную недостаточность, сахарный диабет и др. GLS является предиктором смертности от всех причин у пациентов с ХБП С5. Важным являет-

ся то, что почечная недостаточность связана с ранним и субклиническим нарушением систолической функции ЛЖ, выраженным аномальным GLS, независимо от степени ухудшения почечной функции и персистирующим, даже несмотря на успешную ТП [12–14].

В нашем исследовании пациенты групп I и II по сравнению с группой контроля имели значимые отличия в показателях, отражающих насосную функцию сердца, толщину стенок ЛЖ, а также деформации миокарда ЛЖ. АГ была одинаково часто диагностирована в обеих группах. Как у пациентов на ГД, так и после ТП, определена ХСН с нормальной ФВ ЛЖ и менее отрицательными значениями GLS по сравнению с контрольной группой. Похожие данные были продемонстрированы в работе M. Ravera et al. (2018) [15].

В исследовании T. Zapolski et al. (2019) через 3 месяца после ТП индекс объема ЛП незначительно снизился [5]. Что касается ЛЖ, так в работе N. Nawwa et al. (2015) в отдаленном периоде после ТП улучшилась ФВ ЛЖ у пациентов с дисфункцией ЛЖ (увеличилась с 41 до 50%; p<0,0001; n=66) и произошло значительное улуч-

шение других параметров, включая диастолическую функцию, КДР ЛЖ, ИММЛЖ и СДЛА [16]. В исследовании D. Kim et al. (2023) также показали улучшение показателей ФВ ЛЖ, ИММЛЖ и GLS через 6 месяцев после ТП [17].

В нашем исследовании отмечается снижение уровня СДЛА и уменьшение объема ЛП, а также отмечается небольшая тенденция к улучшению GLS, указывающие на начальные признаки обратного ремоделирования миокарда. Остальные показатели при ЭхоКГ находились на прежних уровнях. Таким образом, в первые 3 месяца после ТП остаются высокие риски сердечно-сосудистых осложнений и смертельного исхода. Вероятно, дальнейшие процессы обратного ремоделирования миокарда мы увидим на более поздних сроках после ТП. Требуется дальнейшее наблюдение данной когорты пациентов.

Выводы

1. У пациентов с хронической болезнью почек 5-й стадии наиболее распространенным структурным дефектом является гипертрофия миокарда левого желудочка, а диастолическая дисфункция левого желудочка – наиболее частым функциональным дефектом сердца. Повышенный

показатель отношения пиковой скорости раннего диастолического трансмитрального потока к пиковой скорости раннего диастолического движения латеральной части митрального фиброзного кольца (E/e') – мощный независимый предиктор повышения индекса массы миокарда левого желудочка.

2. Для пациентов с хронической болезнью почек 5-й стадии характерна хроническая сердечная недостаточность с сохраненной фракцией выброса левого желудочка.

3. Метод speckle-tracking может быть использован для выявления ранних нарушений систолической функции у пациентов с хронической болезнью почек 5-й стадии и сохраненной фракцией выброса левого желудочка.

4. Через 3 месяца после трансплантации почки сохраняются изменения миокарда, характерные для хронической болезни почек 5-й стадии, что ассоциируется с повышенным риском сердечно-сосудистых осложнений в раннем посттрансплантационном периоде. Вместе с тем, отмечается незначительная положительная динамика в виде снижения систолического давления в легочной артерии и обратного ремоделирования левого предсердия (уменьшения объема и индекса объема левого предсердия).

