

УДК 616.61; 616.155.194
DOI 10.34014/2227-1848-2023-1-14-26

АНЕМИЯ И СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ СЕРДЦА У ПАЦИЕНТОВ НА ЗАМЕСТИТЕЛЬНОЙ ПОЧЕЧНОЙ ТЕРАПИИ

Е.Н. Иевлев^{1, 2}, И.А. Казакова¹, И.Б. Руденко¹, Л.Л. Шамова²

¹ ФГБОУ ВО «Ижевская государственная медицинская академия» Минздрава России, г. Ижевск, Россия;

² БУЗ УР «Городская клиническая больница № 6 Министерства здравоохранения Удмуртской Республики», г. Ижевск, Россия

Анемия является одним из модифицируемых факторов риска развития гипертрофии левого желудочка (ГЛЖ) у пациентов с хронической болезнью почек (ХБП), при этом исследования о влиянии показателей обмена железа на геометрию левого желудочка полностью не раскрывают имеющиеся взаимосвязи.

Материалы и методы. Обследовано 147 пациентов с ХБП, получающих лечение программным гемодиализом (ПГ). М/Ж=69/78. Средний возраст – 55,6±13,4 года. Медиана диализной терапии – 3 [2; 5] года. Индекс Kt/V – 1,52±0,2. По данным ЭХО-КГ рассчитывали массу миокарда левого желудочка (ММЛЖ), индекс массы миокарда левого желудочка (ИММЛЖ), индекс относительной толщины стенки (ИОТ), внутреннюю оболочку, фракцию укорочения средних волокон. Определяли ферритин, трансферрин, коэффициент насыщения трансферрина.

Результаты. Изменение геометрии ЛЖ выявлено у 124 (84,4 %) пациентов. В группе пациентов с гемоглобином менее 100 г/л наблюдались более высокие значения ИММЛЖ, ИОТ. У пациентов с уровнем ферритина более 800 нг/л были выше значения конечно-систолического размера и ниже фракция выброса левого желудочка при сравнении с пациентами с уровнем ферритина менее 500 нг/мл.

Выводы. Структурно-функциональные показатели сердца у больных на программном гемодиализе коррелируют не только с уровнем гемоглобина, но и с показателями обмена железа (ферритин, трансферрин, коэффициент насыщения трансферрина). У пациентов с высоким уровнем ферритина ниже функциональные показатели левого желудочка.

Ключевые слова: анемия, гемодиализ, гипертрофия левого желудочка, гипертрофия правого желудочка, ферритин, хроническая болезнь почек.

Введение. Анемия является одним из ранних и наиболее часто встречающихся осложнений хронической болезни почек (ХБП) [1]. Недостаточная коррекция анемии ведет к увеличению смертности пациентов, получающих лечение программным гемодиализом (ПГ) [2–4].

Анемия ведет к запуску адаптивных сердечно-сосудистых механизмов, которые приводят к гипертрофии и дилатации левого желудочка [5]. Анемия у пациентов с ХБП имеет многокомпонентный генез: дефицит эритропоэтина, железа и фолиевой кислоты, снижение продолжительности жизни эритроцитов, в т.ч. в связи с контактом с диализной мембраной, повышенный уровень гепсидина, вторичный гиперпаратиреоз, вызывающий минеральное заболевание костей и миелофиброз,

уремия и воспаление [5–9]. Дефицит железа является одним из основных факторов, способствующих развитию анемии у пациентов, находящихся на программном гемодиализе.

У пациентов, получающих лечение ПГ, широко распространена гипертрофия левого желудочка (ГЛЖ), которая является важным фактором сердечно-сосудистого риска [10]. Тем не менее исследования о влиянии показателей обмена железа на геометрию левого желудочка полностью не раскрывают имеющиеся взаимосвязи.

Цель исследования. Оценка структурно-функционального состояния сердца у пациентов, получающих лечение программным гемодиализом, в зависимости от показателей обмена железа.

Материалы и методы. Проведено наблюдательное выборочное контролируемое рандомизированное исследование 147 пациентов с 5Д-стадией ХБП (69 мужчин, 78 женщин), средний возраст – $55,6 \pm 13,4$ года (от 25 до 72 лет). Программный гемодиализ выполнялся на аппаратах Fresenius-4008S (Германия) и В. Braun-Dialog+ (Германия) по 4–4,5 ч 3 раза/нед. с применением полисульфоновых диализаторов. Медиана диализной терапии составила 3 [2; 5] года. У всех пациентов достигалась приемлемая доза гемодиализа в соответствии с актуальными клиническими рекомендациями. Индекс Kt/V по мочеvine был выше 1,2 и составил $1,52 \pm 0,2$. Критериями включения были длительность диализной терапии не менее одного года и наличие информированного согласия. В соответствии с общепринятыми рекомендациями и тяжестью анемии больным назначали терапию препаратами эритропоэтина (альфа- и бета-эритропоэтин – «Эральфон», «Рекормон») и препаратом парентерального железа («Венофер») [11–13]. Клинические показатели пациентов, включенных в исследование, представлены в табл. 1.

Все пациенты были распределены на 2 группы: 1-я группа – 20 пациентов (13,6 %) с уровнем гемоглобина ниже 100 г/л, 2-я группа – 127 пациентов (86,4 %) с уровнем гемоглобина выше 100 г/л. Всем пациентам выпол-

нялось эхокардиографическое исследование (ЭХО-КГ) в М- и В-режимах на аппарате Midrey 7 UMT 200 (Китай, 2020) импульсным датчиком P4-2s. ЭХО-КГ включало измерение конечно-диастолического размера (КДР, см), конечно-систолического размера (КСР, см), конечно-диастолического объема (КДО, мл), конечно-систолического объема (КСО, мл), фракции выброса левого желудочка (ФВЛЖ, %), ударного объема левого желудочка (мл). Оценивали диаметр правого желудочка (ПЖ, см), толщину межжелудочковой перегородки (МЖП, см) и задней стенки левого желудочка (ЗСЛЖ, см) в диастолу. ФВЛЖ определяли по методу Simpson. Производили расчет массы миокарда левого желудочка (ММЛЖ, г) по методике R.V. Devereux et al.: $ММЛЖ = 0,8 - (1,04 - (КДР + МЖП + ЗСЛЖ)^3 - КДР^3) + 0,6$. Для оценки гипертрофии ЛЖ рассчитывали ИММЛЖ, индекс относительной толщины стенок (2Н/D), внутреннюю оболочку, фракцию укорочения средних волокон. За ГЛЖ принимали значения ИММЛЖ более 95 г/м^2 у женщин и более 115 г/м^2 у мужчин. Индекс относительной толщины стенок рассчитывали по формуле: $2Н/D = (МЖП_{д} + ЗСЛЖ_{д}) / КДР$. Применяли классификацию типов ремоделирования, описанную Российскими рекомендациями по количественной оценке структуры и функции сердца (2012).

