

Эхокардиографическая оценка деформации миокарда левого желудочка как неинвазивный метод диагностики легочной гипертензии у пациентов с терминальной стадией хронической болезни почек

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

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

² Кафедра трансплантологии и искусственных органов
ФГБОУ ВО МГМСУ им. А.И. Евдокимова МЗ РФ,
127473, Россия, Москва, Делегатская ул., д. 20, стр. 1;

³ Кафедра трансплантологии и искусственных органов
ФДПО ФГАУ 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

Актуальность. Нередким осложнением хронической болезни почек является легочная гипертензия, частота которой достигает 50%. На современном этапе определение прогностической значимости неинвазивных методов диагностики легочной гипертензии у пациентов с хронической болезнью почек сохраняет свою актуальность.

Цель. Определение значимости трансторакальной эхокардиографии в диагностике легочной гипертензии у пациентов с терминальной стадией хронической болезни почек.

Материал и методы. Исследуемую группу составили 53 пациента с хронической болезнью почек С5Д, обследованные по программе постановки в лист ожидания трансплантации почки в ГБУЗ «НИИ СП им. Н.В. Склифосовского ДЗМ» в 2022 году. Контрольная группа была представлена 24 здоровыми добровольцами. Пациентам выполняли трансторакальную эхокардиографию по стандартному протоколу с определением показателей деформации миокарда левого желудочка.

Результаты. Выявили статистически значимую корреляционную взаимосвязь между показателями общей продольной деформации миокарда левого желудочка и систолическим давлением в легочной артерии – $r=0,488$ ($p<0,001$) и между показателями общей циркумференциальной деформации миокарда левого желудочка и систолическим давлением в легочной артерии ($r=0,545$, $p<0,001$). При проведении регрессионного анализа установили, что увеличение систолического давления в легочной артерии на 1 мм рт.ст. повышало шансы развития смертельного исхода на 13% (отношение шансов 1,13; 95% доверительный интервал [1,05; 1,22], $p=0,002$).

Выводы. Пациенты, получающие гемодиализ, характеризуются развитием прекапиллярной легочной гипертензии, которая значимо влияет на их прогноз. Определение показателей деформации миокарда левого желудочка по данным эхокардиографии дает дополнительную информацию о состоянии гемодинамики малого круга кровообращения без использования интервенционных методов диагностики.

Ключевые слова: терминальная стадия хронической болезни почек, легочная гипертензия, хроническая сердечная недостаточность, общая продольная деформация миокарда левого желудочка, общая циркумференциальная 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., Хамидова Л.Т., Иванников А.А., Балкаров А.Г., Дмитриев И.В. и др. Эхокардиографическая оценка деформации миокарда левого желудочка как неинвазивный метод диагностики легочной гипертензии у пациентов с терминальной стадией хронической болезни почек. *Трансплантология*. 2023;15(4):439–449. <https://doi.org/10.23873/2074-0506-2023-15-4-439-449>

© Хубутия М.Ш., Шувалова Е.В., Хамидова Л.Т., Иванников А.А., Балкаров А.Г., Дмитриев И.В., Алиджанова Х.Г., 2023

Echocardiographic assessment of left ventricular myocardial strain, as a non-invasive method for diagnosing pulmonary hypertension in patients with end-stage chronic kidney disease

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

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

² Department of Transplantology and Artificial Organs,
A.I. Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry,
20 Bldg. 1 Delegatskaya St., Moscow 127473 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, ShuvalovaEV@sklif.mos.ru

Abstract

Background. Pulmonary hypertension is a common complication of chronic kidney disease, with incidence of up to 50%. Currently, the prognostic significance of non-invasive diagnostic methods for pulmonary hypertension in patients with chronic kidney disease remains relevant.

Aim. To determine the significance of transthoracic echocardiography in diagnosing pulmonary hypertension in patients with end-stage chronic kidney disease.

Material and methods. The study group consisted of 53 patients with chronic kidney disease stage 5D who were evaluated for kidney transplantation at the N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine in 2022. A control group was represented by 24 healthy volunteers. Transthoracic echocardiography was performed on all patients according to a standard protocol, with determination of left ventricular myocardial strain indices.

Results. A statistically significant correlation was found between the left ventricular global longitudinal strain and pulmonary artery systolic pressure - $r=0.488$ ($p<0.001$), as well as between the left ventricular global circumferential strain and pulmonary artery systolic pressure ($r=0.545$, $p<0.001$). Regression analysis showed that an increase in pulmonary artery systolic pressure by 1 mmHg increased the odds of lethal outcome by 13% (Odds ratio: 1.13; 95% Confidence interval: [1.05;1.22], $p=0.002$).

Conclusions. Hemodialysis patients are characterized by the development of pre-capillary pulmonary hypertension, which significantly affects their prognosis. Determination of left ventricular myocardial strain indices based on echocardiography provides additional information on the hemodynamics of the pulmonary circulation without using invasive diagnostic methods.

