

DOI: <https://doi.org/10.22263/2312-4156.2024.6.63>

Гиперфосфатемия как патологический синдром у пациентов в критических состояниях

Е.С. Ковалёва¹, А.Л. Липницкий^{1,2}, А.В. Марочков^{1,2}, Е.В. Каралёва²

¹Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет, г. Витебск, Республика Беларусь

²Могилёвская областная клиническая больница, г. Могилёв, Республика Беларусь

Вестник ВГМУ. – 2024. – Том 23, №6. – С. 63-69.

Hyperphosphatemia as a pathological syndrome in critically ill patients

E.S. Kavaleva¹, A.L. Lipnitski^{1,2}, A.V. Marochkov^{1,2}, E.V. Karaleva²

¹Vitebsk State Order of Peoples' Friendship Medical University, Vitebsk, Republic of Belarus

²Mogilev Regional Clinical Hospital, Mogilev, Republic of Belarus

Vestnik VGMU. 2024;23(6):63-69.

Резюме.

Цель исследования – определение влияния гиперфосфатемии на результаты лечения пациентов в критических состояниях.

Материал и методы. Проведено одноцентровое ретроспективное нерандомизированное обсервационное исследование, в которое за 10 месяцев 2023 г. были включены все пациенты с гиперфосфатемией (n=444), проходившие интенсивную терапию в отделениях анестезиологии и реанимации (ОАиР).

Результаты. Наибольший уровень фосфора отмечался у пациентов с нефрологической (1,89 (1,64; 2,24) ммоль/л), гематологической (1,85 (1,65; 2,1) ммоль/л) и легочной патологиями (1,81 (1,6; 2,3) ммоль/л). Уровень фосфора у умерших пациентов с гиперфосфатемией (n=116 (26,1%)) был статистически значимо выше, чем у выживших пациентов: 1,78 (1,60; 2,18) ммоль/л, и 1,67 (1,54; 1,95) ммоль/л соответственно, p=0,015. Точка отсечения уровня фосфора в прогнозировании летального исхода у пациентов ОАиР с исходной гиперфосфатемией равна 1,99 ммоль/л с чувствительностью 38,8% и специфичностью 77,8% (AUC=0,577 (SE 0,031, 95% CI 0,53-0,624, p=0,013)).

Заключение. Частота гиперфосфатемии среди пациентов отделений анестезиологии и реанимации составила 14,7%, а среди всех пациентов стационара 4,7%.

Ключевые слова: гиперфосфатемия, фосфаты, неорганический фосфор, интенсивная терапия, летальность.

Abstract.

Objectives. To determine the impact of hyperphosphatemia on the treatment outcomes of critically ill patients.

Material and methods. A single-center retrospective non-randomized observational study was conducted, which included all patients with hyperphosphatemia (n=444) undergoing intensive care in the anesthesiology and intensive care departments over the 10-month period in 2023.

Results. The highest phosphorus levels were observed in patients with nephrological (1.89 (1.64; 2.24) mmol/l), hematological (1.85 (1.65; 2.1) mmol/l) and pulmonary pathologies (1.81 (1.6; 2.3) mmol/l). The phosphorus level in deceased patients with hyperphosphatemia (n=116 (26.1%)) was statistically significantly higher than in surviving patients: 1.78 (1.60; 2.18) mmol/l and 1.67 (1.54; 1.95) mmol/l, respectively, p=0.015. The cutoff point for the phosphorus level in predicting mortality in critically ill patients with baseline hyperphosphatemia was 1.99 mmol/l with a sensitivity of 38.8% and a specificity of 77.8% (AUC=0.577 (SE 0.031, 95% CI 0.53-0.624, p=0.013)).

Conclusions. The incidence of hyperphosphatemia among patients in the anesthesiology and intensive care units was 14.7%, and among all hospital patients – 4.7%.

Keywords: hyperphosphatemia, phosphates, inorganic phosphorus, intensive care, mortality.

Введение

Нарушения содержания фосфора, включая гипофосфатемию и гиперфосфатемию, являются частыми находками у пациентов в критических состояниях [1, 2]. При этом данные нарушения часто не распознаются в клинической практике в связи с бессимптомным течением, а также отсутствием практики рутинного определения содержания неорганического фосфора в сыворотке у пациентов в интенсивной терапии. Частота острых нарушений содержания фосфора у пациентов, поступивших в отделение анестезиологии и реанимации (ОАиР), может достигать 45% [3, 4].