Таблица 1

Table 1

Характеристика пациентов, получающих лечение программным гемодиализом

Characteristics of patients undergoing long-term hemodialysis

Показатель Parameter	Значение показателя Value
Число больных, Number of patients	147
Мужчины, Males	69
Женщины, Females	78
Возраст, лет Age, years	$55,6 \pm 13,4$
Длительность диализной терапии, лет Duration of hemodialysis treatment, years	3 [2,2; 5]
Kt/V Kt/V	$1,52 \pm 0,2$
Эритроциты, $10^{12}/л$ Red blood cells, $10^{12}/l$	$3,6 \pm 0,5$

Показатель Parameter	Значение показателя Value
Гемоглобин, г/л Hemoglobin, g/l	113,7±14,1
Гематокрит, % Hematocrit, %	35,6 [33,3; 38,6]
MCV, фл MCV, fl	95,2±6,78
MCH, пг MCH, pg	31 [29,6; 32,4]
MCHC, г/дл MCHC, g/dl	322,5 [309,2; 335,8]
Тромбоциты, 10 ⁹ /л Platelets, 10 ⁹ /l	210 [174; 264]
СОЭ, мм/ч ESR, mm/hour	23 [14; 26]
СРБ, мг/л C-reactive protein, mg/l	6,3 [2; 15]
Сывороточное железо, мкмоль/л Serum iron, mmol/l	11,9 [9,2; 15]
Общая железосвязывающая способность сыворотки, мкмоль/л Total iron-binding capacity, mmol/l	39,1±7,4
Коэффициент насыщения трансферрина железом, % Transferrin saturation, %	26,9±10,5
Трансферрин, г/л Transferrin, g/l	1,7 [1,5; 2,0]
Ферритин, мкг/л Ferritin, mcg/l	296 [196; 627,1]

Общеклиническое исследование включало проведение общего анализа крови на автоматическом анализаторе Hemalux 19TM, оценку биохимических показателей: ферритина, трансферрина, общей железосвязывающей способности, сывороточного железа, коэффициента насыщения трансферрина – на автоматическом анализаторе Indiko (Thermo Fisher, Финляндия, 2012). Забор материала проводили до начала процедуры гемодиализа.

Перед исследованием было получено разрешение локального этического комитета ФГБОУ ВО ИГМА Минздрава России. Имеется добровольное информированное согласие от каждого пациента, включенного в исследование.

Статистическую обработку результатов проводили общепринятыми методами вариаци-

онной статистики с использованием прикладных программ BioStat (Primer of Biostatistics, Практика, Москва, 2022, версия 7.6.5) и Microsoft Excel 2010 (США). Для проверки нормальности распределения полученных значений применяли критерий Колмогорова – Смирнова. Большинство количественных переменных имело ненормальное распределение и описывалось как Me [25 %; 75 %]. В случае параметрического распределения признака данные описывали в виде M±SD. Для определения статистической достоверности различий использовали параметрический критерий Стьюдента (t) и критерий Mann – Whitney (T). Корреляционные отношения оценивали с помощью рангового коэффициента корреляции Спирмена (R). Различия сравниваемых величин признавали достоверными при вероятности 95 % и выше (p<0,05).

Результаты. Патологические типы ремоделирования ЛЖ выявлены у 124 (84,4 %) пациентов, получающих лечение ПГ. Среди обследуемых концентрическая ГЛЖ выявлена у 77 пациентов (52,4 %), эксцентрическая гипертрофия – у 30 (20,4 %), концентрическое

ремоделирование ЛЖ – у 17 (11,6 %). Нормальная геометрия миокарда ЛЖ встречалась у 23 пациентов (15,6 %). Показатель ИММЛЖ был выше гендерной нормы у 55 мужчин (79,7 %) и 60 женщин (76,9 %) ($p>0,05$). Параметры ЭХО-КГ представлены в табл. 2.

Таблица 2

Table 2

Параметры ЭХО-КГ у пациентов, получающих программный гемодиализ
Echocardiographic parameters in patients undergoing long-term hemodialysis

Показатель Parameter	Значение показателя Value
ПЖ, см Right ventricle, cm	3,6 [3,2; 3,8]
КДР, см End-diastolic dimension, cm	5,5 [4,9; 5,6]
КСР, см End-systolic dimension, cm	3,45±0,57
КДО, мл End-diastolic volume, ml	136,4±36,8
Ударный объем, мл Stroke volume, ml	51 [41; 68,5]
ФВ, % Ejection fraction, %	65 [60; 68]
Фракционное укорочение левого желудочка, % Left ventricle fractional shortening, %	34,5 [31,1; 37,7]
ЗСЛЖ, см Left ventricular posterior wall, cm	1,12±0,18
МЖП, см Interventricular septum, cm	1,15±0,22
ММЛЖ, г Left ventricular mass, g	232,7 [197,5; 286,0]
Площадь поверхности тела Body surface area	1,8 [1,68; 1,97]
ИММЛЖ, г/м ² Left ventricular mass index, g/m ²	133,8 [103,4; 155,2]
ИОТ Relative wall thickness index	0,42 [0,36; 0,48]
Внутренняя оболочка Intima	1,94 [1,78; 2,08]
Фракция укорочения средних волокон, % Medium fiber fractional shortening, %	15,5 [13,7; 17,9]

У пациентов наблюдалось увеличение толщины задней стенки левого желудочка, толщины межжелудочковой перегородки. Медиана ИММЛЖ составила 133,8 [103,4; 155,2].

Структурно-функциональные характеристики сердца у пациентов 1-й и 2-й групп представлены в табл. 3.

