

DOI: <https://doi.org/10.17816/RFD642563>

EDN: TTSNSF



Бессимптомная гиперфосфатемия у здоровых молодых мужчин и женщин: связана ли она с использованием электронных систем доставки никотина и систем нагревания табака?

А.М. Овчаренко, О.Б. Ершова, К.Ю. Белова

Ярославский государственный медицинский университет, Ярославль, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Гиперфосфатемия (значения фосфора у взрослых натошак более 1,45 ммоль/л), часто протекая бессимптомно, способна вызвать большое количество неблагоприятных последствий, таких как гипокальциемия, снижение уровня кальцитриола, вторичный гиперпаратиреоз, внескелетная кальцификация, гемодинамические расстройства и даже увеличение заболеваемости и смертности. Это вызывает необходимость своевременного выявления и устранения причин гиперфосфатемии. Чаще всего ее этиология связана с почечной недостаточностью. Реже встречаются такие причины, как гипопаратиреоз, ожоговая травма, метаболический и дыхательный ацидоз, рабдомиолиз, синдром лизиса опухоли, акромегалия, избыточное поступление фосфора с пищей и лекарственными препаратами.

Цель — определить возможные причины бессимптомного повышения уровня фосфора в крови у молодых здоровых людей.

Материалы и методы. Выполнено лабораторное обследование молодых здоровых мужчин и женщин в возрасте от 18 до 35 лет.

Результаты. У 12 (9,9%) обследованных выявлена бессимптомная гиперфосфатемия на фоне сохраненной функции почек. Обнаружена достоверная связь гиперфосфатемии и использования электронных систем доставки никотина и систем нагревания табака ($p=0,0002$).

Заключение. Необходимо дальнейшее изучение влияния электронных систем доставки никотина и систем нагревания табака на здоровье человека, в частности на фосфорно-кальциевый обмен, а также последствий их использования.

Ключевые слова: фосфор; гиперфосфатемия; электронные системы доставки никотина; системы нагревания табака.

Как цитировать

Овчаренко А.М., Ершова О.Б., Белова К.Ю. Бессимптомная гиперфосфатемия у здоровых молодых мужчин и женщин: связана ли она с использованием электронных систем доставки никотина и систем нагревания табака? // Российский семейный врач. 2025. Т. 29. № 2. С. 63–70. DOI: 10.17816/RFD642563 EDN: TTSNSF

DOI: <https://doi.org/10.17816/RFD642563>

EDN: TTSNSF

Asymptomatic Hyperphosphatemia in Healthy Young Men and Women: Potential Association With Electronic Nicotine Delivery Systems and Heated Tobacco Products

Alena M. Ovcharenko, Olga B. Ershova, Kseniia Yu. Belova

Yaroslavl State Medical University, Yaroslavl, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: Hyperphosphatemia is defined as fasting phosphorus levels higher than 1.45 mmol/L. Although it is often asymptomatic, it can cause adverse effects, including hypocalcemia, decreased calcitriol levels, secondary hyperparathyroidism, ectopic calcification, hemodynamic disorders, and increased morbidity and mortality. Therefore, it is crucial to promptly identify and treat the underlying causes of hyperphosphatemia. Hyperphosphatemia is typically associated with renal failure. Less common causes include hypoparathyroidism; burn injury; metabolic and respiratory acidosis; rhabdomyolysis; tumor lysis syndrome; acromegaly; and excessive intake of phosphorus from food or medication.

AIM: The study aimed to identify the possible causes of an asymptomatic increase in blood phosphorus levels in young healthy adults.

METHODS: Laboratory tests were performed in young healthy men and women aged 18 to 35 years.

RESULTS: Despite preserved renal function, asymptomatic hyperphosphatemia was diagnosed in 12 (9.9%) participants. A significant association was found between hyperphosphatemia and the use of electronic nicotine delivery systems and heated tobacco products ($p = 0.0002$).

CONCLUSION: More research is needed on the effects of electronic nicotine delivery systems and heated tobacco products on human health, especially calcium and phosphorus metabolism.

Keywords: phosphorus; hyperphosphatemia; electronic nicotine delivery systems; heated tobacco products.