Keywords: end-stage chronic kidney disease, pulmonary hypertension, chronic heart failure, global longitudinal strain of the left ventricular myocardium, global circumferential strain of the left ventricular myocardium

CONFLICT OF INTERESTS Authors declare no conflict of interest
FINANCING The study was performed without external funding

For citation: Khubutiya MSh, Shuvalova EV, Khamidova LT, Ivannikov AA, Balkarov AG, Dmitriev IV, et al. Echocardiographic assessment of left ventricular myocardial strain, as a non-invasive method for diagnosing pulmonary hypertension in patients with end-stage chronic kidney disease. Transplantologiya. The Russian Journal of Transplantation. 2023;15(4):439–449. (In Russ.). <https://doi.org/10.23873/2074-0506-2023-15-4-439-449>

ГЛЖ – гипертрофия левого желудочка
ДЗЛК – давление заклинивания легочных капилляров
ДИ – доверительный интервал
ИБС – ишемическая болезнь сердца
ИММЛЖ – индекс массы миокарда левого желудочка
КДО – конечно-диастолический объем
КДР – конечно-диастолический размер
КСО – конечно-систолический объем
ЛГ – легочная гипертензия
ЛЖ – левый желудочек
ЛП – левое предсердие
ЛСС – легочное сосудистое сопротивление
ОШ – отношение шансов
ОЯ – ожидаемые явления
ПЖ – правый желудочек
ПП – правое предсердие
рДЗЛА – расчетное давление заклинивания легочной артерии

рСДЛА – расчетное среднее систолическое давление в легочной артерии
СВ – сердечный выброс
СДЛА – систолическое давление в легочной артерии
срДЛА – среднее давление в легочной артерии
тЗСЛЖ – толщина задней стенки левого желудочка
тМЖП – толщина межжелудочковой перегородки
УО – ударный объем
ФВ – фракция выброса
ХБП С5 – хроническая болезнь почек стадии 5
ХБП С5Д – хроническая болезнь почек стадии 5 (диализ)
ХБП – хроническая болезнь почек
ХСН – хроническая сердечная недостаточность
ЭхоКГ – эхокардиография
FAC ПЖ – фракционное изменение площади правого желудочка
TAPSE – систолическая экскурсия кольца трикуспидального клапана

Введение

Согласно данным мировой литературы, хроническую болезнь почек (ХБП), в том числе ее терминальную стадию, сопровождает развитие легочной гипертензии (ЛГ) [1–3]. Устойчивое повышение давления в легочной артерии может в итоге привести к декомпенсации правожелудочковой недостаточности и смерти [4]. У пациентов с хронической болезнью почек 5-й стадии (ХБП С5) ЛГ является независимым предиктором сердечно-сосудистых осложнений и смертности [5]. Точные механизмы развития ЛГ при ХБП С5 не известны. Считается, что основными патофизиологическими компонентами могут являться дисфункция миокарда, перегрузка объемом, дисбаланс электролитов [6]. Диагностика ЛГ основывается на измерении показателей давления в системе малого круга кровообращения с помощью инвазивных процедур, что ассоциировано с развитием осложнений. Исследования частоты осложнений катетеризации системы верхней полой вены, в том числе внутренней яремной вены, с целью установки катетера Свана-Ганца, С.И. Ломейко и Е.Н. Бутова (2020) сообщают о том, что частота осложнений может достигать 4,2% для пациентов в общей популяции [7].

Таким образом формируется потребность в оптимизации диагностики ЛГ у пациентов с ХБП С5 с целью снижения рисков развития осложнений. Одним из перспективных неинвазивных методов диагностики ЛГ может являться эхокардиография (ЭхоКГ), однако данная методика имеет ограниченную возможность в определении вклада таких параметров гемодинамики, как сердечный выброс (СВ), давление заклинивания легочных капилляров (ДЗЛК) и легочное сосудистое сопротивление (ЛСС) в связи с особенностями патогенеза ЛГ у данной группы пациентов, а

также субъективностью скоростных измерений [8].

Цель. Определение значимости трансторакальной эхокардиографии в диагностике легочной гипертензии у пациентов с терминальной стадией хронической болезни почек.

Материал и методы

В исследование были включены 53 пациента с сопутствующими сердечно-сосудистыми заболеваниями (22 мужчины (42,6%) и 31 женщина (57,3%), медиана возраста – 50 (39;60) лет), получавших гемодиализ и госпитализированных в ГБУЗ «НИИ СП им. Н.В. Склифосовского ДЗМ» в 2022 году. Включенные в исследование пациенты получали комбинированную гипотензивную терапию (β-адреноблокаторы, антагонисты кальция, блокаторы имидазолиновых рецепторов). Специфическая терапия легочной гипертензии не проводилась. Контрольную группу составили 24 здоровых добровольца. Среди них были 5 мужчин (20,8%) и 19 женщин (79,2%), медиана возраста – 27 (24;34,25) лет. Всем участникам исследования выполнили трансторакальную ЭхоКГ по стандартному протоколу. Структура коморбидности пациентов, включенных в исследование, представлена в табл. 1.

Всем пациентам выполняли трансторакальную двухмерную ЭхоКГ на аппарате Phillips Epiq7 для определения структурно-функциональных параметров сердца и speckle-tracking ЭхоКГ для оценки продольной и циркумференциальной деформации миокарда левого желудочка (ЛЖ).

У пациентов с фракцией выброса (ФВ) ЛЖ (по Симпсону) <50% была диагностирована систолическая дисфункция ЛЖ. Для определения диастолической дисфункции ЛЖ соотношение E/A и E/e' рассчитывали с использованием

доплеровских измерений скорости, отношение $E/A < 0,75$ или $> 1,8$ и/или $E/e' > 14$ обозначали как диастолическую дисфункцию ЛЖ. У пациентов с толщиной межжелудочковой перегородки или толщиной задней стенки ЛЖ ≥ 12 мм была диагностирована гипертрофия ЛЖ (ГЛЖ).