Таблица 3

Table 3

Параметры ЭХО-КГ у пациентов с различным уровнем гемоглобина

Echocardiographic parameters in patients with different hemoglobin levels

Показатель Parameter	1-я группа Group 1 (n=20)	2-я группа Group 2 (n=127)	p
Длительность диализной терапии, лет Duration of hemodialysis treatment, years	3,5 [2,75; 6,5]	3 [2; 6]	0,31
Возраст, лет Age, years	53,3±13,9	55,4±13,5	0,32
М/Ж, % Males/Females, %	50/50	46,5/53,5	0,76
СОЭ, мм/ч ESR, mm/h	46 [12,7; 62,2]	23 [14; 39]	0,11
СРБ, мг/л C-reactive protein, mg/l	10,7 [8,4; 17,4]*	5,7 [2,1; 17,9]	0,019
ПЖ, см Right ventricle, cm	3,6 [3,5; 3,8]	3,5 [3,2; 3,7]	0,04
КДР, см End-diastolic dimension, cm	5,8±0,75*	5,19±0,51	0,0037
КСР, см End-systolic dimension, cm	3,8 [3,3; 4,0]*	3,3 [3,1; 3,6]	0,02
КДО, мл End-diastolic volume, ml	168,6±55,5*	130,9±30,0	0,0035
Ударный объем, мл Stroke volume, ml	72 [59; 115]*	47 [39,5; 62]	0,013
ФВ, % Ejection fraction, %	66 [55,5; 67,5]	64,1 [59; 68]	0,48
Фракционное укорочение левого желудочка, % Left ventricle fractional shortening, %	37 [36,1; 37,7]	34 [25,5; 37,5]	0,1
ЗСЛЖ, см Left ventricular posterior wall, cm	1,12±0,12	1,12±0,1	0,37
МЖП, см Interventricular septum, cm	1,13±0,18	1,15±0,2	0,49
ММЛЖ, г Left ventricular mass, g	253,3 [243,3; 303,4]*	222,1 [192,2; 284,6]	0,018
Площадь поверхности тела Body surface area	1,81 [1,77; 1,85]	1,79 [1,66; 1,97]	0,37
ИММЛЖ, г/м ² Left ventricular mass index, g/m ²	137,9 [130,5; 143,0]	128,5 [97,8; 157,9]	0,25
ИОТ Relative wall thickness index	0,37 [0,33; 0,44]*	0,43 [0,37; 0,48]	0,048
Внутренняя оболочка Intima	1,98 [1,92; 2,1]	1,93 [1,77; 2,07]	0,43
Фракция укорочения средних волокон, % Medium fiber fractional shortening, %	15,6 [14,4; 18]	15,5 [13,5; 17,6]	0,26

Примечание. * – различия достоверны по сравнению со второй группой (p≤0,05).

Note. * – the differences are significant compared to the second group (p≤0.05).

Выявлены следующие типы ремоделирования ЛЖ у пациентов 1-й и 2-й групп соответственно: концентрическая ГЛЖ – 60 % и 48,8 %, эксцентрическая ГЛЖ – 15 % и 25,2 %, концентрическое ремоделирование – 10 % и 12,6 % ($p>0,05$). Нормальная геометрия ЛЖ встречалась у 10 % пациентов с гемоглобином более 100 г/л и 13,4 % пациентов с гемоглобином менее 100 г/л ($p>0,05$). Значимых различий по типам ремоделирования не выявлено. Отмечалась тенденция к превалированию концентрической ГЛЖ у пациентов 1-й группы.

Значимые отличия были выявлены в таких показателях, как КДР, КСР, КДО, ударный объем, ММЛЖ, ИОТ. Все показатели были выше в группе с гемоглобином менее 100 г/л. В этой же группе получены более высокие значения СРБ.

Для оценки влияния уровня ферритина на геометрию ЛЖ пациенты были распределены следующим образом: 81 пациент (55,1 %) с уровнем ферритина менее 500 мг/л и 17 пациентов (11,6 %) с уровнем ферритина более 800 мг/л (табл. 4).

Таблица 4
Table 4

Параметры ЭХО-КГ у пациентов с различным уровнем ферритина
Echocardiographic parameters in patients with different ferritin levels

Показатель Parameter	Пациенты с уровнем ферритина менее 500 мг/л Patients with ferritin levels <500 mg/l (n=81)	Пациенты с уровнем ферритина более 800 мг/л Patients with ferritin levels >500 mg/l (n=17)	P
Длительность диализной терапии, лет Duration of hemodialysis treatment, years	4 [2; 7]*	8 [6; 15,5]	0,048
Возраст, лет Age, years	54,3±12,9	60,1±13,8	0,07
М/Ж, % Males/Females, %	45,7/54,3	41,2/58,8	0,73
СОЭ, мм/ч ESR, mm/h	21 [11; 38,5]	23 [15,5; 35]	0,26
СРБ, мг/л C-reactive protein, mg/l	4 [1,9; 10,4]*	8,1 [2,3; 17,2]	0,019
ПЖ, см Right ventricle, cm	3,6 [3,3; 3,8]	3,6 [3,0; 3,8]	0,36
КДР, см End-diastolic dimension, cm	5,2±0,5	5,3±0,7	0,49
КСР, см End-systolic dimension, cm	3,3 [3,1; 3,6]*	3,7 [3,3; 4,0]	0,03
КСО, мл End-diastolic volume, ml	137±37,5	139,4±44,1	0,45
Ударный объем, мл Stroke volume, ml	47 [41; 60,5]	68,5 [63,2; 73,7]	0,099
ФВ, % Ejection fraction, %	65 [62; 68,5]*	58,5 [53,5; 64,2]	0,0015
Фракционное укорочение левого желудочка, % Left ventricle fractional shortening, %	37 [33,2; 38,0]*	31 [26; 34]	0,0026
ЗСЛЖ, см Left ventricular posterior wall, cm	1,12±0,2	1,08±0,15	0,36

Показатель Parameter	Пациенты с уровнем ферритина менее 500 мг/л Patients with ferritin levels <500 mg/l (n=81)	Пациенты с уровнем ферритина более 800 мг/л Patients with ferritin levels >500 mg/l (n=17)	P
МЖП, см Interventricular septum, cm	1,16±0,24	1,08±0,17	0,14
ММЛЖ, г Left ventricular mass, g.	232,7 [197,1; 293,1]	252,1 [185,4; 280,4]	0,33
Площадь поверхности тела Body surface area	1,7 [1,68; 1,94]	1,8 [1,8; 2,0]	0,25
ИММЛЖ, г/м ² Left ventricular mass index, g/m ²	127,4 [102,2; 149]	133,4 [94,7; 153,7]	0,41
ИОТ Relative wall thickness index	0,42 [0,36; 0,48]	0,39 [0,36; 0,45]	0,30
Внутренняя оболочка Intima	1,94 [1,8; 2,13]*	1,84 [1,57; 1,98]	0,046
Фракция укорочения средних волокон, % Medium fiber fractional shortening, %	15,9 [13,9; 18,2]	14,4 [12,1; 16,1]	0,073

Примечание. * – различия достоверны по сравнению с группой пациентов с уровнем ферритина более 800 мг/л ($p \leq 0,05$).

Note. * – the differences are significant compared to the group of patients with ferritin level >800 mg/l ($p \leq 0,05$).

