



УДК 616.127-005.4:616.8-009.17-053.9

DOI 10.17802/2306-1278-2025-14-6S-72-82

АССОЦИАЦИЯ СТАРЧЕСКОЙ АСТЕНИИ С ВИТАМИНОМ D У ПАЦИЕНТОВ С ИШЕМИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНЬЮ СЕРДЦА

К.Е. Кривошапова, А.Г. Неешпапа, Д.П. Цыганкова, Е.Д. Баздырев, В.Н. Каретникова,
О.Л. Барбараш

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», бульвар им. академика Л.С. Барбараша, 6, Кемерово, Российская Федерация, 650002

Основные положения

- В эпоху стремительного старения населения синдром старческой астении стал одной из важнейших проблем общественного здравоохранения, так как ассоциирован с увеличением риска развития неблагоприятных исходов, включая снижение функциональных возможностей, повышение частоты обращений за медицинской помощью и уровня смертности.
- Недостаточность 25-ОН витамина D общего является распространенным состоянием, которое может быть одним из потенциальных модифицируемых факторов риска развития синдрома старческой астении среди пожилого населения.

Цель

Изучить взаимосвязь между степенью выраженности проявлений синдрома старческой астении (ССА) и концентрацией 25-ОН витамина D общего в сыворотке крови пациентов с ишемической болезнью сердца (ИБС) перед проведением планового чрескожного коронарного вмешательства (ЧКВ).

Материалы и методы

В одноцентровое когортное исследование было включено 174 пациента с ИБС, поступивших в клинику с целью проведения планового ЧКВ. Средний возраст изучаемой выборки составил $67,38 \pm 8,31$ лет, мужчин – 61,5%. Для скрининга старческой астении был использован опросник «Возраст не помеха» (2 балла и менее – отсутствие старческой астении, 3–4 балла – преастения, 5–7 баллов – ССА). Для определения концентрации 25-ОН витамина D общего применялся иммуноферментный анализ.

Результаты

При проведении количественного анализа баллов по опроснику «Возраст не помеха», ССА был выявлен в 8,6% ($n = 15$), а преастения – у 38,0% ($n = 66$) пациентов с ИБС. В связи с небольшим количеством «хрупких» пациентов в изучаемой выборке, пациенты с преастенией и ССА были объединены в одну группу – 46,6% (81 человек). Значимо чаще «хрупкими» пациентами с ИБС перед плановым ЧКВ являются женщины пожилого возраста. При этом был обнаружен более низкий уровень 25-ОН витамина D общего в сыворотке крови «хрупких» пациентов с ИБС в сравнении с пациентами без ССА ($20,02 \pm 7,36$ (17,53–22,51) нг/мл и $23,91 \pm 8,92$ (21,02–26,81) нг/мл, $p = 0,044$ соответственно). С помощью корреляционного анализа была установлена умеренной силы обратная связь между концентрацией 25-ОН витамина D общего в сыворотке крови пациентов преимущественно женского пола со стабильной формой ИБС и критериями старческой астении по опроснику «Возраст не помеха» ($\rho = -0,390$, $p = 0,024$).

Заключение

Выявлены значимые ассоциации между уровнем 25-ОН витамина D общего в сыворотке крови пациентов с ИБС перед плановым ЧКВ и степенью выраженности проявлений ССА по данным опросника «Возраст не помеха».

Ключевые слова

Преастения • Синдром старческой астении • Ишемическая болезнь сердца • 25-ОН витамин D общий • Чрескожное коронарное вмешательство

Поступила в редакцию: 07.10.2025; поступила после доработки: 22.10.2025; принята к печати: 02.11.2025

Для корреспонденции: Кристина Евгеньевна Кривошапова, ya.kristi89@yandex.ru; адрес: бульвар имени академика Л.С. Барбараша, 6, Кемерово, Российская Федерация, 650002

Corresponding author: Kristina E. Krivoshapova, ya.kristi89@yandex.ru; address: 6, academician Barbarash blvd., Kemerovo, Russian Federation, 650002