Среди вариантов нарушения уровня фосфора обсуждается, что именно гиперфосфатемия в большей степени связана с увеличением летальности у пациентов с сепсисом, тогда как корреляция гипофосфатемии с внутрибольничной летальностью у данных пациентов остается незначительной [5, 6]. При этом данные о влиянии высоких уровней фосфора на клинические исходы у всех пациентов в критических состояниях нуждаются в уточнении [5].

В базе данных «PubMed» было найдено 2214 публикаций при введении ключевых слов «hyperphosphatemia; mortality». Эта тема активно изучается исследователями с 2014 г. В данных работах изучается вопрос о взаимосвязи гиперфосфатемии с повышением летальности от всех причин и длительностью пребывания в стационаре. При этом результаты ряда исследований носят противоречивый характер [5, 7].

Большинство исследований по гиперфосфатемии сосредоточены на пациентах с определенными патологиями, как правило с почечной недостаточностью, а не на всех госпитализированных пациентах. При этом связь между гиперфосфатемией и почечной дисфункцией все еще полностью не установлена [7, 8]. Также недавно было показано, что гиперфосфатемия увеличивает риск сердечно-сосудистых заболеваний у пациентов [8]. Исследований, изучающих влияние гиперфосфатемии на исходы интенсивной терапии у пациентов в многопрофильном стационаре в Республике Беларусь, ранее не проводилось.

В связи с этим целью настоящего исследования является определение влияния гиперфосфатемии на результаты лечения пациентов в критических состояниях.

Материал и методы

Проведено одноцентровое ретроспективное нерандомизированное наблюдательное исследование. Были выбраны результаты анализов определения содержания фосфора в крови пациентов УЗ «Могилевская областная клиническая больница» за 10 месяцев 2023г. Всего за указанный промежуток времени было проведено 1 049 747 биохимических исследований, из них определения фосфора – 23 369 (2,2%) исследований. Всего гиперфосфатемия была диагностирована у 1100 (4,7%) пациентов стационара. В настоящее исследование было включено 444 пациента с гиперфосфатемией, которым проводили интенсивную терапию в отделениях анестезиологии и реанимации (ОАиР) за указанный период времени. На проведение данного исследования было получено согласие этического комитета УЗ «Могилевская областная клиническая больница».

Критериями включения пациентов в исследование были: возраст старше 18 лет, взятие сыворотки крови для исследования уровня неорганического фосфора хотя бы один раз за время нахождения в ОАиР (в анализ включался исходный уровень фосфора при поступлении). Критерии исключения: уровень содержания фосфора у пациента 1,45 ммоль/л и ниже. В качестве конечных точек исследований были выбраны: 1) длительность лечения в стационаре; 2) длительность лечения в ОАиР; 3) исходы лечения.

Из 444 пациентов с гиперфосфатемией было 251 (56,5%) мужчина и 193 (43,5%) женщины. Возраст пациентов составил 66 (57; 74) лет. Длительность лечения в ОАиР 5 (2; 11) дней, в стационаре – 16 (10; 25) дней. Средний уровень фосфора у всех пациентов составил 1,69 (1,55; 2,03) ммоль/л.

Всем пациентам для определения уровня фосфора осуществлялось взятие крови из периферической вены утром натощак или не менее 8 часов от последнего приема пищи и не более 14 часов голодания. Количественное определение уровня фосфора в сыворотке проводилось фотометрическим способом с помощью анализатора Beckman Coulter AU 840 (Beckman Coulter Inc., США). Референтный интервал содержания фосфора в сыворотке крови у взрослых пациентов составляет 0,81-1,45 ммоль/л (2,5-4,5 мг/дл).

В зависимости от степени гиперфосфатемии пациенты были разделены на 3 группы: группа 1 (легкой степени, n=267) – 1,46-1,8 ммоль/л;

группа 2 (средней степени, n=128) – 1,81-2,50 ммоль/л; группа 3 (тяжелой степени, n=49) – выше 2,50 ммоль/л.