У пациентов с уровнем ферритина более 800 мг/л были выше значения КСР и ниже ФВ, фракционного укорочения левого желудочка (FS) и внутренней оболочки при сравнении с пациентами с уровнем ферритина менее 500 мг/л. Наблюдалась тенденция к низким значениям фракции укорочения средних волокон. Также отмечена разница в уровне СРБ.

При проведении корреляционного анализа выявлены связи структурных изменений сердца с показателями обмена железа: ИММЛЖ с общей железосвязывающей способностью сыворотки (ОЖЖС) ($R=-0,45$; $Z=2,1$; $p<0,05$) и гемоглобином ($R=-0,44$; $Z=2,1$; $p<0,05$), ММЛЖ с сывороточным железом ($R=-0,36$; $Z=2,1$; $p<0,05$), ФВ с ферритином ($R=-0,38$; $Z=3,4$; $p<0,001$), FS с ферритином ($R=-0,53$; $Z=3,8$; $p<0,001$), трансферрином ($R=0,39$; $Z=2,4$; $p<0,05$) и СРБ ($R=-0,5$; $Z=3,2$; $p<0,001$), коэффициента насыщения трансферрина железом (КНТ) с ЗСЛЖ ($R=-0,35$; $Z=2,6$; $p<0,01$) и МЖП ($R=-0,34$; $Z=2,3$; $p<0,01$).

Обсуждение. Сердечно-сосудистые заболевания являются основными причинами заболеваемости и смертности у пациентов на

программном гемодиализе. К причинам ремоделирования сердца относят активацию ренин-ангиотензиновой системы, ингибирование синтеза оксида азота, увеличение внутрисосудистого объема, высокий кровоток в артериовенозной фистуле, дефицит витамина Д и анемию [8, 10–15]. ГЛЖ представляет собой ключевой признак поражения сердца у пациентов с ХБП и наблюдается более чем у 80 % пациентов, находящихся на гемодиализе [14, 15]. В нашем исследовании только у 15,6 % пациентов не было изменений геометрии ЛЖ. В большинстве случаев наблюдалась концентрическая гипертрофия (52,4 %) и эксцентрическая гипертрофия (20,4 %), что, по данным литературы, может привести к большому количеству неблагоприятных сердечно-сосудистых исходов.

В единичных работах показано, что женский пол был независимо связан с наличием как концентрической, так и эксцентрической ГЛЖ [10]. В нашем исследовании гендерных отличий по типам ремоделирования не получено.

Исследование D. Jasminka et al. (2015) продемонстрировало, что улучшение показателей ремоделирования ЛЖ достоверно кор-

релирировало с увеличением значений гемоглобина, в то же время отсутствовала связь с уровнем снижения САД и ДАД [16]. Показатели анемии в большей степени влияют на ремоделирование миокарда у пациентов с 5Д-стадией ХБП, чем показатели АД [14]. Кроме того, установлено, что ГЛЖ встречается более чем у трети пациентов с серповидноклеточной анемией без сопутствующей сердечной патологии [17]. У данных пациентов показатели ремоделирования сердца коррелировали с уровнем гемоглобина и гематокрита [18]. Нами установлена связь ИММЛЖ с анемией и ОЖСС, а также выявлена разница показателей у пациентов с анемией и без анемии. Наличие анемии влияло на размер и объем полости левого желудочка, а также на размер правого желудочка. Данные литературы свидетельствуют о том, что анемия и дефицит железа повышают систолическое давление в легочной артерии, вызывая гипертрофию правого желудочка [18, 19]. В одном из зарубежных исследований отмечена роль дефицита железа в формировании дисфункции правого желудочка при хронической и острой сердечной недостаточности [20]. Ранее показано, что дисфункция правого желудочка является значимым фактором смертности пациентов [21]. Таким образом, требуются дополнительные углубленные исследования геометрии правого желудочка у пациентов, получающих лечение ПГ, с анемией для определения прогноза жизни и тактики ведения.

Анемия и дефицит железа приводят к ремоделированию желудочков и предсердий, снижению сократимости желудочков и изменению диастолической функции желудочков [5]. В то же время нами не получено различий по типам ремоделирования у пациентов с анемией и без нее, поэтому мы предполагаем влияние других факторов на развитие ГЛЖ.

У пациентов с 5Д-стадией ХБП для достижения целевого уровня гемоглобина используются препараты, стимулирующие эритропоэз, что может привести к функциональному дефициту железа [22, 23]. У пациентов с функциональным дефицитом железа значительно выше уровни СРБ, паратгормона, гепсидина [6, 24]. Нами выявлено, что уровень СРБ был значительно выше в группе с гемоглобином

менее 100 мг/л и ферритином более 800 мг/л. Обнаружена связь фракции укорочения ЛЖ с выраженностью системного воспаления ($R=-0,5$; $Z=3,2$; $p<0,001$).

Рядом исследователей установлено, что КНТ ассоциируется с ГЛЖ у пациентов с ХБП. В нашем исследовании прослеживалась связь КНТ с толщиной ЗСЛЖ и МЖП. В работе N. Bhagat et al. (2021) показано, что снижение ИММЛЖ при терапии анемии с достижением целевых уровней гемоглобина не влияет на ФВ ЛЖ [5]. Однако в нашем исследовании выявлено значимое снижение ФВ ЛЖ у пациентов с высоким уровнем ферритина ($p<0,001$), что может свидетельствовать о токсичном действии железа на миокард. В работе S. Nakagawa et al. (2016) продемонстрирована связь ферритина, гемоглобина с поражением периферических мышц у пациентов, получающих лечение ПГ [25]. В то же время дефицит железа (низкий уровень КНТ, железа или ферритина) был значимым предиктором 5-летней смертности от всех причин у пациентов на ПГ [24]. В ряде зарубежных исследований показано, что оптимальный уровень ферритина у пациентов на ПГ может составлять менее 90 нг/мл [26, 27]. Пациенты с более низким уровнем ферритина имели значительно более низкий риск развития ССЗ и смерти от них. Значение ферритина слабо коррелирует с уровнем железа при наличии воспаления. В связи с этим долгосрочная безопасность применения препаратов железа у пациентов с 5Д-стадией ХБП до сих пор не установлена.

Заключение. Таким образом, у большинства пациентов, получающих лечение ПГ, наблюдается ремоделирование ЛЖ с превалированием концентрической и эксцентрической гипертрофии. Гендерных различий не выявлено. У пациентов с уровнем гемоглобина менее 100 г/л отмечаются более высокие значения ИММЛЖ, а также гипертрофия правого желудочка. У пациентов с высоким уровнем ферритина (более 800 нг/мл) установлены более низкие функциональные показатели левого желудочка и более высокий уровень СРБ. Полученные данные могут открыть новые возможности влияния на регресс ГЛЖ у пациентов, получающих лечение программным гемодиализом.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов

Концепция и дизайн исследования: Иевлев Е.Н., Казакова И.А.