To cite this article

Ovcharenko AM, Ershova OB, Belova KYu. Asymptomatic Hyperphosphatemia in Healthy Young Men and Women: Potential Association With Electronic Nicotine Delivery Systems and Heated Tobacco Products. *Russian Family Doctor*. 2025;29(2):63–70. DOI: 10.17816/RFD642563 EDN: TTSNSF

ОБОСНОВАНИЕ

Фосфор — макроэлемент, содержащийся в организме в основном в костной ткани в виде кристаллов гидроксиапатита [1]. Большая часть фосфора, связанного с кальцием в организме (примерно 85%) находится в костной и зубной тканях, а остальная часть (примерно 14%) расположена внутриклеточно. Фосфор в сыворотке крови и внеклеточной жидкости составляет всего 1% системного фосфора, включая неорганический фосфат (30%), представляющий собой переменную и компонент, доступный для измерения в клинической практике. Фосфор также является необходимым анионом внеклеточной жидкости [2].

Основным естественным источником пищевого (органического) фосфора являются белки растительного и животного происхождения. Органический фосфор превращается в неорганическую форму под действием кишечных ферментов, что приводит к разной биодоступности и дифференцированному всасыванию фосфора из разной пищи [3].

Неорганический фосфор содержится во многочисленных пищевых добавках, таких как ортофосфорная кислота (E338), натрия фосфат (E339), калия фосфат (E340), кальция фосфат (E341), дикальция фосфат (E450), тринатрия фосфат (E451) и полифосфаты (E452), применяемых для процессинга пищевых продуктов. Абсорбция этих добавок в кишечнике составляет 80–100% [3]. Наибольшее количество фосфора содержится в таких продуктах, как сыр, яичный желток, морская рыба, сырокопченые колбасы, мюсли, коричневый рис, бобовые, орехи, шоколад, газированные напитки.

Нормальная концентрация фосфора в сыворотке крови строго регулируется в пределах от 0,8 до 1,45 ммоль/л у взрослых и варьирует в течение дня в зависимости от потребления фосфора с пищей. Примерно 60–65% потребляемого с пищей фосфора всасывается в тонком кишечнике. Кишечная абсорбция фосфора происходит через трансцеллюлярный активный путь и парацеллюлярный пассивный путь. Всасывание фосфора происходит в основном в проксимальном отделе тонкого кишечника через натрий-зависимый фосфатный ко-транспортер типа IIb (NPT2b). NPT2b кодируется геном *SLC34A2* и экспрессируется в люминальной мембране энтероцитов, где происходит наибольшее всасывание фосфора у человека [4]. Его активируют низкое содержание фосфора в пище и активная форма витамина D, а также эстроген, а подавляют глюкокортикоиды и эпидермальный фактор роста. Реабсорбция не менее 80% фосфора происходит в проксимальных канальцах почек и менее 10% — в дистальных сегментах нефрона [4]. Основными факторами, повышающими трансцеллюлярную реабсорбцию фосфора в почках, являются низкий уровень фосфора в пище, 1,25-дигидроксивитамин D [1,25(OH)₂D] и гормоны щитовидной железы, тогда как паратиреоидный гормон и фактор роста фибробластов-23 снижают доступность

ко-транспортеров фосфора (NPT2a и NPT2c) в мембране щеточной каймы канальцев, стимулируя их закрытие [4]. Уровень фосфора в плазме крови поддерживается сложным взаимодействием между кишечной абсорбцией, реабсорбцией в почечных канальцах и трансцеллюлярным перемещением фосфора между внутриклеточной жидкостью и пулами хранения в костной ткани [5].

Гиперфосфатемия — это лабораторный синдром, регистрируемый при повышении уровня фосфора крови более 1,45 ммоль/л [2]. Как правило, ее этиология связана с нарушением функции почек. Встречаются также такие причины гиперфосфатемии, как вторичный гиперпаратиреоз, гипопаратиреоз, ожоговая травма, метаболический и дыхательный ацидоз, рабдомиолиз, синдром лизиса опухоли, акромегалия, избыточное поступление фосфора с пищей и лекарственными препаратами [4]. Отклонения в уровне сывороточного фосфора могут быть связаны с различными заболеваниями, особенно у пациентов в критическом состоянии [2]. Хроническая гиперфосфатемия часто протекает бессимптомно [4].