Список литературы/References

1. Kaesler N, Babler A, Floege J, Kramann R. Cardiac remodeling in chronic kidney disease. *Toxins (Basel)*. 2020;12(3):161. PMID: 32150864 <https://doi.org/10.3390/toxins12030161>
2. Agarwal S, Dangri P, Kalra OP, Rajpal S. Echocardiographic assessment of cardiac dysfunction in patients of chronic renal failure. *J IACM J Indian Acad Clin Med*. 2003;4:296–303.
3. Łukaszewski M, Kosiorowska K, Kamińska D, Obremska M, Mazanowska O, Krajewska M. Myocardial remodeling after kidney transplantation: a case report. *BMC Nephrol*. 2018;19:372. PMID: 30572818 <https://doi.org/10.1186/s12882-018-1185-x>
4. Banerjee D, Wang AY. Personalizing heart failure management in chronic kidney disease patients. *Nephrol Dial Transplant*. 2022;37(11):2055–2062. PMID: 33591313 <https://doi.org/10.1093/ndt/gfab026>
5. Zapolski T, Furmaga J, Wysokiński AP, Wysocka A, Rudzki S, Jaroszyński A. The atrial uremic cardiomyopathy regression in patients after kidney transplantation – the prospective echocardiographic study. *BMC Nephrol*. 2019;20(1):152. PMID: 31046698 <https://doi.org/10.1186/s12882-019-1333-y>
6. d'Hervé Q, Girerd N, Bozec E, Lamiiral Z, Panisset V, Frimat L, et al. Factors associated with changes in echocardiographic parameters following kidney transplantation. *Clin Res Cardiol*. 2023 Apr 21. PMID: 37084138 <https://doi.org/10.1007/s00392-023-02203-6>
7. Hayashi SY, Rohani M, Lindholm B, Brodin LA, Lind B, Barany P, et al. Left ventricular function in patients with chronic kidney disease evaluated by colour tissue Doppler velocity imaging. *Nephrol Dial Transplant*. 2005;21(1):125–132. PMID: 16221719 <https://doi.org/10.1093/ndt/gfi075>
8. Shivendra S, Doley PK, Pragma P, Sivasankar M, Singh VP, Neelam S. Echocardiographic changes in patients with ESRD on maintenance hemodialysis—a single centre study. *J Cardiovasc Dis Diagn*. 2014;2(4):165. <https://doi.org/10.4172/2329-9517.1000165>
9. Laddha M, Sachdeva V, Diggikar PM, Satpathy PK, Kakrani AL. Echocardiographic assessment of cardiac dysfunction in patients of end stage renal disease on haemodialysis. *J Assoc Physicians India*. 2014;62(1):28–32. PMID: 25327089
10. Ahmed HA, Yassein YS, Zaki SA, Al Qersh AM, Fahim FS. Study of echocardiographic changes among adult patients on maintenance hemodialysis. *Menoufia Med J*. 2016;29(1):44–51.
11. Yan P, Li H, Hao C, Shi H, Gu Y, Huang G, et al. 2D-speckle tracking echocardiography contributes to early identification of impaired left ventricular myocardial function in patients with chronic kidney disease. *Nephron Clin Pract*. 2011;118(3):c232–240. PMID: 21196768 <https://doi.org/10.1159/000321383>
12. Liu YW, Su CT, Sung JM, Wang SP, Su YR, Yang CS, et al. Association of left ventricular longitudinal strain with mortality among stable hemodialysis patients with preserved left ventricular ejection fraction. *Clin J Am Soc Nephrol*. 2013;8(9):1564–1574. PMID: 23704303 <https://doi.org/10.2215/CJN.10671012>
13. Kramann R, Erpenbeck J, Schneider RK, Röhl AB, Hein M, Brandenburg VM, et al. Speckle tracking echocardiography detects uremic cardiomyopathy early and predicts cardiovascular mortality in ESRD. *J Am Soc Nephrol*. 2014;25(10):2351–2365. PMID: 24700873 <https://doi.org/10.1681/ASN.2013070734>
14. Calleja AM, Rakowski H, Williams LK, Jamorski M, Chan CT, Carasso S. Left atrial and ventricular systolic and diastolic myocardial mechanics in patients with end-stage renal disease. *Echocardiography*. 2016;33(10):1495–1503. PMID: 27352813 <https://doi.org/10.1111/echo.13284>
15. Ravera M, Rosa GM, Fontanive P, Bussalino E, Dorigi U, Picciotto D, et al. Impaired left ventricular global longitudinal strain among patients with chronic kidney disease and end-stage renal disease and renal transplant recipients. *Cardiorenal Med*. 2019;9(1):61–68. PMID: 30485849 <https://doi.org/10.1159/000494065>
16. Hawwa N, Shrestha K, Hammadah M, Yeo PSD, Fatica R, Tang WHW. Reverse remodeling and prognosis following kidney transplantation in contemporary patients with cardiac dysfunction. *J Am Coll Cardiol*. 2015;66(16):1779–1787. PMID: 26483101 <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2015.08.023>
17. Kim D, Kim M, Park JB, Lee J, Huh KH, Hong GR, et al. Changes in cardiac structure and function after kidney transplantation: a new perspective based on strain imaging. *J Cardiovasc Imaging*. 2023;31(2):98–104. PMID: 37096675 <https://doi.org/10.4250/jcvi.2022.0125>