ASSOCIATION BETWEEN FRAILITY AND VITAMIN D LEVELS IN PATIENTS WITH CORONARY ARTERY DISEASE

K.E. Krivoshapova, A.G. Neeshpapa, D.P. Tsygankova, E.D. Bazdyrev, V.N. Karetnikova,
O.L. Barbarash

Federal State Budgetary Institution "Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases", 6, academician Barbarash blvd., Kemerovo, Russian Federation, 650002

Highlights

- In the era of rapid population aging, frailty has become one of the most significant public health concerns because of the increased risk of adverse outcomes, such as functional decline, greater medical resource utilization, and higher mortality rates.
- Deficiency of total vitamin D (25-OH) is a common condition that may be one of the potential modifiable risk factors for the development of frailty among the elderly population.

Aim	The work aimed to examine the association between the severity of frailty and serum total vitamin D (25-OH) levels in patients with coronary artery disease (CAD) undergoing elective percutaneous coronary intervention (PCI).
Methods	A single-center cohort study included 174 patients with CAD who were admitted for elective PCI. The mean age was 67.38 ± 8.31 years; 61.5% patients were male. The Age No Hindrance questionnaire was used to screen for prefrailty and frailty (≤ 2 points: no frailty, 3–4 points: prefrailty, 5–7 points: frailty). Total vitamin D (25-OH) levels were assessed by enzyme immunoassay.
Results	The incidence of prefrailty and frailty in patients with CAD according to Age No Hindrance scores was 38.0% ($n = 66$) and 8.6% ($n = 15$) respectively. Given the low incidence of frailty in the study sample, patients with prefrailty and frailty comprised a single group (46.6%, $n = 81$). Frailty was significantly more likely in older women with CAD before elective PCI. Frailty in patients with CAD was associated with significantly lower serum total vitamin D (25-OH) levels compared to non-frail patients (20.02 ± 7.36 (17.53–22.51) ng/mL vs. 23.91 ± 8.92 (21.02–26.81) ng/mL, $p = 0.044$). A correlation analysis revealed a moderate association between Age No Hindrance scores and serum total vitamin D (25-OH) levels in (mainly female) patients with stable CAD ($\rho = -0.390$, $p = 0.024$).
Conclusion	The study revealed significant associations between the severity of frailty according to Age No Hindrance scores and serum total vitamin D (25-OH) levels in patients with CAD before elective PCI.
Keywords	Prefrailty • Frailty • Coronary artery disease • Total vitamin D (25-OH) • Percutaneous coronary intervention

Received: 07.10.2025; received in revised form: 22.10.2025; accepted: 02.11.2025

Список сокращений

АГ – артериальная гипертензия	ССА – синдром старческой астении
ДИ – доверительный интервал	ФВ ЛЖ – фракция выброса левого желудочка
ИБС – ишемическая болезнь сердца	ФК – функциональный класс
ИМТ – индекс массы тела	ФП – фибрилляция предсердий
ОНМК – острое нарушение мозгового кровообращения	ХОБЛ – хроническая обструктивная болезнь легких
ПИКС – постинфарктный кардиосклероз	ХСН – хроническая сердечная недостаточность
СД – сахарный диабет	ЧКВ – чрескожное коронарное вмешательство

Введение

Синдром старческой астении (ССА) или «хрупкость» – это гериатрический синдром, ассоциированный с инвалидностью, повышенным риском падений,

потерей автономности, госпитализациями и смертностью. Распространенность «хрупкости» высока среди населения пожилого возраста, при этом около 44,0% пациентов находятся в стадии преастении, а

10,0–20,0% – в стадии старческой астении [1]. Ввиду стремительного старения населения распространенность ССА неуклонно растет, что, в свою очередь, приведет к более высоким показателям инвалидизации и смертности во всем мире [2]. Таким образом, возрастает потребность в изучении патофизиологических особенностей развития и возможных путей воздействия на патологическое старение организма.