Метаболизмы фосфора и кальция тесно взаимосвязаны. Гиперфосфатемия стимулирует синтез паратгормона (ПТГ) паращитовидными железами и фактора роста фибробластов-23 остеоцитами и остеобластами. Это способствует снижению активности транспортной системы фосфора, необходимой для его реабсорбции, стимулирует выведение фосфора с мочой и снижает синтез в почках активной формы витамина D, приводя к снижению активного транспорта фосфора из кишечника и общей его абсорбции. Пассивный транспорт эта система не регулирует. Напротив, повышенный уровень витамина D в его активной форме также стимулирует синтез фактора роста фибробластов-23 при выделении ПТГ в ответ на низкий уровень витамина D. ПТГ оказывает противоположное влияние на синтез в почках активной формы витамина D в сравнении с воздействием фактора роста фибробластов-23. ПТГ стимулирует гидроксилирование, что приводит к повышению абсорбции как фосфора, так и кальция в кишечнике. Таким образом, фактор роста фибробластов-23, витамин D и ПТГ играют ключевую роль в метаболизме фосфора. Дополнительно кальцитонин способствует гипофосфатемии, уменьшая реабсорбцию и усиливая экскрецию. Активная форма витамина D усиливает всасывание фосфора в кишечнике, повышает его уровень в крови, способствует фиксации фосфорно-кальциевых солей костной тканью [6].

Повышение уровня циркулирующего фосфора крови приводит к стимуляции секреции ПТГ и влечет за собой снижение уровня кальция, что приводит к дополнительной стимуляции секреции ПТГ. В ответ ПТГ стимулирует реабсорбцию кальция из костной ткани, реабсорбцию кальция в почечных канальцах, гидроксилирование витамина D в активную форму в почках, экскрецию фосфора почками [7]. Хроническая гиперфосфатемия может стать причиной кальцификации мягких тканей, сосудов и гипертрофии

левого желудочка [4]. Известно, что при гиперфосфатемии высокие уровни ПТГ и фактора роста фибробластов-23 в сочетании с пониженной концентрацией витамина D вызывают высвобождение кальция из костей, что также вызывает кальцификацию сосудов и снижает прочность костной ткани. Кроме того, высокие уровни сывороточного фосфора связаны с неблагоприятными сердечно-сосудистыми событиями [8].

Цель — определить возможные причины бессимптомного повышения уровня фосфора в крови у молодых здоровых добровольцев в возрасте от 18 до 35 лет включительно.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Критерии включения: мужчины и женщины в возрасте 18–35 лет, наличие подписанного информированного согласия на участие в исследовании. Критерии невключения: наличие текущих острых и/или хронических заболеваний в фазе обострения (декомпенсации) и/или с необходимостью постоянного приема лекарственных препаратов, наличие в анамнезе или подозрение на наличие онкологического заболевания любой локализации (за исключением доброкачественных новообразований), беременность и период грудного вскармливания, неадекватная оценка своего состояния, психические расстройства.

Всем обследуемым проводили сбор анамнеза и медицинский осмотр. Выполнены биохимический анализ крови с определением уровней общего белка, креатинина, глюкозы, кальцидиола [25(OH)D], С-реактивного белка, общего кальция, фосфора, щелочной фосфатазы, тиреотропного гормона, тестостерона, липидного спектра, С-концевого теплопептида коллагена 1-го типа в сыворотке крови, а также двухэнергетическая рентгеновская абсорбциометрия (DXA), эхокардиография, электрокардио-

графия. Обследование проводили в период с 09.03.2023 по 08.05.2024.

Статистическая обработка результатов выполнена с помощью программы Statistica 12.5.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В исследование включены 121 молодых условно здоровых добровольцев в возрасте от 18 до 35 лет включительно: 62 (51,24%) мужчины и 59 (48,76%) женщин.

Среди 121 обследованного у 12 (9,92%) человек выявлено изолированное повышение уровня фосфора до $>1,45$ ммоль/л на фоне сохраненной функции почек (СКФ-ЕРІ¹ >90 мл/мин/м²). У 8 участников с гиперфосфатемией проведено дообследование с целью выявления причин бессимптомного повышения уровня фосфора в крови (табл. 1).