Участие в исследовании, обработка материала: Иевлев Е.Н., Руденко И.Б., Шамова Л.Л.

Статистическая обработка данных: Иевлев Е.Н.

Анализ и интерпретация данных: Казакова И.А., Иевлев Е.Н.

Написание и редактирование текста: Казакова И.А., Иевлев Е.Н.

Литература

1. *Tsubakihara Y., Nishi S., Akiba T., Hirakata H., Iseki K., Kubota M., Kuriyama S., Komatsu Y., Suzuki M., Nakai S., Hattori M., Babazono T., Hiramatsu M., Yamamoto H., Bessho M., Akizawa T.* 2008 Japanese Society for Dialysis Therapy: guidelines for renal anemia in chronic kidney disease. *Ther Apher Dial.* 2010; 14 (3): 240–75. DOI: 10.1111/j.1744-9987.2010.00836.x.
2. *Dimković N., Mitić I., Andrić B., Havidža B.L., Jelačić R., Milić N.* Complete correction of anemia with recormon (erythropoietin β) in patients on chronic hemodialysis. *Med Pregl.* 2015; 68 (9-10): 324–330. DOI: 10.2298/mpns1510324d.
3. *Lim J., Yu C.J., Yu H., Ha S.J.* Erythropoietin therapy improves endothelial function in patients with non-dialysis chronic kidney disease and anemia (EARNEST-CKD): A clinical study. *Medicine (Baltimore).* 2021; 100 (42): e27601. DOI: 10.1097/MD.00000000000027601.
4. *Stojimirović B., Petrović D., Obrenović R.* Left ventricular hypertrophy in patients on hemodialysis: importance of anemia. *Med Pregl.* 2007; 60 (Suppl. 2): 155–159.
5. *Bhagat N., Dawman L., Naganur S., Tiewsoh K., Kumar B., Pratyusha K., Sharawat I.K., Gupta K.L.* Impact of anemia on the cardiovascular status in children with chronic kidney disease: A pilot study. *Clin Nutr ESPEN.* 2022; 47: 283–287. DOI: 10.1016/j.clnesp.2021.11.031.
6. *Ali A., Salih R.M.* Renal anemia syndromes in iraqi hemodialysis patients according to iron status. *Saudi J Kidney Dis Transpl.* 2018; 29 (1): 127–135. DOI: 10.4103/1319-2442.225182.
7. *Eser B., Yayar O., Buyukbakkal M., Erdogan B., Ercan Z., Merhametsiz O., Haspulat A., Oğuz E.G., Dogan İ., Canbakan B., Ayli M.D.* Fibroblast growth factor is associated to left ventricular mass index, anemia and low values of transferrin saturation. *Nefrologia.* 2015; 35 (5): 465–472. DOI: 10.1016/j.nefro.2015.06.025.
8. *Maria D.-T., Andritoiu A., Vaduva C., Kamal K.C., Zaharie S.I.* Cardiac Hemodynamics and Slight Regression of Left Ventricular Mass Index in a Group of Hemodialysed Patients. *Curr Health Sci J.* 2020; 46 (2): 173–179. DOI: 10.12865/CHSJ.46.02.11.
9. *Io H., Nakata J., Inoshita H., Ishizaka M., Tomino Y., Suzuki Y.* Relationship among Left Ventricular Hypertrophy, Cardiovascular Events, and Preferred Blood Pressure Measurement Timing in Hemodialysis Patients. *J Clin Med.* 2020; 9 (11): 3512. DOI: 10.3390/jcm9113512.
10. *Paoletti E., Nicola L.D., Gabbai F.B., Chiodini P., Ravera M., Pieracci L., Marre S., Cassottana P., Lucà S., Vettoretti S., Borrelli S., Conte G., Minutolo R.* Associations of Left Ventricular Hypertrophy and Geometry with Adverse Outcomes in Patients with CKD and Hypertension. *Clin J Am Soc Nephrol.* 2016; 11 (2): 271–279. DOI: 10.2215/CJN.06980615.
11. *Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO) Anemia Work Group.* KDIGO Clinical Practice Guideline for Anemia in Chronic Kidney Disease. *Kidney inter., Suppl.* 2012; 2: 279–335.
12. *Locatelli F., Barany P., Covic A., De Francisco A., Del Vecchio L., Goldsmith D., Hörl W., London G., Vanholder R., Biesen W.V., ERA-EDTA ERBP Advisory Board.* Kidney disease: improving global outcomes guidelines on anaemia management in chronic kidney disease: a European renal best practice position statement. *Nephrol Dial Transplant.* 2013; 28 (6): 1346–1359. DOI: 10.1093/ndt/gft033.
13. *Клинические рекомендации: хроническая болезнь почек.* 2021: 71–76. URL: https://cr.minzdrav.gov.ru/recomend/469_2 (дата обращения: 25.10.2022).
14. *Lullo L.D., Gorini A., Russo D., Santoboni A., Ronco C.* Left Ventricular Hypertrophy in Chronic Kidney Disease Patients: From Pathophysiology to Treatment. *Cardiorenal Med.* 2015; 5 (4): 254–266. DOI: 10.1159/000435838.