Одной из ключевых особенностей «хрупкости» является выраженная мышечная слабость и снижение функциональных возможностей [3]. Несомненно, причины потери мышечной силы и функции многофакторны, при этом ряд ученых предполагают, что низкий уровень 25-ОН витамина D общего (25-гидроксивитамин D) является одним из таких факторов риска [4, 5]. 25-ОН витамин D общий стимулирует всасывание кальция в кишечнике, отвечает за минерализацию костей и общее функционирование клеток во всем организме [6]. Дефицит 25-ОН витамина D общего (< 30 нг/мл) среди «хрупких» пожилых пациентов может встречаться в 62,0% случаев [7]. Для населения пожилого возраста в целом характерно снижение уровня 25-ОН витамина D общего из-за уменьшения воздействия ультрафиолетовых лучей спектра В и естественного возрастного снижения выработки холекальциферола (витамина D3) [8]. При этом низкие концентрации 25-ОН витамина D общего в сыворотке крови могут быть связаны с нарушением мышечной функции и повышенным риском развития «хрупкости» у пациентов пожилого и старческого возраста [9]. Однако степень тесноты связи выявленных ассоциаций, а также нозологические формы пациентов, методы диагностики ССА различаются в проведенных ранее исследованиях. Дальнейшее изучение взаимосвязей между уровнем 25-ОН витамина D общего и ССА может помочь сформировать консенсус относительно оптимальной концентрации 25-ОН витамина D общего для достижения целевых показателей «успешного» старения. В связи с чем, **целью данного исследования** стало изучение ассоциаций между ССА и уровнем 25-ОН витамина D общего в сыворотке крови пациентов с ишемической болезнью сердца (ИБС) перед проведением планового чрескожного коронарного вмешательства (ЧКВ), как одной из наиболее уязвимых категорий населения пожилого и старческого возраста.

Материалы и методы

В одноцентровое когортное исследование было включено 174 пациента с ИБС, поступивших в кардиологическое отделение ФГБНУ «НИИ комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний» (г. Кемерово) для проведения планового ЧКВ в период с 2023 по 2024 г. Все пациенты были ознакомлены и подписали добровольное информированное согласие на участие в научном исследовании, одобренное локаль-

ным этическим комитетом ФГБНУ «НИИ комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний» (г. Кемерово), протокол № 12 от 27.12.2019 г. Диагноз ИБС верифицирован на основании рекомендаций ESC-2019 по диагностике и лечению хронического коронарного синдрома [10], наличия ангинозных болей в грудной клетке или их эквивалента, данных анамнеза, инструментальных методов исследования, включавших электрокардиографию, эхокардиографию, суточное мониторирование электрокардиографии, коронароангиографию. Скрининг преастении и ССА был проведен перед ЧКВ с помощью опросника «Возраст не помеха», при этом 2 балла и менее соответствовало отсутствию старческой астении, 3–4 балла – преастении, 5–7 баллов – ССА [11].

Формирование выборки проводилось в соответствии с основными критериями включения: возраст, превышающий 60 лет; стабильная на момент госпитализации ИБС (стенокардия I–III функционального класса (ФК) и/или постинфарктный кардиосклероз); целью госпитализации являлось выполнение планового ЧКВ. Применены следующие критерии исключения: нервно-мышечные заболевания; IV ФК хронической сердечной недостаточности; неконтролируемая артериальная гипертензия (АГ); сочетание ИБС и клапанных пороков сердца; наличие у пациента тяжелых сопутствующих заболеваний, ухудшающих психический и соматический статус; черепно-мозговые травмы; неспособность понять и (или) выполнить процедуры протокола исследования; отказ (отзыв согласия) от участия в исследовании.

Для определения концентрации 25-ОН витамина D общего в сыворотке крови пациентов применялся высокочувствительный и высокоспецифичный метод иммуноферментного анализа с использованием наборов 25-Hydroxy Vitamin Ds EIA (Immunodiagnostic Systems Ltd., Britain). Для проведения иммуноферментного анализа применялся анализатор иммуноферментных реакций АИФР-01 «УНИПЛАН» (Санкт-Петербург, Россия).