Также пациенты в зависимости от основного заболевания были разделены на 9 групп: сердечно-сосудистые болезни (ишемическая болезнь сердца, неревматический миокардит, ТЭЛА) – 211 пациентов (47,5%), болезни желудочно-кишечного тракта (острый панкреатит, хронический панкреатит, острая спаечная кишечная непроходимость) – 64 пациента (14,4%), неврологические болезни (острое нарушение мозгового кровообращения) – 30 пациентов (6,8%), легочные болезни (внегоспитальная двухсторонняя пневмония, бронхиальная астма, ХОБЛ) – 8 пациентов (2,6%), гематологические болезни (хронический лейкоз) – 7 пациентов (1,6%), онкологические болезни (опухоли различной локализации) – 26 пациентов (5,9%), нефрологические болезни (острый гнойный пиелонефрит, хронический гломерулонефрит, мочекаменная болезнь) – 43 пациента (9,7%), эндокринологические болезни (диффузный тиреотоксический зоб, сахарный диабет) – 20 пациентов (4,5%), другие острые заболевания, не включенные в другие группы (общее переохлаждение, множественные резаные раны, политравмы) – 23 пациента (5,2%).

Статистический анализ полученных результатов был проведен с применением программы Statistica 12.0 (StatSoft Inc., США). Проверка полученных данных на нормальность распределения была проведена с применением теста Шапиро-Уилка (Shapiro-Wilk Test). В настоящем исследовании данные представлены в виде медианы и квартилей (Me (LQ; UQ)). С целью оценки значимости различий между двумя независимыми группами использовали тест Манна-Уитни (Mann-Whitney U Test), а для оценки значимости

различий в трех и более группах – критерий Краскала-Уоллиса (Kruskal-Wallis test). Для оценки значимости отличий качественных признаков применяли критерий χ^2 (Pearson Chi-square test).

Для определения статистической значимости модели проводили ROC-анализ с построением характеристической кривой и определением площади под ней (AUC). Отличия считались достоверными при $p < 0,05$.

Результаты

Всего за 10 месяцев 2023 г. в отделениях анестезиологии и реанимации интенсивная терапия проводилась 3030 пациентам. Таким образом, уровень гиперфосфатемии у пациентов ОАиР нашего стационара составил 14,7%.

Общая характеристика пациентов с гиперфосфатемией, разделенных на 3 группы в зависимости от уровня фосфора, представлена в таблице 1. Статистически значимых отличий между группами по полу, возрасту, а также длительности лечения в стационаре и ОАиР получено не было.

Нами был проведен анализ основной патологии у пациентов с гиперфосфатемией (табл. 2). Наибольший уровень фосфора отмечался у пациентов с нефрологической (1,89 (1,64; 2,24) ммоль/л), гематологической (1,85 (1,65; 2,1) ммоль/л) и легочной патологиями (1,81 (1,6; 2,3) ммоль/л). При этом больше всего пациентов с гиперфосфатемией тяжелой степени (выше 2,50 ммоль/л) было в группе пациентов сердечно-сосудистого (47%) и нефрологического профиля (16,3%).

Из 444 пациентов с гиперфосфатемией было выписано из стационара 328 (73,9%), умерло в

Таблица 1 – Общая характеристика групп пациентов с гиперфосфатемией

Группы	Группа 1, n=267	Группа 2, n=128	Группа 3, n=49	p*
Пол (муж/жен), n (%)	159 (59,6%) 108 (40,5%)	61 (47,7%) 67 (52,3%)	31 (63,2%) 18 (36,7%)	>0,1** >0,1**
Возраст, лет	66 (56; 74)	67 (58; 74)	66 (51; 74)	0,65
Длительность лечения в стационаре, дни	16 (11; 24)	13 (8; 25)	15 (9; 24)	0,12
Длительность лечения в ОАиР, дни	6 (3; 11)	5 (2; 11)	4 (2; 12)	0,61
Летальность, n (%)	61 (22,8%)	39 (30,5%)	16 (32,7%)	>0,2**

Примечание: * – для сравнения показателей между всеми группами использовали критерий Краскала-Уоллиса (Kruskal-Wallis test); ** – для попарного сравнения использовался χ^2 -квадрат по Пирсону (Pearson Chi-square).