Таблица 1. Частота встречаемости коморбидной патологии у пациентов с терминальной стадией хронической болезни почек

Table 1. The incidence rate of comorbid pathology in patients with end-stage chronic kidney disease

Коморбидная патология	n (%)
Артериальная гипертензия	49 (92,45%)
Хроническая сердечная недостаточность (ХСН)	27 (50,94%)
Перенесенный инфаркт миокарда	16 (30,18%)
Сахарный диабет 1-го типа	6 (11,32%)
Перенесенный инсульт	6 (11,32%)
Сахарный диабет 2-го типа	5 (9,43%)

Расчетное среднее систолическое давление в легочной артерии (рСДЛА) определяли с помощью непрерывно-волновой доплерографии по формуле: $рСДЛА = 4 \times V_{\max}^2 \text{ТР}2 + \text{давление в правом предсердии (ПП)}$, где $V_{\max}^2 \text{ТР}$ – максимальная скорость трикуспидальной регургитации. Среднее давление в легочной артерии (срДЛА) рассчитывали по формуле: $срДЛА = 4 \times V_{\max}^2 \text{ЛР} + \text{давление в ПП}$, где $V_{\max}^2 \text{ЛР}$ – максимальная скорость раннего диастолического пика ЛР в режиме непрерывно-волновой доплерографии [9–10].

Для расчета давления заклинивания в легочной артерии (ДЗЛА) использовали формулу: $ДЗЛА = 1,24 \times (E/e') + 1,9$, где E – максимальная скорость раннего пика антеградного трансмитрального кровотока в импульсно-волновом доплеровском режиме, e' – среднее значение скоростей движения септальной и латеральной сторон митрального кольца в раннюю диастолу в импульсно-волновом режиме тканевой доплерографии [11].

Легочное сосудистое сопротивление (ЛСС) рассчитывали по формуле: $(срДЛА - ДЗЛА) / \text{сердечный выброс}$ [12].

В зависимости от наличия ЛГ у пациентов, получавших гемодиализ, были сформированы две группы – группу I составили 22 пациента со значениями СДЛА ≥ 35 мм рт.ст., группу II – 31 пациент со значением СДЛА < 35 мм рт.ст.

Статистическая обработка

Статистическая обработка данных выполнена в программе jamovi версии 2.1.16 для операционной системы macOS Monterey. Для статистической обработки использовались методы параметрической и непараметрической статистики. Для определения нормальности распределения использовался критерий Шапиро–Уилка. Количественные данные представлены с помощью указания медианы и интерквартильного размаха ($Me (Q1; Q3)$). Качественные данные представлены с помощью указания абсолютного числа и процентного соотношения ($n (\%)$). Количественные данные сравнивали с помощью U-критерия Манна–Уитни. Качественные данные сравнивали 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, теснота корреляционной взаимосвязи оценивалась по шкале Чеддока. Определение вероятности смертельного исхода проводили с использованием метода логистической регрессии с расчетом отношения шансов (ОШ) и 95% доверительного интервала (ДИ). Для всех критериев использован уровень статистической значимости 5%, статистические различия признавались при $p < 0,05$.

Результаты

Основные показатели ЭхоКГ пациентов, находившихся на гемодиализе, и контрольной группы представлены в табл. 2.

Согласно табл. 2, статистически значимые отличия в показателях трансторакальной ЭхоКГ наблюдались практически по всем показателям, кроме E/e' и рДЗЛА. Легочная гипертензия, определяемая как повышение значения СДЛА > 35 мм рт.ст., определялась у 22 пациентов (41,50%), получавших гемодиализ.

Частота встречаемости сопутствующих заболеваний в группах, сформированных исходя из наличия ЛГ, представлена в табл. 3.

У пациентов с ЛГ (группа I) статистически значимо чаще встречались артериальная гипертензия, ИБС, ХСН и перенесенный инсульт.

Основные показатели ЭхоКГ у пациентов группы I и группы II представлены в табл. 4.