Согласно представленным результатам у всех 8 обследованных с гиперфосфатемией сохранена функция почек — СКФ-ЕРІ >90 мл/мин/м². Обращает на себя внимание нормальный уровень кальция, выявленный в 7 из 8 представленных случаев, несмотря на то что, как правило, изменения фосфора и кальция взаимопротивоположны.

Следует отметить, что в 7 из 8 случаев определен дефицит или недостаточность витамина D.

Отклонения уровня ПТГ обнаружены в 3 из 8 случаев: в 2 случаях диагностирован гиперпаратиреоз, а также выявлен 1 случай гипопаратиреоза. В обоих случаях гиперпаратиреоза у мужчин был дефицит витамина D при уровне кальция, соответствующем нормальным значениям. Повышение содержания ПТГ, возникшее на фоне дефицита витамина D, подтверждает вторичный гиперпаратиреоз.

Выявлен также случай гипопаратиреоза при гиперфосфатемии на фоне сохраненной функции почек, нормального

Таблица 1. Лабораторные показатели сыворотки крови пациентов с гиперфосфатемией

Table 1. Laboratory serum tests in participants with hyperphosphatemia

Обследуемый, возраст, пол	Фосфор неорганический (норма 0,81–1,45), ммоль/л	Креатинин (норма 44–80), ммоль/л	Клиренс креатинина (норма 71–151), мл/мин	Кальций общий (норма 2,2–2,55), ммоль/л	Паратгормон (норма 15–65), пг/мл	Кальцидиол [25(OH)D] (норма 30–100), нг/мл	Щелочная фосфатаза (норма 40–129), Ед/л
А, 26 лет, женщина	1,63↑	74	121	2,39	35,37	29,9	54
В, 26 лет, женщина	2,22↑	61	121	2,23	61,4	17,97↓	29↓
С, 22 года, женщина	1,63↑	56	120	2,14↓	40,7	20,05↓	51
Д, 27 лет, мужчина	1,52↑	92	127	2,39	85,1↑	13,98↓	54
Е, 24 года, мужчина	1,50↑	95	96	2,38	27,56	21,75↓	87
Ф, 28 лет, мужчина	1,48↑	73	120	2,23	89,02 ↑	6,72↓	83
Г, 23 года, мужчина	1,82↑	92	101	2,42	36,96	11,67↓	56
Н, 23 года, мужчина	1,57↑	89	105	2,31	13,77↓	22,42↓	55

Примечание. Стрелками указано повышение или понижение значения показателя.

¹ Скорость клубочковой фильтрации, рассчитанная по формуле Chronic Kidney Disease Epidemiology Collaboration.

уровня кальция и сниженного уровня витамина D. Как правило, дефицит витамина D вызывает вторичный гиперпаратиреоз. Однако в данном случае наблюдали снижение уровня ПТГ до 13 пг/мл. По результатам дополнительного обследования, данные денситометрии были в пределах возрастной нормы.

Активность щелочной фосфатазы была в пределах референсных значений у всех, кроме одной обследованной со значением 29 Ед/л. Молодая женщина, 26 лет, не жаловалась, наличие хронических заболеваний отрицала, в анамнезе отмечены переломы позвонков (в возрасте 5 и 10 лет), переломы костей запястья (в возрасте 4, 5, 10, 11 лет), переломы связаны с падениями с турника и при других занятиях спортом. Результаты DXA соответствуют возрастной норме. Тем не менее ей было проведено молекулярно-генетическое исследование в Медико-генетическом центре Национального медицинского исследовательского центра здоровья детей: мутаций не выявлено.

Согласно результатам DXA у 7 из 8 обследованных минеральная плотность костной ткани соответствовала возрасту. По результатам эхокардиографии и электрокардиографии существенной патологии у обследуемых не выявлено. Важно отметить, что избыточное поступление фосфора с пищей и прием лекарственных средств все обследуемые отрицали.

При тщательном опросе выяснено, что все 8 добровольцев с гиперфосфатемией регулярно используют электронные системы доставки никотина и системы нагревания табака, более известные как электронные сигареты.