Таблица 2 – Распределение пациентов с гиперфосфатемией в зависимости от основного заболевания

Группы (n, %)	Всего, n=444	Группа 1, n=267	Группа 2, n=128	Группа 3, n=49	Уровень фосфора*, ммоль/л
Сердечно-сосудистые болезни	211 (47,5%)	131 (49,1%)	57 (44,5%)	23 (47%)	1,67 (1,53; 1,96)
Болезни желудочно-кишечного тракта	64 (14,4%)	43 (16,1%)	16 (12,5%)	5 (10,2%)	1,65 (1,55; 1,88)
Неврологические болезни	30 (6,8%)	17 (6,4%)	10 (7,8%)	3 (6,1%)	1,72 (1,53; 2,11)
Легочные болезни	20 (4,5%)	10 (3,8%)	7 (5,5%)	3 (6,1%)	1,81 (1,6; 2,3)
Гематологические болезни	7 (1,6%)	3 (1,1%)	4 (3,1%)	0	1,85 (1,65; 2,1)
Онкологические болезни	26 (5,9%)	16 (6%)	8 (6,3%)	2 (4,1%)	1,72 (1,53; 2)
Нефрологические болезни	43 (9,7%)	18 (6,7%)	17 (13,3%)	8 (16,3%)	1,89 (1,64; 2,24)
Эндокринологические болезни	20 (4,5%)	15 (5,6%)	4 (3,1%)	1 (2%)	1,66 (1,54; 1,83)
Другие острые заболевания, не включенные в другие группы	23 (5,2%)	14 (5,2%)	5 (3,9%)	4 (8,2%)	1,74 (1,60; 2,26)

Примечание: * – $p=0,068$, критерий Краскела-Уоллиса (Kruskal-Wallis test)

Таблица 3 – Различия в уровне фосфора и длительности лечения между умершими и выжившими пациентами

Переменные	Умершие, n=116 (26,1%)	Выжившие, n=328 (73,9%)	p*
Уровень фосфора, ммоль/л	1,78 (1,60; 2,18)	1,67 (1,54; 1,95)	0,015
Длительность лечения в стационаре, дни	11,5 (6; 25,5)	17 (11; 24,5)	0,0004
Длительность лечения в ОАиР, дни	8 (3; 17)	5 (2; 10)	0,0001

Примечание: * – для сравнения показателей между группами использовали критерий Манна-Уитни (Mann-Whitney U Test)

ОАиР 116 (26,1%) пациентов. Проведенное сравнение показало более высокий уровень фосфора у умерших пациентов, по сравнению с выжившими (табл. 3). Также у умерших пациентов статистически значимо был более длительный период интенсивной терапии в ОАиР и более короткая длительность лечения в стационаре. При этом среди пациентов с легкой степенью гиперфосфатемии умерло 22,8% пациентов, а с тяжелой – 32,7%.

Был проведен ROC-анализ влияния уровня фосфора на летальность пациентов с гиперфосфатемией в ОАиР (рис.). Площадь под кривой (AUC) была равна 0,577 (SE 0,031, 95% CI 0,53-0,624,

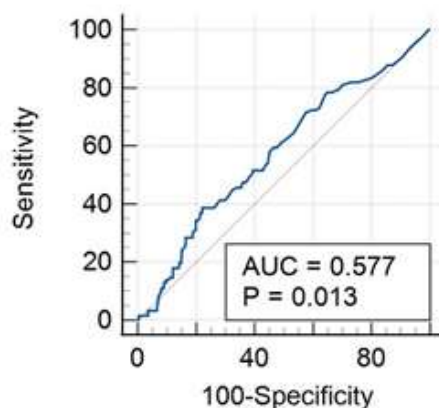


Рисунок – ROC-анализ влияния уровня гиперфосфатемии на летальность пациентов

$p=0,013$). Точка отсечения уровня фосфора в прогнозировании летального исхода у пациента ОАиР с гиперфосфатемией равна 1,99 ммоль/л с чувствительностью 38,8% и специфичностью 77,8%.

Обсуждение

В данном исследовании было установлено, что у пациентов ОАиР с гиперфосфатемией и отрицательным результатом интенсивной терапии был более высокий уровень неорганического фосфора в сыворотке.