Таблица 2. Показатели эхокардиографии в исследуемых группах

Table 2. Echocardiography parameters in the study groups

Показатель ЭхоКГ	Пациенты, получавшие гемодиализ (n=53)	Контрольная группа (n=24)	p-value
Фракция выброса ЛЖ***, %	60 (59,0;62,0)	62,0 (60,0;63,3)	0,03*
КДО***, мл	92 (69,0;67,5)	75,0 (67,5;77,0)	0,001*
КСО***, мл	35 (27,0;45,0)	30,0 (25,8;31,0)	0,002*
УО***, мл	53 (42,0;65,0)	45,0 (40,5;46,0)	0,002*
СВ***, л	3,83 (3,04;4,55)	3,10 (2,51;3,32)	0,001*
КДР***, см	4,60 (4,0;4,90)	4,0 (3,75;4,00)	<0,0001*
Диаметр ЛП***, см	3,8 (3,4;4,1)	2,9 (2,45;3,25)	<0,0001*
Объем ЛП***, мл	60 (41,0;70,0)	32,0 (29,0;37,0)	<0,0001*
Объем ПП***, мл	50 (35,0;60,0)	31,0 (28,0;36,0)	<0,0001*
ИММЛЖ***, г/м ²	104 (90,0;142)	60,0 (55,0;60,0)	<0,0001*
тМЖП***, см	1,4 (1,2;1,5)	0,9 (0,8;1,0)	<0,0001*
тЗСЛЖ***, см	1,0 (0,9;1,10)	0,8 (0,7;0,825)	<0,0001*
Е/А***	0,9 (0,7;1,2)	1,2 (0,975;1,35)	0,006*
Е/е***	6,80 (5,40;8,40)	5,70 (5,20;7,60)	0,07*
Тип диастолической дисфункции			
1-й тип****	21 (39,62%)	0 (0%)	0,0003**
2-й тип****	6 (11,32%)	0 (0%)	0,08**
3-й тип****	5 (9,34%)	0 (0%)	0,1241**
СДЛА***, мм рт.ст.	32 (26,0;38,0)	22,5 (20,8;25,3)	<0,0001*
рДЗЛА***, мм рт.ст.	10,4 (8,65;12,4)	9,03 (8,40;11,4)	0,07*
ЛСС***, ед. Вуда	5,73 (4,43;6,81)	4,40 (3,89;4,87)	0,00182*
Недостаточность митрального клапана			
1-я степень****	41 (73,35%)	20 (83,33%)	0,3422**
2-я степень****	12 (22,64%)	0 (0%)	0,0117**
Недостаточность трикуспидального клапана			
1-я степень****	31 (58,49%)	22 (91,66%)	0,0038**
2-я степень****	21 (39,62%)	0 (0%)	0,0003**
3-я степень****	1 (1,88%)	0 (0%)	0,5**
Общая продольная деформация***, %	-13,1 (-15,5;-11,2)	-21,1 (-21,1;-20,3)	<0,0001*
Общая циркуференциальная деформация***, %	-27,3 (-30,4;-21,4)	-33,1 (-33,2;-31,0)	<0,0001*

Примечания: * – U-критерий Манна–Уитни, ** – критерий χ^2 Пирсона, *** – Ме (Q1; Q3), **** – n (%); ИММЛЖ – индекс массы миокарда левого желудочка, КДО – конечно-диастолический объем, КДР – конечно-диастолический размер, КСО – конечно-систолический объем, ЛП – левое предсердие, рДЗЛА – расчетное давление заклинивания легочной артерии, СДЛА – систолическое давление в легочной артерии, тЗСЛЖ – толщина задней стенки левого желудочка, тМЖП – толщина межжелудочковой перегородки, УО – ударный объем

Таблица 3. Частота встречаемости сопутствующих заболеваний у пациентов, получавших гемодиализ, в зависимости от наличия легочной гипертензии

Table 3. Incidence rate of comorbidities in patients receiving hemodialysis, with regard to the presence of pulmonary hypertension

Клиническая характеристика	I группа (n=22)	II группа (n=31)	p-value*
Артериальная гипертония, n (%)	21 (95,45)	28 (50,90)	0,0003
Хроническая сердечная недостаточность, n (%)	15 (68,18)	12 (21,81)	0,0001
ИБС, n (%)	11 (50)	5 (9,09)	0,0001
Перенесенный инсульт, n (%)	5 (22,72)	1 (1,81)	0,0021
Сахарный диабет 1-го типа, n (%)	2 (9,09)	4 (7,27)	0,7891
Сахарный диабет 2-го типа, n (%)	3 (13,63)	2 (3,63)	0,1098

Примечания: * – критерий χ^2 Пирсона; ИБС – ишемическая болезнь сердца

Таблица 4. Показатели эхокардиографии у пациентов, получавших гемодиализ, в зависимости от наличия легочной гипертензии

Table 4. Echocardiographic parameters in patients receiving hemodialysis, with regard to the presence of pulmonary hypertension