Статистическая обработка данных

Статистическая обработка результатов исследования проводилась с помощью пакета программ IBM SPSS Statistics 26.0.0. Для описания качественных признаков применяли абсолютные и относительные показатели (%). Нормальность распределения количественных признаков оценивалась с помощью критерия Шапиро–Уилка. Количественные признаки, которые не соответствовали закону нормального распределения (критерий Шапиро–Уилка W 0,7–0,9; $p < 0,05$), представлены медианой и интерквартильным размахом (Me [Q1–Q3]). Количественные показатели, выборочное распределение которых соответствовало нормальному, описывались с помощью средних арифметических величин (M) и стандартных отклонений (SD). В качестве меры репрезентативно-

сти для средних значений указывались границы 95% доверительного интервала (95% ДИ). Для оценки статистической значимости различий качественных признаков для двух независимых групп применялся критерий хи-квадрат Пирсона. В тех случаях, когда число ожидаемых наблюдений в любой из ячеек четырехпольной таблицы было менее 5, для оценки уровня значимости различий использовался точный критерий Фишера. Для сравнения двух независимых групп по количественному признаку использовался критерий Манна-Уитни. Направление и теснота корреляционной связи между двумя количественными показателями оценивались с помощью коэффициента ранговой корреляции Спирмена. Прогностическая модель была построена с помощью бинарной логистической регрессии с применением метода обратного пошагового исключения переменных (метод Вальда). Для оценки диагностической эффективности прогностической модели, а также определения оптимального значения порога классификации применялся ROC-анализ. Качество прогностической модели оценивалось исходя из значений площади

под ROC-кривой со стандартной ошибкой и 95% ДИ и уровня статистической значимости. Различия считались статистически значимыми при $p \leq 0,05$.

Результаты

Средний возраст выборки составил $67,38 \pm 8,31$ лет, мужчин – 61,5% (табл. 1). При изучении клинической характеристики было выявлено, что большая часть пациентов в анамнезе имеет АГ (165 (94,8%) пациентов), при этом около половины пациентов ранее перенесли инфаркт миокарда (89 (51,2%)). Нарушения углеводного обмена обнаружены у трети пациентов (52 (30,0%)), большая часть пациентов имела избыточную массу тела (индекс массы тела (ИМТ) = $29,39 \pm 5,71$ кг/м²). Изменения массы тела характеризовались повышением у 57 (32,8%) человек, ожирением I степени – 51 (29,3%), ожирением II степени – 22 (12,6%), ожирением III степени – 4 (2,3%), дефицит массы тела зарегистрирован у 5 (2,9%) пациентов. Пароксизмальная форма фибрилляции предсердий в предоперационном периоде встретилась у 31 (17,8%) человека. При проведении

Таблица 1. Клинико-лабораторная характеристика пациентов со стабильной ишемической болезнью сердца
Table 1. Clinical and laboratory characteristics of patients with stable coronary artery disease

Показатель / Parameters	Характеристика пациентов / Patient characteristics (n = 174)
Средний возраст, лет / Mean age, years, M ± SD	67,38 ± 8,31
Мужчины / Male, n (%)	107 (61,5)
ИМТ, кг/м ² / BMI, kg/m ² , M ± SD	29,39 ± 5,71
Нормальная масса тела / Normal body weight, n (%)	35 (20,1)
Повышенная масса тела / Overweight, n (%)	57 (32,8)
Ожирение I степени / Grade I obesity, n (%)	51 (29,3)
Ожирение II степени / Grade II obesity, n (%)	22 (12,6)
Ожирение III степени / Grade III obesity, n (%)	4 (2,3)
Дефицит массы тела / Underweight, n (%)	5 (2,9)
Курит/бросил курить менее 3 мес. Назад / Smokers/quitters for < 3 months, n (%)	47 (27,1)
ПИКС / PICS, n (%)	89 (51,2)
ХСН II–III / FC II–III CHF, n (%)	156 (89,7)
ФВ ЛЖ / LVEF, %, Me [Q1–Q3]	56,00 [42,00–64,00]
ЧКВ в анамнезе / History of PCI, n (%)	86 (49,4)
1-сосудистое поражение коронарного русла / Coronary bed single-vessel, n (%)	40 (23,0)
2-сосудистое поражение коронарного русла / Coronary bed double-vessel, n (%)	62 (35,6)
3-сосудистое поражение коронарного русла / Coronary bed triple-vessel, n (%)	72 (41,4)
ОНМК в анамнезе / History of ACA, n (%)	16 (9,2)
АГ / АН, n (%)	165 (94,8)
ФП в предоперационном периоде / Preoperative AFib, n (%)	31 (17,8)
СД второго типа / Type 2 DM, n (%)	52 (30,0)
ХОБЛ / COPD, n (%)	8 (4,6)
25-ОН витамин D общий, нг/мл, M ± SD (95% ДИ) / Total vitamin D (25-OH), ng/mL, M ± SD (95% CI)	22,10 ± 8,43 (16,67–26,37)