Фосфор является важнейшим элементом клеточного метаболизма. Он участвует в окислительном фосфорилировании и выработывании аденозинтрифосфата, который играет основную роль в обмене энергии в клетке [9]. Главными регуляторами обмена фосфатов являются три гормона: паратиреоидный, кальцитриол и FGF23 (фосфатурический гликопротеид, секретируемый остеобластами и остеоцитами) [10]. К нарушению гомеостаза фосфора приводят такие патологические процессы, как почечная недостаточность, нарушение всасывания фосфора в тонком кишечнике, диабетический кетоацидоз, нарушения кислотно-основного равновесия, септические состояния [9].

Содержание фосфора в сыворотке у критических пациентов изучалось в ряде исследований. При этом основной темой изучения данной проблемы являлась гипофосфатемия [11, 12]. Было установлено, что пациенты с гипофосфатемией требуют более длительного лечения в стационаре по сравнению с пациентами с нормальным содержанием фосфора, а последующее снижение уровня фосфора значительно увеличивает смертность пациентов в ОАиР [11]. Однако в другом подобном исследовании сделан вывод о том, что гипофосфатемия не является независимым фактором повышения смертности как в отделениях интенсивной терапии, так и в других отделениях стационара [12].

В нашем исследовании было установлено, что частота выявленной гиперфосфатемии среди всех пациентов стационара составила 4,7%, а среди пациентов ОАиР – 14,7%. Ранее в систематическом обзоре было установлено, что распространенность гиперфосфатемии среди всех пациентов стационара в ряде исследований составляет от 5,6 до 67,9% [5]. Частота выявления гиперфосфатемии связана как с профилем стационара (например, кардиологический или нефрологический), так и с недостаточной насто-

роженностью у врачей-специалистов по данным нарушениям метаболизма у пациентов.

Также нами было установлено, что наибольшее число пациентов с гиперфосфатемией тяжелой степени наблюдается при сердечно-сосудистой и нефрологической патологиях, что требует обязательного контроля уровня фосфора у всех данных пациентов, поступающих в стационар. Ранее в ряде работ было показано, что исходная гиперфосфатемия при поступлении в ОАиР достоверно связана с рисками развития у пациентов ОПП и прогрессирования ХБП, а также и с увеличением смертности среди госпитализированных пациентов [7, 13]. Поэтому мониторинг сывороточного фосфора у пациентов в критических состояниях может помочь выявить высокий риск ухудшения функции почек и последующего летального исхода.

Проведенное в данном исследовании сравнение показало более высокий уровень фосфора и более длительный период интенсивной терапии в ОАиР у умерших пациентов, по сравнению с выжившими. Однако проведенный ROC-анализ влияния уровня фосфора на летальность продемонстрировал его слабую прогностическую способность у пациентов ОАиР с гиперфосфатемией. Это может быть связано с отсутствием включения в модель пациентов с нормальным уровнем фосфора. Также это связано с эффективным выявлением данного нарушения у пациентов в нашем стационаре и со своевременной коррекцией гиперфосфатемии во время интенсивной терапии.

Полученные нами данные подтверждаются в ряде исследований со схожими конечными точками. В исследовании Chen Y. et al. гиперфосфатемия у пациентов в интенсивной терапии была связана с повышенной 28-дневной смертностью ($HR=0,64$, 95% CI 0,48-0,84, $p=0,0017$) [15]. В исследовании Haider et al. сообщалось, что лечение в отделении интенсивной терапии пациентов с гиперфосфатемией было более длительным, чем у пациентов с нормальным уровнем фосфора (6 (1; 14) дней против 3 (0; 3) дней) [16].

В данном исследовании мы не выделяли отдельно такую важную группу пациентов ОАиР, как пациенты с сепсисом и септическим шоком. Однако имеются исследования, которые показывают, что развитие гиперфосфатемии в данной группе пациентов статистически значимо связано с более низким числом баллов по шкале ком Глазго, более высоким результатом по шкале Apache II, высоким уровнем креатинина, большими дозами титрования вазопрессоров, более низким

коэффициентом оксигенации и увеличением летальности [6, 14].

Таким образом, анализ содержания уровня неорганического фосфора в сыворотке и его поддержание в референтных границах должны быть обязательным компонентом интенсивной терапии пациентов в критическом состоянии. В связи с этим необходимы дальнейшие исследования по изучению влияния на результаты лечения пациентов, находящихся в критическом состоянии, своевременной коррекции уровня фосфора.