Показатель ЭхоКГ	I группа (n=22)	II группа (n=31)	p-value
Фракция выброса ЛЖ***, %	59,5 (58,0;60,0)	60 (59,0;62,5)	0,01*
КДО***, мл	107 (80,5;127)	83 (63,5;93,5)	<0,001*
КСО***, мл	40,5 (32,3;55,0)	34 (25,0;39,5)	<0,001*
УО***, мл	62,5 (48,3;70,0)	50 (37,0;57,5)	<0,001*
СВ***, л	3,99 (3,36;4,96)	3,76 (2,95;4,18)	<0,001*
КДР***, см	4,90 (4,53;5,27)	4,30 (3,95;4,80)	<0,001*
Диаметр ЛП***, см	4,10 (3,68;4,75)	3,6 (3,30;3,90)	0,003*
Объем ЛП***, мл	74,5 (60,0;89,5)	48,0 (35,5;66,0)	<0,001*
Объем ПП***, мл	56,5 (45,8;70,0)	43 (29,0;53,5)	0,008*
ИММЛЖ***, г/м ²	134 (101;153)	95 (86,0;116)	0,012*
тМЖП***, см	1,45 (1,22;1,60)	1,40 (1,20;1,50)	0,36*
тЗСЛЖ***, см	1,00 (0,900;1,10)	0,90 (0,80;1,10)	0,2*
Е/А***	0,95 (0,725;1,45)	0,90 (0,65;1,00)	0,12*
Е/е***	8,25 (6,58;11,3)	5,80 (4,90;7,75)	0,001*
Тип диастолической дисфункции			
1-й тип****	7 (31,81%)	14 (45,16%)	0,3321**
2-й тип****	4 (18,18%)	2 (6,45%)	0,1883**
3-й тип****	4 (18,18%)	1 (3,22%)	0,0689**
КДР ПЖ, см	33 (31;35)	32 (29;34,8)	0,16
TAPSE, мм	22 (18;25)	23 (19,3;25)	0,682
ФАС ПЖ, %	45 (40;50)	46 (42;55)	0,044
СДЛА***, мм рт.ст.	40,0 (35,3;45,0)	26 (25,0;30,0)	<0,001*
рДЗЛА***, мм рт.ст.	12,2 (10,1;16,0)	9,15 (8,03;11,6)	0,001*
ЛСС***, ед. Вуда	6,23 (5,67;10,8)	5,30 (3,89;6,43)	0,011*
Недостаточность митрального клапана			
1-я степень****	13 (59,09%)	28 (90,32%)	0,008**
2-я степень****	9 (40,90%)	3 (9,67%)	0,008**
Недостаточность трикуспидального клапана			
1-я степень****	7 (31,81%)	24 (77,41%)	0,001**
2-я степень****	14 (63,63%)	7 (22,58%)	0,0029**
3-я степень****	1 (4,54%)	0 (0%)	0,2355**
Общая продольная деформация***, %	-12,3 (-16,1;-10,9)	-13,3 (-14,9;-12,5)	0,96*
Общая циркуференциальная деформация***, %	-24,5 (-29,2;-19,7)	-28,4 (-33,2;-24,2)	0,03*

Примечания: * – U-критерий Манна–Уитни, ** – критерий χ^2 Пирсона, *** – Ме (Q1;Q3), **** – n (%); TAPSE (tricuspid annular plane systolic excursion) – систолическая экскурсия кольца трикуспидального клапана, ФАС ПЖ (fractional area change) – фракционное изменение площади правого желудочка, КДР ПЖ – конечно-диастолический размер правого желудочка

Как видно из представленной табл. 4, пациенты с ЛГ характеризовались статистически значимо более высокими показателями КДО, КСО, УО и СВ. Также обращало на себя внимание увеличение диаметра и объема ЛП.

Объем ПП был статистически значимо выше в группе I, размер и функция ПЖ были в пределах нормальных значений.

При проведении корреляционного анализа была выявлена статистически значимая корреляционная взаимосвязь между показателями общей продольной деформации миокарда ЛЖ и СДЛА – $r=0,488$ ($p<0,001$).

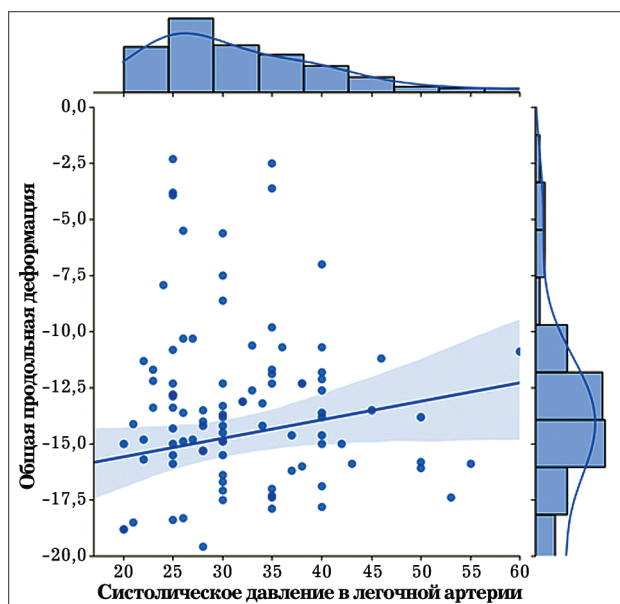


Рис. 1. Корреляционная взаимосвязь между систолическим давлением в легочной артерии и показателем общей продольной деформации миокарда левого желудочка

Fig. 1. Correlation between systolic pressure in the pulmonary artery and the global longitudinal strain of the left ventricular myocardium

Данная закономерность описывалась уравнением:

$$Y_{\text{СДЛА}} = 40,872 + 0,657 \times X_{\text{общ. продольная деформация}}$$

где $Y_{\text{СДЛА}}$ – прогнозируемое значение СДЛА, мм рт.ст.; $X_{\text{общ. продольная деформация}}$ – значение общей продольной деформации ЛЖ, %.

Полученная модель была статистически значимой ($p < 0,001$). Коэффициент детерминации R_2 составил 0,114. Также была выявлена корреляционная взаимосвязь между показателем общей циркумференциальной деформации миокарда и СДЛА ($r = 0,545$, $p < 0,001$), которая описывалась следующим уравнением:

$$Y_{\text{СДЛА}} = 46,086 + 0,56 \times X_{\text{общ. циркумференциальная деформация миокарда}}$$

где $Y_{\text{СДЛА}}$ – прогнозируемое значение СДЛА, мм рт.ст.; $X_{\text{общ. циркумференциальная деформация миокарда}}$ – показатель общей циркумференциальной деформации миокарда ЛЖ, %.

За время проведения исследования умерли 5 пациентов. Причина смертельного исхода пациентов представлена в табл. 5.