Из 121 обследуемого 49 человек используют электронные системы доставки никотина и системы нагревания табака, что составило 40,50%. При этом у 38 (77,55%) из 49 потребителей данных систем уровень фосфора соответствовал референсным значениям, однако практически каждый четвертый из них имел гиперфосфатемию — 11 (22,45%) лиц. Важно отметить, что среди 72 (59,50%) человек, не использующих электронные системы доставки никотина и системы нагревания табака, гиперфосфатемия была зарегистрирована лишь у 1 (1,39%) обследуемого (рис. 1). Однако в его анамнезе обращает на себя внимание факт длительного пассивного использования электронных сигарет.

В представленном случае гипопаратиреоза обследуемый G, 23 лет, мужчина, не жаловался, хронические заболевания отрицал, физикальный осмотр без особенностей. Избыточное поступление фосфора с пищей, применение лекарственных средств отрицал. Из анамнеза известно, что мужчина регулярно использует никотинсодержащие электронные сигареты около 3 лет. При использовании совершает до 500 затяжек в день. Однако с учетом результатов обследования, а именно уровня кальция, соответствующего референсным значениям, можно предположить, что именно гиперфосфатемия вызвала отклонение от нормы уровня ПТГ. При этом после восстановления уровня витамина D через 3 мес. [достижения показателя

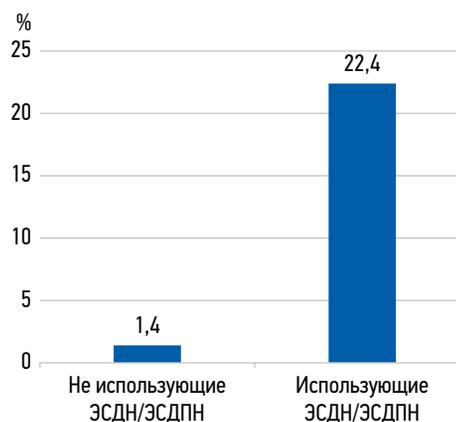


Рис. 1. Бессимптомная гиперфосфатемия при использовании электронных систем доставки никотина и систем нагревания табака (ЭСДН/ЭСДПН).

Fig. 1. The association between asymptomatic hyperphosphatemia and the use of electronic nicotine delivery systems and heated tobacco products.

25(OH)D 34 нг/мл] уровень ПТГ достиг нормальных значений (25,05 пг/мл), при этом содержание фосфора увеличилось до 1,61 ммоль/л. Вероятно, увеличение уровня фосфора связано с продолжением использования электронных сигарет в прежнем количестве.

При статической обработке всех полученных результатов и определении критерия χ^2 получено, что связь гиперфосфатемии и использования электронных систем доставки никотина и систем нагревания табака носила достоверный характер ($p=0,0002$).

ОБСУЖДЕНИЕ

Несмотря на то что электронные сигареты кажутся относительно более безопасными, чем обычные сигареты, они подвергают пользователей воздействию известных вредных компонентов, но пока долгосрочное влияние этих компонентов на здоровье мало исследовано [9]. При этом уже сейчас опубликованы данные о различных побочных эффектах, связанных с использованием электронных сигарет [10]. Однако авторы не нашли в доступной литературе упоминаний о наличии связи гиперфосфатемии и использования электронных систем доставки никотина и систем нагревания табака.

Среди неблагоприятных последствий для здоровья электронных сигарет наиболее изучены респираторные эффекты: повреждение легочного эпителия, хроническое воспаление слизистой оболочки бронхов. В мокроте лиц, использующих электронные сигареты, отмечают более высокую активность миелопероксидазы, нейтрофильной эластазы и протеиназы-3, что указывает на активацию нейтрофилов [11].

Известны легочная дисфункция и респираторный дистресс из-за использования электронных сигарет или повреждение легких — синдром EVALI [10].

Описаны также неблагоприятные эффекты на сердечно-сосудистую систему: доказано, что ежедневное



Рис. 2. Схема развития газового ацидоза и гиперфосфатемии при использовании электронных систем доставки никотина и систем нагревания табака.

Fig. 2. Progression of gas acidosis and hyperphosphatemia with the use of electronic nicotine delivery systems and tobacco heating products.

использование электронных сигарет представляет собой независимый фактор риска инфаркта миокарда. Кроме того, известны негативные неврологические и гастроинтестинальные влияния [11].