Информация об авторах

Могели Шалвович Хубутия	акад. РАН, проф., д-р мед. наук, президент ГБУЗ «НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗМ»; заведующий кафедрой трансплантологии и искусственных органов Научно-образовательного института «Высшая школа клинической медицины» МЗ РФ, https://orcid.org/0000-0002-0746-1884 , khubutiyams@sklif.mos.ru 20% – редактирование, внесение исправлений, утверждение окончательного варианта рукописи
Екатерина Владимировна Шувалова	врач функциональной диагностики, младший научный сотрудник отделения лучевой диагностики ГБУЗ «НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗМ», https://orcid.org/0000-0002-3163-5207 , shuvalovaev@sklif.mos.ru 18% – сбор и анализ информации и клинического материала, систематизация данных, написание текста
Ольга Николаевна Ржевская	д-р мед. наук, ведущий научный сотрудник отделения трансплантации почки и поджелудочной железы ГБУЗ «НИИ СП им. Н.В. Склифосовского ДЗМ»; профессор кафедры трансплантологии и искусственных органов Научно-образовательного института «Высшая школа клинической медицины им. Н.А. Семашко» ФГБОУ ВО «Российский университет медицины» МЗ РФ; профессор кафедры трансплантологии и искусственных органов ФДПО ИНОПР ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова МЗ РФ, https://orcid.org/0000-0001-6849-1457 , rzhevskayaon@sklif.mos.ru 12% – концепция, редактирование текста рукописи
Лайла Тимарбековна Хамидова	д-р мед. наук, врач ультразвуковой диагностики, заведующая научным отделением лучевой диагностики ГБУЗ «НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗМ», https://orcid.org/0000-0002-9669-9164 , khamidovalt@sklif.mos.ru 10% – редактирование, внесение исправлений в текст рукописи
Александр Александрович Иванников	младший научный сотрудник отделения лучевой диагностики ГБУЗ «НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗМ», https://orcid.org/0000-0002-9738-1801 , ivannikovaa@sklif.mos.ru 10% – статистическая обработка клинического материала, написание текста рукописи
Хафиза Гафуровна Алиджанова	д-р мед. наук, старший преподаватель учебного центра, старший научный сотрудник отделения неотложной клинической кардиологии с методами неинвазивной функциональной диагностики ГБУЗ «НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗМ», https://orcid.org/0000-0002-6229-8629 , alidzhanovahg@sklif.mos.ru 10% – концепция, редактирование текста рукописи
Аслан Галиевич Балкаров	канд. мед. наук, заведующий научным отделением трансплантации почки и поджелудочной железы ГБУЗ «НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗМ»; доцент кафедры трансплантологии и искусственных органов ФДПО ИНОПР ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова МЗ РФ; заведующий организационно-методическим отделом по трансплантологии ГБУ «НИИ организации здравоохранения и медицинского менеджмента ДЗМ», https://orcid.org/0000-0002-1396-7048 , balkarovag@sklif.mos.ru 10% – редактирование, внесение исправлений
Илья Викторович Дмитриев	д-р мед. наук, заведующий отделением трансплантации почки и поджелудочной железы ГБУЗ «НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗМ»; доцент кафедры трансплантологии и искусственных органов ФДПО ИНОПР ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова МЗ РФ, https://orcid.org/0000-0002-5731-3310 , dmitrieviv@sklif.mos.ru 10% – редактирование, внесение исправлений