Заключение

Частота гиперфосфатемии среди пациентов отделений анестезиологии и реанимации составила 14,7%, а среди всех пациентов стационара – 4,7%.

Уровень фосфора у умерших пациентов с гиперфосфатемией был статистически значимо выше, чем у выживших пациентов: 1,78 (1,60; 2,18) ммоль/л, и 1,67 (1,54; 1,95) ммоль/л соответственно, $p=0,015$.

Точка отсечения уровня фосфора в прогнозировании летального исхода у пациентов ОАиР с исходной гиперфосфатемией равна 1,99 ммоль/л с чувствительностью 38,8% и специфичностью 77,8% (AUC=0,577 (SE 0,031, 95% CI 0,53-0,624, $p=0,013$)).

Литература

1. Hypophosphatemia and outcomes in ICU: a systematic review and meta-analysis / J. C. Kin Sin, L. King, E. Ballard [et al.] // Journal of intensive care medicine. 2021 Sep. Vol. 36, № 9. P. 1025–1035. DOI: 10.1177/0885066620940274
2. Lee, J. W. Fluid and electrolyte disturbances in critically ill patients / J. W. Lee // Electrolyte Blood Press. 2010 Dec. Vol. 8, № 2. P. 72–81. DOI: 10.5049/EBP.2010.8.2.72
3. Gaasbeek, A. Hypophosphatemia: an update on its etiology and treatment / A. Gaasbeek, A. E. Meinders // The American journal of medicine. 2005 Oct. Vol. 118, № 10. P. 1094–1101. DOI: 10.1016/j.amjmed.2005.02.014
4. Гипофосфатемия и исходы лечения пациентов в отделении анестезиологии и реанимации многопрофильного стационара / И. Г. Голубцов, В. А. Дудко, А. В. Марочков [и др.] // Вестник Витебского государственного меди-

цинского университета. 2023. Т. 22, № 2. С. 54–61. DOI: 10.22263/2312-4156.2023.2.54

5. Hyperphosphatemia and Outcomes in Critically Ill Patients: A Systematic Review and Meta-Analysis / W. H. Zheng, Y. Yao, H. Zhou [et al.] // Frontiers in medicine (Lausanne). 2022 May. Vol. 9. Art. 870637. DOI: 10.3389/fmed.2022.870637
6. Hyperphosphatemia rather than hypophosphatemia indicates a poor prognosis in patients with sepsis / H. Wang, L. Zhang, W. Liao [et al.] // Clinical biochemistry. 2021 May. Vol. 91. P. 9–15. DOI: 10.1016/j.clinbiochem.2021.01.016
7. Hyperphosphatemia and risks of acute kidney injury, end-stage renal disease, and mortality in hospitalized patients / H. Moon, H. J. Chin, K. Y. Na [et al.] // BMC nephrology. 2019 Sep. Vol. 20, № 1. P. 362. DOI: 10.1186/s12882-019-1556-y
8. A controlled increase in dietary phosphate elevates BP in healthy human subjects / J. Mohammad, R. Scanni, L. Bestmann [et al.] // Journal of the American Society of Nephrology. 2018 Aug. Vol. 29, № 9. P. 2089–2098. DOI: 10.1681/ASN.2017121254
9. Stoff, J. S. Phosphate homeostasis and hypophosphatemia / J. S. Stoff // The American journal of medicine. 1982 Mar. Vol. 72, № 3. P. 489–495. DOI: 10.1016/0002-9343(82)90520-4
10. Phosphate homeostasis in CKD: Report of a scientific symposium sponsored by the National Kidney Foundation / G. A. Block, J. H. Ix, M. Ketteler [et al.] // American journal of kidney diseases. 2013 Sep. Vol. 62, № 3. P. 457–473. DOI: 10.1053/j.ajkd.2013.03.042
11. Impact of hypophosphatemia on outcome of patients in intensive care unit: a retrospective cohort study / L. Wang, C. Xiao, L. Chen [et al.] // BMC anesthesiology. 2019 May. Vol. 19, № 1. P. 86. DOI: 10.1186/s12871-019-0746-2
12. Hypophosphatemia in critically ill patients / S. Suzuki, M. Egi, A. G. Schneider [et al.] // Journal of critical care. 2013 Aug. Vol. 28, № 4. P. 536. DOI: 10.1016/j.jcrc.2012.10.011
13. Vervloet, M. G. Prevention and treatment of hyperphosphatemia in chronic kidney disease / M. G. Vervloet, A. J. van Ballegooijen // Kidney international. 2018 May. Vol. 93, № 5. P. 1060–1072. DOI: 10.1016/j.kint.2017.11.036
14. Association between phosphate disturbances and mortality among critically ill patients with sepsis or septic shock / S. A. Al Harbi, H. M. Al-Dorzi, A. M. Al Meshari [et al.] // BMC pharmacology and toxicology. 2021 May. Vol. 22, № 1. P. 30. DOI: 10.1186/s40360-021-00487-w
15. Association between serum phosphate and mortality in critically ill patients: a large retrospective cohort study / Y. Chen, M. Luo, H. Xu [et al.] // BMJ Open. 2021 Sep. Vol. 11, № 9. Art. e044473. DOI: 10.1136/bmjopen-2020-044473
16. Hyperphosphatemia Is an Independent Risk Factor for Mortality in Critically Ill Patients: Results from a Cross-Sectional Study / D. G. Haider, G. Lindner, M. Wolzt [et al.] // PLoS One. 2015 Aug. Vol. 10, № 8. Art. e0133426. DOI: 10.1371/journal.pone.0133426