Представленные исследования свидетельствуют, что аэрозоль электронных сигарет содержит измеряемое количество этанола, летучих органических соединений, полициклических ароматических углеводородов, кремния, свинца, никеля, формальдегида, ацетальдегида, изопрена, уксусной кислоты, 2-бутаноидиона, ацетона и пропанола [11].

Ароматизаторы, входящие в состав аэрозоля электронных сигарет, обычно используются в пищевой промышленности и признаны безопасными добавками, но это не означает их безвредность при вдыхании [11].

При работе электронных систем доставки никотина и систем нагревания табака преимущественно выделяются водяной пар, диоксид углерода, пропиленгликоль, глицерин и акролеин [12]. Вероятно, в условиях постоянного использования инновационных систем доставки никотина и систем нагревания табака в организм человека поступает избыточное количество диоксида углерода, что способствует развитию хронического респираторного ацидоза, как одной из возможных причин повышения уровня фосфора в крови человека [13] (рис. 2).

Известно, что умеренные компенсированные ацидозы протекают без выраженных клинических симптомов [14].

Следует подчеркнуть, что независимо от этиологии, гиперфосфатемия может вызывать отдаленные последствия. Увеличение концентрации фосфора в сыворотке

крови снижает содержание кальция и тем самым косвенно стимулирует секрецию ПТГ. Фосфор не оказывает прямого воздействия на клетки, секретирующие ПТГ, но тем не менее при нарушении выведения фосфора почками происходит вторичная стимуляция паращитовидных желез, приводящая к их гипертрофии. Повышенный уровень фосфора стимулирует связывание ионизированного кальция с фосфором, что ведет к снижению концентрации кальция в плазме крови. Гипокальциемия вызывает дополнительное усиление секреции ПТГ [15]. ПТГ способствует отрицательному балансу костной ткани — остеолиту, наблюдаемому, например, при гиперпаратиреозе [15]. В ответ на гипокальциемия, гиперфосфатемия и низкий уровень кальцитриола развивается вторичный гиперпаратиреоз [16], усиливающий костную резорбцию. За этим следуют изменения опорно-двигательного аппарата (остеопороз, деформации костей, переломы), патология почек, а также нарушения состояния сердечно-сосудистой системы.

Клинические исследования показали, что повышение уровня фосфора в сыворотке крови является фактором риска развития кальцификации сосудов, сердечно-сосудистых заболеваний в популяции с хронической болезнью почек, особенно у пациентов с терминальной хронической почечной недостаточностью на диализе [17]. Выявлено, что уровни фосфора на верхнем пределе нормального диапазона коррелировали с повышенным риском сердечно-сосудистой смерти в общей популяции, что указывает на потенциальную токсичность фосфора [17].

Появляется все больше доказательств того, что электронные сигареты больше нельзя считать безвредными устройствами [11].

Согласно сообщению РИА Новости от 31 мая 2024 г.¹ в Госдуму внесли межфракционный законопроект о полном запрете продажи вейпов в России. Всемирная организация здравоохранения рекомендует воздержаться от использования электронных сигарет в связи с тем, что их применение недостаточно исследовано в отношении безопасности и эффективности в качестве средства лечения никотиновой зависимости. До настоящего времени было проведено недостаточно исследований, чтобы с уверенностью определить, связано ли использование чистых и надлежащим образом регулируемых электронных систем доставки никотина и систем нагревания табака с развитием сердечно-сосудистых заболеваний, болезней легких или рака. Всемирная организация здравоохранения разработала и 4 декабря 2023 г. опубликовала призыв к действию (call to action)² — принять срочные и решительные меры по предотвращению использования электронных сигарет, вредных для здоровья, чтобы защитить детей и некурящих, а также свести к минимуму вред для здоровья населения.

¹ Вейп: что это такое, какой вред несет курение электронных сигарет. <https://ria.ru/20240531/veyp-1949605434.html>. Дата обращения: 14.11.2024.