15. *Vigan J., Ahoui S., Hounsou D., Céline A., Goudoté K., Sacca J.V.* Left ventricular hypertrophy in chronic hemodialysis patients at CNHU-HKM of Cotonou. *Nephrol Ther.* 2018; 14 (1): 29–34. DOI: 10.1016/j.nephro.2017.06.001.
16. *Jasminka D., Rasic S., Rebic D., Uncanin S.* Role of Hypertension and Anaemia in Left Ventricular Remodelling in Patient with Renal Allograft in the First Post-transplant Year. *Mater Sociomed.* 2015; 27 (2): 104–107. DOI: 10.5455/msm.2015.27.104-107.
17. *Faro G.B. de A., Menezes-Neto O.A., Batista G.S., Silva-Neto A.P., Cipolotti R.* Left ventricular hypertrophy in children, adolescents and young adults with sickle cell anemia. *Rev Bras Hematol Hemoter.* 2015; 37 (5): 324–328. DOI: 10.1016/j.bjhh.2015.07.001.
18. *Adjagba P.M., Habib G., Robitaille N., Pastore Y., Raboisson M.-J., Curnier D., Dahdah N.* Impact of sickle cell anaemia on cardiac chamber size in the paediatric population. *Cardiol Young.* 2017; 27 (5): 918–924. DOI: 10.1017/S1047951116001633.
19. *Sutil-Vega M., Rizzo M., Martínez-Rubio A.* Anemia and iron deficiency in heart failure: a review of echocardiographic features. *Echocardiography.* 2019; 36 (3): 585–594. DOI: 10.1111/echo.14271.
20. *Miñana G., Santas E., Espriella R., Núñez E., Lorenzo M., Núñez G., Valero E., Bodí V., Chorro F.J., Sanchis J., Cohen-Solal A., Bayés-Genís A., Núñez J.* Right ventricular function and iron deficiency in acute heart failure. *Eur Heart J Acute Cardiovasc Care.* 2021; 10 (4): 406–414. DOI: 10.1093/ehjacc/zuaa028.
21. *Cassady S.J., Ramani G.V.* Right Heart Failure in Pulmonary Hypertension. *Cardiol Clin.* 2020; 38 (2): 243–255. DOI: 10.1016/j.ccl.2020.02.001.
22. *Oguz E.G., Gursoy G.K., Yayar O., Yildirim T., Cimen T., Bulut C., Eser B., Canbakan B., Yeter E., Ayli M.D.* Increased serum renalase in hemodialysis patients: is it related to left ventricular hypertrophy? *Ren Fail.* 2016; 38 (8): 1180–1186. DOI: 10.1080/0886022X.2016.1208516.
23. *Kuragano T., Joki N., Hase H., Kitamura K., Murata T., Fujimoto S., Fukatsu A., Inoue T., Itakura Y., Nakanishi T.* Low transferrin saturation (TSAT) and high ferritin levels are significant predictors for cerebrovascular and cardiovascular disease and death in maintenance hemodialysis patients. *PLoS One.* 2020; 15 (9): e0236277. DOI: 10.1371/journal.pone.0236277.
24. *Suega K., Kandarini Y., Tubung J.* Role of Soluble Transferrin Receptor and Transferrin Receptor-Ferritin Index to Detect Iron Deficiency Anemia in Regular Hemodialysis Patients. *Open Access Maced J Med Sci.* 2019; 7 (1): 97–02. DOI: 10.3889/oamjms.2019.012.
25. *Nakagawa C., Inaba M., Ishimura E., Yamakawa T., Shoji S., Okuno S.* Association of Increased Serum Ferritin With Impaired Muscle Strength/Quality in Hemodialysis Patients. *J Ren Nutr.* 2016; 26 (4): 253–257. DOI: 10.1053/j.jrn.2016.01.011.
26. *Mizuri S., Nishizawa Y., Doi T., Yamashita K., Shigemoto K., Usui K., Arita M., Naito T., Doi S., Masaki T.* Iron, coronary artery calcification, and mortality in patients undergoing hemodialysis. *Ren Fail.* 2021; 43 (1): 371–380. DOI: 10.1080/0886022X.2021.1880937.
27. *Maruyama Y., Kanda E., Kikuchi K., Abe M., Masakane I., Yokoo T., Nitta K.* Association between anemia and mortality in hemodialysis patients is modified by the presence of diabetes. *J Nephrol.* 2021; 34 (3): 781–790. DOI: 10.1007/s40620-020-00879-x.
28. *Ogawa C., Tsuchiya K., Tomosugi N., Kanda F., Maeda K., Maeda T.* Low levels of serum ferritin and moderate transferrin saturation lead to adequate hemoglobin levels in hemodialysis patients, retrospective observational study. *PLoS One.* 2017; 12 (6): e0179608. DOI: 10.1371/journal.pone.0179608.

Поступила в редакцию 17.10.2022; принята 10.11.2022.

Авторский коллектив

Иевлев Евгений Николаевич – кандидат медицинских наук, доцент кафедры внутренних болезней с курсами лучевых методов диагностики и лечения, военно-полевой терапии, ФГБОУ ВО «Ижевская государственная медицинская академия» Минздрава России. 426000, Россия, г. Ижевск, ул. Коммунаров, 281; врач-терапевт приемного отделения, БУЗ УР «Городская клиническая больница № 6 Министерства здравоохранения Удмуртской Республики». 426000, Россия, г. Ижевск, ул. Ленина, 81; e-mail: inloja@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0395-7946>.

Казакова Ирина Александровна – доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой внутренних болезней с курсами лучевых методов диагностики и лечения, военно-полевой терапии, ФГБОУ ВО «Ижевская государственная медицинская академия» Минздрава России. 426000, Россия,

г. Ижевск, ул. Коммунаров, 281; e-mail: i.a.kazakova@yandex.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7815-1536>.

Руденко Ирина Борисовна – кандидат медицинских наук, доцент кафедры внутренних болезней с курсами лучевых методов диагностики и лечения, военно-полевой терапии, ФГБОУ ВО «Ижевская государственная медицинская академия» Минздрава России. 426000, Россия, г. Ижевск, ул. Коммунаров, 281; e-mail: vnut.bolezni@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6829-4816>.

Шамова Людмила Леонтьевна – врач функциональной диагностики, БУЗ УР «Городская клиническая больница № 6 Министерства здравоохранения Удмуртской Республики». 426000, Россия, г. Ижевск, ул. Ленина, 81; e-mail: Vnut.bolezni@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9020-3500>.

Образец цитирования

Иевлев Е.Н., Казакова И.А., Руденко И.Б., Шамова Л.Л. Анемия и структурно-функциональное состояние сердца у пациентов на заместительной почечной терапии. Ульяновский медико-биологический журнал. 2023; 1: 14–26. DOI: 10.34014/2227-1848-2023-1-14-26.

ANEMIA AND STRUCTURAL AND FUNCTIONAL HEART CONDITIONS IN PATIENTS UNDERGOING RENAL REPLACEMENT THERAPY

E.N. Ievlev^{1,2}, I.A. Kazakova¹, I.B. Rudenko¹, L.L. Shamova²

¹ Izhevsk State Medical Academy, Ministry of Health of the Russian Federation, Izhevsk, Russia;

² City Clinical Hospital No. 6, Ministry of Health of the Udmurt Republic, Izhevsk, Russia

Anemia is one of the modifiable risk factors for the development of left ventricular hypertrophy (LVH) in patients with chronic kidney disease (CKD). However, there are not enough studies on the effect of iron metabolism on left ventricular geometry.