Поступила 28.10.2024 г.

Принята в печать 04.12.2024 г.

References

1. Kin Sin JC, King L, Ballard E, Llewellyn S, Laupland KB, Tabah A. Hypophosphatemia and outcomes in ICU: a systematic review and meta-analysis. J Intensive Care Med. 2021 Sep;36(9):1025-1035. doi: 10.1177/0885066620940274
2. Lee JW. Fluid and electrolyte disturbances in critically ill

patients. Electrolyte Blood Press. 2010 Dec;8(2):72-81. doi: 10.5049/EBP.2010.8.2.72

3. Gaasbeek A, Meinders AE. Hypophosphatemia: an update on its etiology and treatment. Am J Med. 2005 Oct;118(10):1094-1101. doi: 10.1016/j.amjmed.2005.02.014
4. Golubtsov IG, Dudko VA, Marochkov AV, Lipnitskiy AL, Tochilo SA. Hypophosphatemia and patient outcomes in the

- anesthesiology and intensive care unit of a multidisciplinary hospital. *Vestn VGMU*. 2023;22(2):54-61. (In Russ.). doi: 10.22263/2312-4156.2023.2.54
5. Zheng W-H, Yao Y, Zhou H, Xu Y, Huang H-B. Hyperphosphatemia and Outcomes in Critically Ill Patients: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Front Med (Lausanne)*. 2022 May;9:870637. doi: 10.3389/fmed.2022.870637
6. Wang H, Zhang L, Liao W, Huang J, Xu J, Yang J, et al. Hyperphosphatemia rather than hypophosphatemia indicates a poor prognosis in patients with sepsis. *Clin Biochem*. 2021 May;91:9-15. doi: 10.1016/j.clinbiochem.2021.01.016
7. Moon H, Chin HJ, Na KY, Joo KW, Kim YS, Kim S, et al. Hyperphosphatemia and risks of acute kidney injury, end-stage renal disease, and mortality in hospitalized patients. *BMC Nephrol*. 2019 Sep;20(1):362. doi: 10.1186/s12882-019-1556-y
8. Mohammad J, Scanni R, Bestmann L, Hulter HN, Krapf R. A controlled increase in dietary phosphate elevates BP in healthy human subjects. *J Am Soc Nephrol*. 2018 Aug;29(8):2089-2098. doi: 10.1681/ASN.2017121254
9. Stoff JS. Phosphate homeostasis and hypophosphatemia. *Am J Med*. 1982 Mar;72(3):489-495. doi: 10.1016/0002-9343(82)90520-4
10. Block GA, Ix JH, Ketteler M, Martin KJ, Thadhani RI, Tonelli M, et al. Phosphate homeostasis in CKD: Report of a scientific symposium sponsored by the National Kidney Foundation. *Am J Kidney Dis*. 2013 Sep;62(3):457-473. doi: 10.1053/j.ajkd.2013.03.042
11. Wang L, Xiao C, Chen L, Zhang X, Kou Q. Impact of hypophosphatemia on outcome of patients in intensive care unit: a retrospective cohort study. *BMC Anesthesiol*. 2019 May;19(1):86. doi: 10.1186/s12871-019-0746-2
12. Suzuki S, Egi M, Schneider AG, Bellomo R, Hart GK, Hegarty C. Hypophosphatemia in critically ill patients. *J Crit Care*. 2013 Aug;28(4):536.e9-19. doi: 10.1016/j.jcrc.2012.10.011
13. Vervloet MG, van Ballegooijen AJ. Prevention and treatment of hyperphosphatemia in chronic kidney disease. *Kidney Int*. 2018 May;93(5):1060-1072. doi: 10.1016/j.kint.2017.11.036
14. Al Harbi SA, Al-Dorzi HM, Al Meshari AM, Tamim H, Abdukahil S AI, Sadat M, et al. Association between phosphate disturbances and mortality among critically ill patients with sepsis or septic shock. *BMC Pharmacol Toxicol*. 2021 May;22(1):30. doi: 10.1186/s40360-021-00487-w
15. Chen Y, Luo M, Xu H, Zhao W, He Q. Association between serum phosphate and mortality in critically ill patients: a large retrospective cohort study. *BMJ Open*. 2021 Sep;11(9):e044473. doi: 10.1136/bmjopen-2020-044473
16. Haider DG, Lindner G, Wolzt M, Ahmad SS, Sauter T, Leichtle AB, et al. Hyperphosphatemia Is an Independent Risk Factor for Mortality in Critically Ill Patients: Results from a Cross-Sectional Study. *PLoS One*. 2015 Aug;10(8):e0133426. doi: 10.1371/journal.pone.0133426