² Electronic cigarettes: call to action. WHO. <https://www.who.int/publications/m/item/electronic-cigarettes---call-to-action>. Дата обращения: 14.11.2024.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Независимо от этиологии гиперфосфатемия вызывает серьезные отдаленные последствия. Представляются небезопасными влияние длительного использования электронных систем доставки никотина и систем нагревания табака на здоровье человека, в частности на фосфорно-кальциевый обмен, а также индивидуальные последствия использования данных инновационных систем.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. А.М. Овчаренко — проведение исследования, анализ данных, написание черновика, пересмотр и редактирование рукописи; О.Б. Ершова — определение концепции, руководство исследованием, написание черновика, пересмотр и редактирование рукописи; К.Ю. Белова — написание черновика, пересмотр и редактирование рукописи. Все авторы одобрили рукопись (версию для публикации), а также согласились нести ответственность за все аспекты работы, гарантируя надлежащее рассмотрение и решение вопросов, связанных с точностью и добросовестностью любой ее части.

Этический комитет. Проведение исследования одобрено локальным этическим комитетом Ярославского государственного медицинского университета (№ 64 от 13.10.2023). Все участники исследования добровольно подписали форму информированного согласия на участие в исследовании. Исследование и его протокол не регистрировали.

Источники финансирования. Отсутствуют.

Раскрытие интересов. Авторы заявляют об отсутствии отношений, деятельности и интересов за последние три года, связанных с третьими лицами (коммерческими и некоммерческими), интересы которых могут быть затронуты содержанием статьи.

Оригинальность. При создании настоящей работы авторы не использовали ранее опубликованные сведения (текст, иллюстрации, данные).

Доступ к данным. Все данные, полученные в настоящем исследовании, доступны в статье.

Генеративный искусственный интеллект. При создании настоящей статьи технологии генеративного искусственного интеллекта не использовались.

Рассмотрение и рецензирование. Настоящая работа подана в журнал в инициативном порядке и рассмотрена по обычной процедуре. В рецензировании участвовали два внутренних рецензента из состава редакционной коллегии.

ADDITIONAL INFORMATION

Author contributions: A.M. Ovcharenko: investigation, formal analysis, writing – original draft, writing – review & editing; O.B. Ershova: conceptualization, supervision, writing – original draft, writing – review & editing; K.Yu. Belova: writing – original draft, writing – review & editing. All authors approved the version of the manuscript to be published, and agreed to be accountable for all aspects of the work, ensuring that questions related to the accuracy or integrity of any part of it are appropriately reviewed and resolved.

Ethics approval: The study was approved by the local Ethics Committee at the Yaroslavl State Medical University (Protocol No. 64 dated October 13, 2023). All participants provided written informed consent to participate in the study. The study and its protocol were not registered.

Funding sources: No funding.

Disclosure of interests: The authors have no relationships, activities, or interests over the past three years related to for-profit or not-for-profit third parties whose interests may be affected by the content of the article.

Statement of originality: The authors did not use any previously published information (text, illustrations, or data) in this work.

Data availability statement: All data generated during this study are included in this article.

Generative AI: No generative AI was used in preparing this article.

Provenance and peer-review: This work was submitted unsolicited and reviewed following the standard procedure. The peer review process involved two members of the editorial board.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