Information about the authors

Mogeli Sh. Khubutiya

Academician of the Russian Academy of Sciences, Prof., Dr. Sci. (Med.), President of N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine; Head of the Department of Transplantology and Artificial Organs of the Scientific and Educational Institute "N.A. Semashko Higher School of Clinical Medicine", Russian University of Medicine, <https://orcid.org/0000-0002-0746-1884>, khubutiyams@sklif.mos.ru
20%, editing, making corrections, approval of the final version of the manuscript

Ekaterina V. Shuvalova

Functional Diagnostics Physician, Junior Researcher of the Diagnostic Radiology Department, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine, <https://orcid.org/0000-0002-3163-5207>, shuvalovaev@sklif.mos.ru
18%, collection and analysis of information and clinical material, data systematization, text writing

Olga N. Rzhetskaya

Dr. Sci. (Med.), Leading Researcher, Department of Kidney and Pancreas Transplantation, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine; Professor Department of Transplantology and Artificial Organs of the Scientific and Educational Institute "N.A. Semashko Higher School of Clinical Medicine", Russian University of Medicine; Professor of the Department of Transplantology and Artificial Organs, N.I. Pirogov Russian National Research Medical University, <https://orcid.org/0000-0001-6849-1457>, rzhetskayaon@sklif.mos.ru
12%, concept, editing the text of the manuscript

Layla T. Khamidova

Dr. Sci. (Med.), Ultrasound Diagnostics Physician, Head of the Scientific Department of Diagnostic Radiology, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine, <https://orcid.org/0000-0002-9669-9164>, khamidovalt@sklif.mos.ru
10%, editing, making corrections to the text of the manuscript

Aleksandr A. Ivannikov

Junior Researcher of the Diagnostic Radiology Department, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine, <https://orcid.org/0000-0002-9738-1801>, ivannikovaa@sklif.mos.ru
10%, statistical processing of clinical material, writing the text of the manuscript

Khafiza G. Alidzhanova

Dr. Sci. (Med.), Senior Lecturer of the Training Center, Senior Researcher of the Department of Emergency Clinical Cardiology with Methods of Non-invasive Functional Diagnosis, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine, <https://orcid.org/0000-0002-6229-8629>, alidzhanovahg@sklif.mos.ru
10%, concept, editing the text of the manuscript concept, editing the text of the manuscript

Aslan G. Balkarov

Cand. Sci. (Med.), Head of the Scientific Department of Kidney and Pancreas Transplantation, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine; Associate Professor of the Department of Transplantology and Artificial Organs, N.I. Pirogov Russian National Research Medical University; Head of the Organizational and Methodological Department for Transplantology, Research Institute for Healthcare Organization and Medical Management, <https://orcid.org/0000-0002-1396-7048>, balkarovag@sklif.mos.ru
10%, editing, making corrections

Илья V. Dmitriev

Dr. Sci. (Med.), Head of the Department of Kidney and Pancreas Transplantation, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine; Associate Professor of the Department of Transplantology and Artificial Organs, N.I. Pirogov Russian National Research Medical University, <https://orcid.org/0000-0002-5731-3310>, dmitrieviv@sklif.mos.ru
10%, editing, making corrections

*Статья поступила в редакцию 23.10.2023;
одобрена после рецензирования 28.11.2023;
принята к публикации 27.12.2023*

*The article was received on October 23, 2023;
approved after reviewing November 28, 2023;
accepted for publication December 27, 2023*