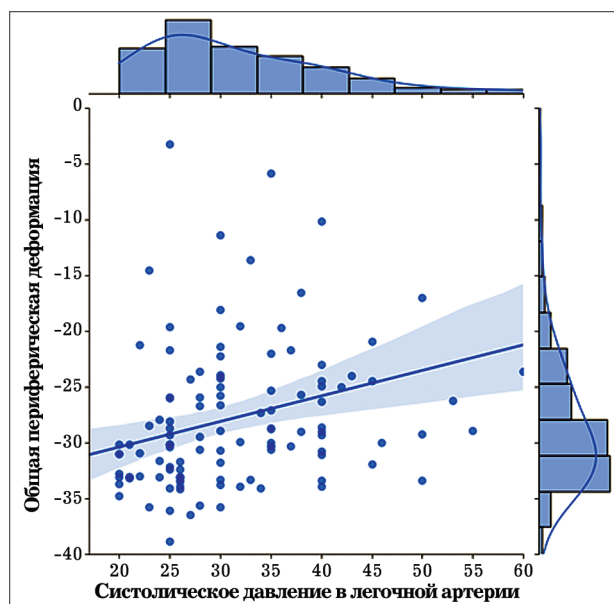


Рис. 2. Корреляционная взаимосвязь между систолическим давлением в легочной артерии и показателем общей периферической (циркумференциальной) деформации миокарда левого желудочка

Fig. 2. Correlation between systolic pressure in the pulmonary artery and the global circumferential strain of the left ventricular myocardium

Таблица 5. Характеристика умерших пациентов
Table 5. Characteristics of deceased patients

№ пациента	СДЛА, мм рт.ст.	Причина смерти
1	55	Синдром полиорганной недостаточности
2	70	Сепсис
3	30	Синдром полиорганной недостаточности
4	45	Сепсис
5	43	Острая сердечно-сосудистая недостаточность

При проведении регрессионного анализа было установлено, что увеличение СДЛА на 1 мм рт.ст. повышало шансы развития смертельного исхода в 1,13 раза (ОШ: 1,13; 95% ДИ [1,05;1,22], $p = 0,00177$) (табл. 6).

Таблица 6. Результаты регрессионного анализа
Table 6. Regression analysis results

Предиктор	Коэффициент	SE	Z	ОШ	95% ДИ	p-value
Константа	-9,278	3,0572	-3,03	—	—	—
Увеличение СДЛА на 1 мм рт.ст.	0,138	0,0567	2,44	1,15	1,03;1,28	0,01468

Обсуждение

Результаты проведенного нами исследования подтверждают данные мировой литературы, где указано, что пациенты, находящиеся на гемодиализе, имеют выраженные структурные изменения миокарда, выражающиеся в увеличении ИММЛЖ и гипертрофии стенок ЛЖ [13]. Согласно полученным нами результатам, ИММЛЖ (см. табл. 2) в группе пациентов с ХБП С5Д составил 104 (90,0;142) г/м², тМЖП – 1,4 (1,2;1,5) см, тЗСЛЖ – 1,0 (0,9;1,10) см, что соответствует умеренной ГЛЖ. Диастолическая дисфункция диагностирована у 60,28%, что может указывать на наличие ХСН с сохранной ФВ. Медиана ФВ ЛЖ составила 60 (59,0;62,0)%, при этом, несмотря на высокую распространенность ХСН в исследуемых группах (68,18% и 21,81% соответственно), снижение ФВ ЛЖ < 50% наблюдалось только у 2 пациентов (9,09%) группы I. Было отмечено незначительное снижение ФВ ЛЖ – 59,5 (58,0;60,0) % в группе I, по сравнению с пациентами группы II – 60 (59,0;62,5) %. Несмотря на статистически значимые различия в ФВ ЛЖ в группах I и II (p=0,01), данное снижение ФВ не являлось клинически значимым и показатель соответствовал норме.

В ходе разделения выборки на группы в зависимости от наличия ЛГ нами было выявлено, что у пациентов с ЛГ определяются статистически значимые более высокие значения объемных показателей камер сердца, что, по-видимому, связано с перегрузкой объемом и кальцинозом артерий.

Известно, что у пациентов, находящихся на гемодиализе, часто формируется так называемая уремическая кардиомиопатия, на фоне которой повышается давление в системе легочной артерии, а также увеличивается риск развития отека легких. Важная особенность данной кардиомиопатии заключается в том, что дисфункция ЛЖ при этом может не выявляться, нося скрытый характер [14].

При анализе показателей ЭхоКГ, отражающих давление в системе малого круга кровообращения, нами было обнаружено, что медиана СДЛА составила 32 (26,0;38,0) мм рт.ст., медиана ДЗЛА – 10,4 (8,65;12,4) мм рт.ст., медиана показателя ЛСС – 5,73 (4,43;6,81) ед. Вуда.

При проведении корреляционного анализа нами была установлена взаимосвязь между показателями деформации миокарда ЛЖ и СДЛА. Так, были выявлены корреляционные взаимо-

связи средней силы между показателями общей циркумференциальной деформации миокарда ЛЖ и СДЛА – $r=0,488$ ($p<0,001$) и $r=0,545$ ($p<0,001$) соответственно.