1. Tsai SH, Kan WC, Jhen RN, et al. Secondary hyperparathyroidism in chronic kidney disease: a narrative review focus on therapeutic strategy. *Clin Med (Lond)*. 2024;24(5):100238. doi: 10.1016/j.clinme.2024.100238
2. Xu X, Zhang L, Liu W, et al. Analysis of the relationship between early serum phosphate levels and short-term mortality in septic patients: a retrospective study based on mimic-IV. *Shock*. 2023;59(6):838–845. doi: 10.1097/SHK.0000000000002119
3. Clinical recommendations. Chronic kidney disease. 2021. [Internet]. Available from: https://rusnephrology.org/wp-content/uploads/2020/12/CKD_final.pdf Accessed: 19 Sept 2024). (In Russ.)
4. Koumakis E, Cormier C, Roux C, Briot K. The causes of hypo- and hyperphosphatemia in humans. *Calcif Tissue Int*. 2021;108(1):41–73. doi: 10.1007/s00223-020-00664-9
5. Leung J, Crook M. Disorders of phosphate metabolism. *J Clin Pathol*. 2019;72(11):741–747. doi: 10.1136/jclinpath-2018-205130
6. Mohort TV. Disorders of phosphorus metabolism in clinical practice. *Meditsinskie novosti*. 2023;4(4):28–34. (In Russ.)
7. Volkov MM, Kayukov IG, Smirnov AV. Phosphorus-calcium metabolism and its regulation. *Nephrology (Saint Petersburg)*. 2010;14(1):91–103. (In Russ.) doi: 10.24884/1561-6274-2010-14-1-91-103
8. Anand A, Aoyagi H. Understudied hyperphosphatemia (chronic kidney disease). Treatment targets and new biological approaches. *Medicina (Kaunas)*. 2023;59(5):959. doi: 10.3390/medicina59050959
9. Boakye E, Obisesan OH, Osei AD, et al. The promise and peril of vaping. *Curr Cardiol Rep*. 2020;22(12):155. doi: 10.1007/s11886-020-01414-x
10. Golan R, Muthigi A, Ghomeshi A, et al. Misconceptions of vaping among young adults. *Cureus*. 2023;15(4):e38202. doi: 10.7759/cureus.38202
11. Virgili F, Nenna R, Ben David S, et al. E-cigarettes and youth: an unresolved Public Health concern. *Ital J Pediatr*. 2022;48(1):97. doi: 10.1186/s13052-022-01286-7
12. Enikeyev DA, Idrisova LT, Enikeyev OA, et al. Comparison of hazard and toxicity of tobacco cigarettes, electronic nicotine delivery systems, and tobacco heating systems (iqos) (review). *Patogenez*. 2019;17(3):25–33. doi: 10.25557/2310-0435.2019.03.25-33
13. Tsygan VN, editor. *Clinical pathophysiology: a textbook for cadets and students of military medical universities*. In 2 vol. Saint Petersburg: SpetsLit; 2018. Vol. 1: Pathophysiology. 430 p. (In Russ.)
14. Litvitsky PF. *Pathophysiology*. Textbook. In 2 vol. 2nd edition. Moscow: GEOTAR-MED; 2003. Vol. 1. p. 421.
15. Chagina EA, Turmova EP, Bashtovaya AE, Posadskaya MV. The pathogenetic role of phosphorus in the vital activity of the body. *International Journal of Humanities and Natural Sciences*. 2022;12(75):45–50. doi: 10.24412/2500-1000-2022-12-5-45-50
16. Pankiv VI. Hyperparathyroidism: diagnostics, clinical signs and symptoms, modern approaches to treatment. *International Endocrinology Journal*. 2013;1(49):87–96. (In Russ.)
17. Shutov EV, Sorokoletov SM. Hyperphosphatemia – meaning and methods of correction. *Clinical nephrology*. 2019;(2):69–75. (In Russ.) doi: 10.18565/nephrology.2019.2.69-75

ОБ АВТОРАХ

*** Овчаренко Алена Максимовна;**

адрес: Россия, 150000, Ярославль, ул. Революционная, д. 5;
ORCID: 0009-0008-2402-8258;
eLibrary SPIN: 1253-2419;
e-mail: alenaovcharenko111@gmail.com

Ершова Ольга Борисовна, д-р мед. наук;

ORCID: 0000-0001-7167-2187;
eLibrary SPIN: 8238-8201;
e-mail: yarosteoporosis@list.ru

Белова Ксения Юрьевна, д-р мед. наук;

ORCID: 0000-0002-7856-1567;
eLibrary SPIN: 4372-8670;
e-mail: ksbelova@mail.ru

AUTHORS INFO

*** Alena M. Ovcharenko, MD;**

address: 5 Revolutsionnaya St., Yaroslavl, 150000, Russia;
ORCID: 0009-0008-2402-8258;
eLibrary SPIN: 1253-2419;
e-mail: alenaovcharenko111@gmail.com

Olga B. Ershova, MD, Dr. Sci. (Medicine);

ORCID: 0000-0001-7167-2187;
eLibrary SPIN: 8238-8201;
e-mail: yarosteoporosis@list.ru

Kseniia Yu. Belova, MD, Dr. Sci. (Medicine);

ORCID: 0000-0002-7856-1567;
eLibrary SPIN: 4372-8670;
e-mail: ksbelova@mail.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author