Materials and Methods. The authors examined 147 patients (69 males and 78 females) with CKD undergoing long-term hemodialysis. The mean age was 55.6±13.4 years. Median dialysis treatment was 3 [2; 5] years. Kt/V index was 1.52±0.2. Based on the echocardiogram data, we calculated left ventricular mass (LVM), left ventricular mass index (LVMI), relative wall thickness index (RWTI), intima, and medium fiber fractional shortening. Ferritin, transferrin, and transferrin saturation were also determined.

Results. Changes in LV geometry were detected in 124 (84.4 %) patients. Higher LVMI, and RWTI parameters were observed in the group of patients with hemoglobin <100 g/l. Patients with ferritin levels >800 ng/l demonstrated higher end-systolic dimension and lower left ventricular ejection fraction compared to patients with ferritin levels <500 ng/mL.

Conclusion. Structural and functional indicators of the heart in patients undergoing long-term hemodialysis correlate not only with hemoglobin level, but also with indicators of iron metabolism (ferritin, transferrin, and transferrin saturation). In patients with a high ferritin level, left ventricle functional parameters are lower.

Key words: anemia, hemodialysis, left ventricular hypertrophy, right ventricular hypertrophy, ferritin, chronic kidney disease.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Author contributions

Research concept and design: Ievlev E.N., Kazakova I.A.

Participation in the research study, data processing: Ievlev E.N., Rudenko I.B., Shamova L.L.

Statistical data processing: Ievlev E.N.

Data analysis and interpretation: Kazakova I.A., Ievlev E.N.

Text writing and editing: Kazakova I.A., Ievlev E.N.

References

1. Tsubakihara Y., Nishi S., Akiba T., Hirakata H., Iseki K., Kubota M., Kuriyama S., Komatsu Y., Suzuki M., Nakai S., Hattori M., Babazono T., Hiramatsu M., Yamamoto H., Bessho M., Akizawa T.

- 2008 Japanese Society for Dialysis Therapy: guidelines for renal anemia in chronic kidney disease. *Ther Apher Dial.* 2010; 14 (3): 240–75. DOI: 10.1111/j.1744-9987.2010.00836.x.
2. Dimković N., Mitić I., Andrić B., Havidža B.L., Jelačić R., Milić N. Complete correction of anemia with recormon (erythropoietin β) in patients on chronic hemodialysis. *Med Pregl.* 2015; 68 (9-10): 324–330. DOI: 10.2298/mpns1510324d.
 3. Lim J., Yu C.J., Yu H., Ha S.J. Erythropoietin therapy improves endothelial function in patients with non-dialysis chronic kidney disease and anemia (EARNEST-CKD): A clinical study. *Medicine (Baltimore).* 2021; 100 (42): e27601. DOI: 10.1097/MD.00000000000027601.
 4. Stojimirović B., Petrović D., Obrenović R. Left ventricular hypertrophy in patients on hemodialysis: importance of anemia. *Med Pregl.* 2007; 60 (Suppl. 2): 155–159.
 5. Bhagat N., Dawman L., Naganur S., Tiewsoh K., Kumar B., Pratyusha K., Sharawat I.K., Gupta K.L. Impact of anemia on the cardiovascular status in children with chronic kidney disease: A pilot study. *Clin Nutr ESPEN.* 2022; 47: 283–287. DOI: 10.1016/j.clnesp.2021.11.031.
 6. Ali A., Salih R.M. Renal anemia syndromes in iraqi hemodialysis patients according to iron status. *Saudi J Kidney Dis Transpl.* 2018; 29 (1): 127–135. DOI: 10.4103/1319-2442.225182.
 7. Eser B., Yayar O., Buyukbakkal M., Erdogan B., Ercan Z., Merhametsiz O., Haspulat A., Oğuz E.G., Dogan İ., Canbakan B., Ayli M.D. Fibroblast growth factor is associated to left ventricular mass index, anemia and low values of transferrin saturation. *Nefrologia.* 2015; 35 (5): 465–472. DOI: 10.1016/j.nefro.2015.06.025.
 8. Maria D.-T., Andritoiu A., Vaduva C., Kamal K.C., Zaharie S.I. Cardiac Hemodynamics and Slight Regression of Left Ventricular Mass Index in a Group of Hemodialysed Patients. *Curr Health Sci J.* 2020; 46 (2): 173–179. DOI: 10.12865/CHSJ.46.02.11.
 9. Io H., Nakata J., Inoshita H., Ishizaka M., Tomino Y., Suzuki Y. Relationship among Left Ventricular Hypertrophy, Cardiovascular Events, and Preferred Blood Pressure Measurement Timing in Hemodialysis Patients. *J Clin Med.* 2020; 9 (11): 3512. DOI: 10.3390/jcm9113512.
 10. Paoletti E., Nicola L.D., Gabbai F.B., Chiodini P., Ravera M., Pieracci L., Marre S., Cassottana P., Lucà S., Vettoretti S., Borrelli S., Conte G., Minutolo R. Associations of Left Ventricular Hypertrophy and Geometry with Adverse Outcomes in Patients with CKD and Hypertension. *Clin J Am Soc Nephrol.* 2016; 11 (2): 271–279. DOI: 10.2215/CJN.06980615.
 11. Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO) Anemia Work Group. KDIGO Clinical Practice Guideline for Anemia in Chronic Kidney Disease. *Kidney inter., Suppl.* 2012; 2: 279–335.
 12. Locatelli F., Barany P., Covic A., De Francisco A., Del Vecchio L., Goldsmith D., Hörl W., London G., Vanholder R., Biesen W.V., ERA-EDTA ERBP Advisory Board. Kidney disease: improving global outcomes guidelines on anaemia management in chronic kidney disease: a European renal best practice position statement. *Nephrol Dial Transplant.* 2013; 28 (6): 1346–1359. DOI: 10.1093/ndt/gft033.
 13. *Klinicheskie rekomendatsii: khronicheskaya bolezni' pochek* [Clinical guidelines: Chronic kidney disease]. 2021: 71–76. Available at: https://cr.minzdrav.gov.ru/recomend/469_2 (accessed: October 25, 2022) (in Russian).
 14. Lullo L.D., Gorini A., Russo D., Santoboni A., Ronco C. Left Ventricular Hypertrophy in Chronic Kidney Disease Patients: From Pathophysiology to Treatment. *Cardiorenal Med.* 2015; 5 (4): 254–266. DOI: 10.1159/000435838.
 15. Vigan J., Ahoui S., Hounsou D., Céline A., Goudoté K., Sacca J.V. Left ventricular hypertrophy in chronic hemodialysis patients at CNHU-HKM of Cotonou. *Nephrol Ther.* 2018; 14 (1): 29–34. DOI: 10.1016/j.nephro.2017.06.001.
 16. Jasminka D., Rasic S., Rebic D., Uncanin S. Role of Hypertension and Anaemia in Left Ventricular Remodelling in Patient with Renal Allograft in the First Post-transplant Year. *Mater Sociomed.* 2015; 27 (2): 104–107. DOI: 10.5455/msm.2015.27.104-107.
 17. Faro G.B. de A., Menezes-Neto O.A., Batista G.S., Silva-Neto A.P., Cipolotti R. Left ventricular hypertrophy in children, adolescents and young adults with sickle cell anemia. *Rev Bras Hematol Hemoter.* 2015; 37 (5): 324–328. DOI: 10.1016/j.bjhh.2015.07.001.
 18. Adjagba P.M., Habib G., Robitaille N., Pastore Y., Raboisson M.-J., Curnier D., Dahdah N. Impact of sickle cell anaemia on cardiac chamber size in the paediatric population. *Cardiol Young.* 2017; 27 (5): 918–924. DOI: 10.1017/S1047951116001633.
 19. Sutil-Vega M., Rizzo M., Martínez-Rubio A. Anemia and iron deficiency in heart failure: a review of echocardiographic features. *Echocardiography.* 2019; 36 (3): 585–594. DOI: 10.1111/echo.14271.