Было установлено, что повышение СДЛА ассоциируется с повышением риска смертельного исхода у пациентов, находящихся на гемодиализе (ОШ 1,13; 95% ДИ [1,05;1,22]; $p=0,00177$). По данным исследования М. Rroji et al., которое включало 125 пациентов, получавших заместительную почечную терапию более 3 месяцев (период наблюдения – 2 года), распространенность ЛГ по результатам трансторакальной ЭхоКГ составила 28%, среднее СДЛА равнялось $33,46\pm5,38$ мм рт.ст. Авторы сделали вывод, что ЛГ являлась фактором риска смертельного исхода в данной группе пациентов [15]. Согласно актуальным клиническим рекомендациям, повышение СДЛА > 35 мм рт.ст., снижение ДЗЛА < 15 мм рт.ст., а также увеличение ЛСС > 3 ед. Вуда являются критериями прекапиллярной ЛГ. Важной оговоркой является тот факт, что для постановки диагноза прекапиллярной ЛГ данные показатели должны быть измерены с помощью катетеризации правых отделов сердца [12]. Процедура катетеризации правых отделов сердца с помощью катетера Свана-Ганца ассоциирована с развитием ряда осложнений, включающих в себя разрыв правого предсердия, повреждение трикуспидального клапана, перфорацию правого желудочка, развитие инфекционного эндокардита, а также повреждение легочной артерии с ее последующим тромбозом [16].

Таким образом, актуальной задачей является поиск альтернативных неинвазивных методов оценки гемодинамики малого круга кровообращения, в связи с чем требуется проведение дополнительных исследований с целью более точного определения диагностической значимости speckle-tracking ЭхоКГ у пациентов с ХБП С5.

Выводы

1. Определение показателей деформации миокарда левого желудочка по данным эхокардиографии дает дополнительную информацию о состоянии гемодинамики малого круга кровообращения без использования интервенционных методов диагностики.

2. Определена взаимосвязь между показателями деформации миокарда левого желудочка и систолического давления в легочной артерии. Выявлены корреляционные взаимосвязи сред-

ней силы между показателями общей цирку-
ференциальной деформации миокарда левого
желудочка и систолического давления в легочной
артерии – $r=0,488$ ($p<0,001$) и $r=0,545$ ($p<0,001$)
соответственно.

3. Установлено, что увеличение систолическо-
го давления в легочной артерии на 1 мм рт.ст.
повышало шансы развития смертельного исхода
в 1,13 раза (отношение шансов 1,13; 95% довери-
тельный интервал [1,05;1,22]; $p=0,00177$).