Submitted 28.10.2024

Accepted 04.12.2024

Сведения об авторах:

Е.С. Ковалёва – студентка 6 курса лечебного факультета, Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет, ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-1335-4958>;

А.Л. Липницкий – к.м.н., доцент, зав. отделением по координации забора органов и тканей для трансплантации, Могилёвская областная клиническая больница; доцент филиала кафедр анестезиологии и реаниматологии с курсом ФПК и ПК и госпитальной хирургии с курсом ФПК и ПК, Витебский государственный медицинский университет, <https://orcid.org/0000-0002-2556-4801>,

e-mail: Lipnitski.al@gmail.com – Липницкий Артур Леонидович;

А.В. Марочков – д.м.н., профессор, врач-анестезиолог-реаниматолог отделения анестезиологии и реанимации, Могилёвская областная клиническая больница; профессор филиала кафедр анестезиологии и реаниматологии с курсом ФПК и ПК и госпитальной хирургии с курсом ФПК и ПК, Витебский государственный медицинский университет, <https://orcid.org/0000-0001-5092-8315>;

Е.В. Каралёва – врач лабораторной диагностики централизованной лаборатории клинической биохимии, Могилёвская областная клиническая больница, <https://orcid.org/0009-0008-9837-8031>.

Information about authors:

E.S. Kavaleva – a 6th year student of the General Medicine Faculty, Vitebsk State Order of Peoples' Friendship Medical University, <https://orcid.org/0009-0007-1335-4958>;

A.L. Lipnitski – Candidate of Medical Sciences, head of the department for coordination of taking organs and tissues for transplantation, Mogilev Regional Clinical Hospital; associate professor of the affiliated branch of the Chairs of Anesthesiology and Resuscitation with the course of the Faculty for Advanced Training & Retraining and Hospital Surgery with the course of the Faculty for Advanced Training & Retraining, Vitebsk State Order of Peoples' Friendship Medical University, <https://orcid.org/0000-0002-2556-4801>,

e-mail: Lipnitski.al@gmail.com – Artur L. Lipnitski;

A.V. Marochkov – Doctor of Medical Sciences, professor, anesthesiologist-resuscitator of the anesthesiology and resuscitation department, Mogilev Regional Clinical Hospital; professor of the branch of the Chairs of Anesthesiology & Resuscitation and Hospital Surgery with the course of the Faculty for Advanced Training & Retraining, Vitebsk State Order of Peoples' Friendship Medical University, <https://orcid.org/0000-0001-5092-8315>;

E.V. Karaleva – laboratory diagnostics doctor of the centralized laboratory of clinical biochemistry, Mogilev Regional Clinical Hospital, <https://orcid.org/0009-0008-9837-8031>.