20. Miñana G., Santas E., Espriella R., Núñez E., Lorenzo M., Núñez G., Valero E., Bodí V., Chorro F.J., Sanchis J., Cohen-Solal A., Bayés-Genís A., Núñez J. Right ventricular function and iron deficiency in acute heart failure. *Eur Heart J Acute Cardiovasc Care*. 2021; 10 (4): 406–414. DOI: 10.1093/ehjacc/zuaa028.
21. Cassidy S.J., Ramani G.V. Right Heart Failure in Pulmonary Hypertension. *Cardiol Clin*. 2020; 38 (2): 243–255. DOI: 10.1016/j.ccl.2020.02.001.
22. Oguz E.G., Gursoy G.K., Yayar O., Yildirim T., Cimen T., Bulut C., Eser B., Canbakan B., Yeter E., Ayli M.D. Increased serum renalase in hemodialysis patients: is it related to left ventricular hypertrophy? *Ren Fail*. 2016; 38 (8): 1180–1186. DOI: 10.1080/0886022X.2016.1208516.
23. Kuragano T., Joki N., Hase H., Kitamura K., Murata T., Fujimoto S., Fukatsu A., Inoue T., Itakura Y., Nakanishi T. Low transferrin saturation (TSAT) and high ferritin levels are significant predictors for cerebrovascular and cardiovascular disease and death in maintenance hemodialysis patients. *PLoS One*. 2020; 15 (9): e0236277. DOI: 10.1371/journal.pone.0236277.
24. Suega K., Kandarini Y., Tubung J. Role of Soluble Transferrin Receptor and Transferrin Receptor-Ferritin Index to Detect Iron Deficiency Anemia in Regular Hemodialysis Patients. *Open Access Maced J Med Sci*. 2019; 7 (1): 97–02. DOI: 10.3889/oamjms.2019.012.
25. Nakagawa C., Inaba M., Ishimura E., Yamakawa T., Shoji S., Okuno S. Association of Increased Serum Ferritin With Impaired Muscle Strength/Quality in Hemodialysis Patients. *J Ren Nutr*. 2016; 26 (4): 253–257. DOI: 10.1053/j.jrn.2016.01.011.
26. Mizuiri S., Nishizawa Y., Doi T., Yamashita K., Shigemoto K., Usui K., Arita M., Naito T., Doi S., Masaki T. Iron, coronary artery calcification, and mortality in patients undergoing hemodialysis. *Ren Fail*. 2021; 43 (1): 371–380. DOI: 10.1080/0886022X.2021.1880937.
27. Maruyama Y., Kanda E., Kikuchi K., Abe M., Masakane I., Yokoo T., Nitta K. Association between anemia and mortality in hemodialysis patients is modified by the presence of diabetes. *J Nephrol*. 2021; 34 (3): 781–790. DOI: 10.1007/s40620-020-00879-x.
28. Ogawa C., Tsuchiya K., Tomosugi N., Kanda F., Maeda K., Maeda T. Low levels of serum ferritin and moderate transferrin saturation lead to adequate hemoglobin levels in hemodialysis patients, retrospective observational study. *PLoS One*. 2017; 12 (6): e0179608. DOI: 10.1371/journal.pone.0179608.

Received October 17, 2022; accepted November 10, 2022.

Information about the authors

Ievlev Evgeniy Nikolaevich, Candidate of Sciences (Medicine), Associate Professor, Chair of Internal Diseases with Courses in Radiological Methods of Diagnosis and Treatment, Military Field Therapy, Izhevsk State Medical Academy, Ministry of Health of the Russian Federation. 426000, Russia, Izhevsk, Kommunarov St., 281; Doctor-Therapist, Admission Department, City Clinical Hospital No. 6, Ministry of Health of the Udmurt Republic. 426000, Russia, Izhevsk, Lenin St., 81; e-mail: inloja@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0395-7946>.

Kazakova Irina Aleksandrovna, Doctor of Sciences (Medicine), Professor, Head of the Chair of Internal Diseases with Courses of Radiological Methods of Diagnosis and Treatment, Military Field Therapy, Izhevsk State Medical Academy, Ministry of Health of the Russian Federation. 426000, Russia, Izhevsk, Kommunarov St., 281; e-mail: i.a.kazakova@yandex.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7815-1536>.

Rudenko Irina Borisovna, Candidate of Sciences (Medicine), Associate Professor, Chair of Internal Diseases with Courses in Radiological Methods of Diagnosis and Treatment, Military Field Therapy, Izhevsk State Medical Academy, Ministry of Health of the Russian Federation. 426000, Russia, Izhevsk, Kommunarov St., 281; e-mail: vnut.bolezni@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6829-4816>.

Shamova Lyudmila Leont'evna, Doctor of Functional Diagnostics, City Clinical Hospital No. 6, Ministry of Health of the Udmurt Republic. 426000, Russia, Izhevsk, Lenin St., 81; e-mail: Vnut.bolezni@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9020-3500>.

For citation

Ievlev E.N., Kazakova I.A., Rudenko I.B., Shamova L.L. Anemiya i strukturno-funktsional'noe sostoyanie serdtsa u patsientov na zamestitel'noy pochechnoy terapii [Anemia and structural and functional heart conditions in patients undergoing renal replacement therapy]. *Ulyanovskiy mediko-biologicheskii zhurnal*. 2023; 1: 14–26. DOI: 10.34014/2227-1848-2023-1-14-26 (in Russian).