Примечание: АГ – артериальная гипертензия; ДИ – доверительный интервал; ИМТ – индекс массы тела; ОНМК – острое нарушение мозгового кровообращения; ПИКС – постинфарктный кардиосклероз; СД – сахарный диабет; ФВ ЛЖ – фракция выброса левого желудочка; ФП – фибрилляция предсердий; ХОБЛ – хроническая обструктивная болезнь легких; ХСН – хроническая сердечная недостаточность; ЧКВ – чрескожное коронарное вмешательство.

Note: ACA – acute cerebrovascular accident; AFib – atrial fibrillation; АН – arterial hypertension; BMI – body mass index; CHF – chronic heart failure; CI – confidence interval; COPD – chronic obstructive pulmonary disease; DM – diabetes mellitus; FC – functional class; LVEF – left ventricular ejection fraction; PCI – percutaneous coronary intervention; PICS – postinfarction cardiosclerosis.

коронароангиографии у большинства пациентов было выявлено двух- и трехсосудистое поражение коронарного русла, при этом половина пациентов изучаемой выборки ранее перенесли реваскуляризирующую процедуру. Острое нарушение мозгового кровообращения в анамнезе верифицировано лишь в 9,2% (16 человек) случаев. Медиана фракции выброса левого желудочка по данным эхокардиографии – 56,00 [42,00 – 64,00]%. Средняя концентрация 25-ОН витамина D общего в сыворотке крови па-

циентов изучаемой выборки составила $22,10 \pm 8,43$ (16,67–26,37) нг/мл, что несколько ниже целевых показателей в данной возрастной группе.

При проведении количественного анализа баллов по опроснику «Возраст не помеха», ССА был выявлен в 8,6% (15 человек) случаев, а преастиения встречалась среди 38,0% (66 человек) пациентов с ИБС (табл. 2). В связи с небольшим количеством «хрупких» пациентов в изучаемой выборке, пациенты с преастиенией и ССА были объединены в одну группу

Таблица 2. Клинико-лабораторная характеристика пациентов перед плановым чрескожным коронарным вмешательством, в зависимости от наличия критериев преастиении и синдрома старческой астении
Table 2. Clinical and laboratory characteristics of patients before elective percutaneous coronary intervention, depending on the presence of prefrailty and frailty