Список литературы/References

1. Zhang Y, Ding XH, Rao R, Wang Y, Pang F, Tang S, et al. The prevalence of pulmonary hypertension among maintenance dialysis patients with ESRD and its associated factors: a retrospective study. *Front Med (Lausanne)*. 2020;7:eCollection2020. PMID: 33344470 <https://doi.org/10.3389/fmed.2020.570874>
2. Barbera JA, Roman A, Gomez-Sanchez MA, Blanco I, Otero R, López-Reyes R, et al. Guidelines on the diagnosis and treatment of pulmonary hypertension: summary of recommendations. *Arch Bronconeumol (Engl Ed)*. 2018;54(4):205–215. PMID: 29472044 <https://doi.org/10.1016/j.arbres.2017.11.014>
3. Bolignano D, Pisano A, D'Arrigo G. Pulmonary hypertension: a neglected risk condition in renal patients? *Rev Cardiovasc Med*. 2018;19(4):117–121. PMID: 31064162 <https://doi.org/10.31083/j.rcm.2018.04.3188>
4. Devasahayam J, Oliver T, Joseph V, Nambiar S, Gunasekaran K. Pulmonary hypertension in end-stage renal disease. *Respiratory Medicine*. 2020;164:105905. PMID: 32094103 <https://doi.org/10.1016/j.rmed.2020.105905>
5. Selvaraj S, Shah SJ, Ommerborn MJ, Clark CR, Hall ME, Mentz RJ, et al. Pulmonary hypertension is associated with a higher risk of heart failure hospitalization and mortality in patients with chronic kidney disease: the Jackson heart study. *Circ Heart Fail*. 2017;10(6):e003940. PMID: 28611127 <https://doi.org/10.1161/CIRCHEARTFAILURE.116.003940>
6. Walther CP, Nambi V, Hanania NA, Navaneethan SD. Diagnosis and management of pulmonary hypertension in patients with CKD. *Am J Kidney Dis*. 2020;75(6):935–945. PMID: 32199709 <https://doi.org/10.1053/j.ajkd.2019.12.005>
7. Ломейко С.И., Бутова Е.Н. Частота развития механических осложнений после катетеризации центральных вен в многопрофильном отделении анестезиологии-реанимации. *Медицина и фармацевтика*. 2020;1(12):7–9. Ломейко СИ, Бутова ЕН. The incidence of mechanical complications after central venous catheterization in a multidisciplinary department of anesthesiology and intensive care. *Medicine and pharmaceuticals*. 2020;1(12):7–9. (In Russ.). <https://doi.org/10.32743/2658-4093.2020.1.12.233>
8. Fisher MR, Forfia PR, Chamera E, Houston-Harris T, Champion HC, Girgis RE, et al. Accuracy of Doppler echocardiography in the hemodynamic assessment of pulmonary hypertension. *Am J Respir Crit Care Med*. 2009;179(7):615–621. PMID: 19164700 <https://doi.org/10.1164/rccm.200811-1691OC>
9. Rudski LG, Lai WW, Afilalo J, Hua L, Handschumacher MD, Chandrasekaran K, et al. Guidelines for the echocardiographic assessment of the right heart in adults: a report from the American Society of Echocardiography: endorsed by the European Association of Echocardiography, a registered branch of the European Society of Cardiology, and the Canadian Society of Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr*. 2010;23(7):685–713. PMID: 20620859 <https://doi.org/10.1016/j.jecho.2010.05.010>
10. Hatle L, Angelsen BA, Tromsdal A. Non-invasive estimation of pulmonary artery systolic pressure with Doppler ultrasound. *Br Heart J*. 1981;45(2):157–165. PMID: 7459175 <https://doi.org/10.1136/hrt.45.2.157>
11. Masuyama T, Kodama K, Kitabatake A, Sato H, Nanto S, Inoue M. Continuous-wave Doppler echocardiographic detection of pulmonary regurgitation and its application to noninvasive estimation of pulmonary artery pressure. *Circulation*. 1986;74(3):484–492. PMID: 2943530 <https://doi.org/10.1161/01.CIR.74.3.484>
12. Авдеев С.Н., Барбараш О.Л., Баутин А.Е., Волков А.В., Веселова Т.Н., Галявич А.С. и др. Легочная гипертензия, в том числе хроническая тром-
боэмболическая легочная гипертензия. Клинические рекомендации 2020. *Российский кардиологический журнал*. 2021;26(12):198–267. Avdeev SN, Barbarash OL, Bautin AE, Volkov AV, Veselova TN, Galyavich AS, et al. 2020 Clinical practice guidelines for pulmonary hypertension, including chronic thromboembolic pulmonary hypertension. *Russian Journal of Cardiology*. 2021;26(12):4683. (In Russ.). <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2021-4683>
13. Paoletti E, Bellino D, Gallina AM, Amidone M, Cassottana P, Cannella G. Is left ventricular hypertrophy a powerful predictor of progression to dialysis in chronic kidney disease? *Nephrol Dial Transplant*. 2011;26(2):670–677. PMID: 20628183 <https://doi.org/10.1093/ndt/gfq409>
14. Дац А.В., Горбачёв В.И. Перегрузка жидкостью: причины, диагностика, осложнения, лечение. *Вестник анестезиологии и реаниматологии*. 2015;12(3):65–73. Dats AV, Gorbachev VI. The fluid overload: causes, diagnosis, complications, treatment. *Messenger of anesthesiology and resuscitation*. 2015;12(3):65–73. (In Russ.). <https://doi.org/10.21292/2078-5658-2015-12-3-65-73>
15. Rroji M, Cafka M, Seferi S, Seiti J, Barbullushi M, Goda A. The potential effect of cardiac function on pulmonary hypertension, other risk factors, and its impact on survival in dialysis patients. *Int Urol Nephrol*. 2021;53(2):343–351. PMID: 33389501 <https://doi.org/10.1007/s11255-020-02655-z>
16. Chen Y, Shlofmitz E, Khalid N, Bernardo NL, Ben-Dor I, Weintraub WS, et al. Right heart catheterization-related complications: a review of the literature and best practices. *Cardiol Rev*. 2020;28(1):36–41. PMID: 31804291 <https://doi.org/10.1097/CRD.0000000000000270>

Информация об авторах

Могели Шалвович Хубутия	<p>акад. РАН, проф., д-р мед. наук, президент ГБУЗ «НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗМ»; заведующий кафедрой трансплантологии и искусственных органов ФГБОУ ВО МГМСУ им. А.И. Евдокимова МЗ РФ, https://orcid.org/0000-0002-0746-1884, KhubutiyaMS@sklif.mos.ru</p> <p>25% – редактирование, внесение исправлений, утверждение окончательного варианта рукописи</p>
Екатерина Владимировна Шувалова	<p>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</p> <p>24% – сбор и анализ информации и клинического материала, систематизация данных, написание текста</p>
Лайла Тимарбековна Хамидова	<p>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</p> <p>12% – редактирование, внесение исправлений в текст рукописи</p>
Александр Александрович Иванников	<p>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</p> <p>10% – статистическая обработка клинического материала, написание текста рукописи</p>
Аслан Галиевич Балкаров	<p>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 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</p> <p>10% – редактирование, внесение исправлений</p>
Илья Викторович Дмитриев	<p>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 ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова МЗ РФ, https://orcid.org/0000-0002-5731-3310, DmitrievIV@sklif.mos.ru</p> <p>10% – разработка дизайна исследования, редактирование, внесение исправлений</p>
Хафиза Гафуровна Алиджанова	<p>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</p> <p>9% – концепция, редактирование текста рукописи</p>

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, A.I. Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry, https://orcid.org/0000-0002-0746-1884 , KhubutiyaMS@sklif.mos.ru 25%, 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 24%, collection and analysis of information and clinical material, data systematization, text writing collection and analysis of information and clinical material, data systematization, text writing
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 12%, 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 statistical processing of clinical material, writing 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 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%, development of the study design, editing, making corrections
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 9%, study concept, editing the text of the manuscript

Статья поступила в редакцию 30.05.2023;
одобрена после рецензирования 21.08.2023;
принята к публикации 27.09.2023

The article was received on May 30, 2023;
approved after reviewing August 21, 2023;
accepted for publication September 27, 2023