Показатель / Parameters	Группа пациентов без ССА / Patients without frailty, n ₀ = 93 (53,4%)	Группа пациентов с преастиенией и ССА / Patients with prefrailty and frailty, n ₁ = 81 (46,6%)	p
Опросник «Возраст не помеха», баллы / The Age No Hindrance questionnaire, points, Me [Q1–Q3]	2,0 [1,0–2,0]	3,0 [3,0–4,0]	< 0,001*
Средний возраст, лет, M ± SD (95% ДИ) / Mean age, years, M ± SD (95% CI)	66,29 ± 8,18 (64,61–67,97)	68,60 ± 8,25 (66,78–70,43)	0,065
Мужчины / Male, n (%)	67 (72,0)	40 (49,4)	0,002*
Женщины / Women, n (%)	26 (28,0)	41 (50,6)	
ИМТ, кг/м ² , M ± SD (95% ДИ) / BMI, kg/m ² , M ± SD (95% CI)	29,62 ± 5,43 (28,51–30,74)	29,16 ± 6,00 (27,84–30,49)	0,595
Нормальная масса тела / Normal body weight, n (%)	20 (21,5)	15 (18,5)	0,584
Повышенная масса тела / Overweight, n (%)	32 (34,4)	25 (30,9)	
Ожирение I степени / Grade I obesity, n (%)	25 (26,9)	26 (32,1)	
Ожирение II степени / Grade II obesity, n (%)	12 (12,9)	10 (12,4)	
Ожирение III степени / Grade III obesity, n (%)	3 (3,2)	1 (1,2)	
Дефицит массы тела / Underweight, n (%)	1 (1,1)	4 (4,9)	
Курит/бросил курить менее 3 мес. назад / Smokers/quitters for < 3 months, n (%)	25 (26,9)	22 (27,2)	0,967
ПИКС / PICS, n (%)	50 (53,8)	39 (48,1)	0,460
ХСН II–III / FC II–III CHF, n (%)	83 (89,3)	73 (90,1)	0,537
ФВ ЛЖ / LVEF, %, Me [Q1–Q3]	57,00 [45,75–64,75]	59,00 [43,00–63,50]	0,915
ЧКВ в анамнезе / History of PCI, n (%)	51 (54,8)	35 (43,2)	0,126
1-сосудистое поражение коронарного русла / Coronary bed single-vessel, n (%)	23 (24,7)	17 (21,0)	0,378
2-сосудистое поражение коронарного русла / Coronary bed double-vessel, n (%)	29 (31,2)	33 (40,7)	
3-сосудистое поражение коронарного русла / Coronary bed triple-vessel, n (%)	41 (44,1)	31 (38,3)	
ОНМК в анамнезе / History of ACA, n (%)	6 (6,5)	10 (12,3)	0,199
АГ / AH, n (%)	87 (93,5)	78 (96,3)	0,506
ФП в предоперационном периоде / Preoperative AFib, n (%)	15 (16,1)	16 (19,8)	0,533
СД второго типа / Type 2 DM, n (%)	25 (26,9)	27 (33,3)	0,354
ХОБЛ / COPD, n (%)	6 (6,5)	2 (2,5)	0,287
25-ОН витамин D общий, нг/мл, M ± SD (95% ДИ) / Total vitamin D (25-OH), ng/mL, M ± SD (95% CI)	23,91 ± 8,92 (21,02–26,81)	20,02 ± 7,36 (17,53–22,51)	0,044*

Примечание: * – различия статистически значимые, $p \leq 0,05$. АГ – артериальная гипертензия; ДИ – доверительный интервал; ИМТ – индекс массы тела; ОНМК – острое нарушение мозгового кровообращения; ПИКС – постинфарктный кардиосклероз; СД – сахарный диабет; ССА – синдром старческой астении; ФВ ЛЖ – фракция выброса левого желудочка; ФП – фибрилляция предсердий; ХОБЛ – хроническая обструктивная болезнь легких; ХСН – хроническая сердечная недостаточность; ЧКВ – чрескожное коронарное вмешательство.

Note: * – significant differences, $p \leq 0,05$. ACA – acute cerebrovascular accident; AFib – atrial fibrillation; AH – arterial hypertension; BMI – body mass index; CHF – chronic heart failure; CI – confidence interval; COPD – chronic obstructive pulmonary disease; DM – diabetes mellitus; FC – functional class; LVEF – left ventricular ejection fraction; PCI – percutaneous coronary intervention; PICS – postinfarction cardiosclerosis.

– 46,6% (81 человек). Сравнительный анализ групп пациентов без ССА и пациентов с преастиенией и ССА показал, что значимо чаще «хрупкими» были женщины более пожилого возраста перед проведением планового ЧКВ. В анамнезе пациентов с одинаковой частотой встречались инфаркт миокарда, СД 2 типа, ФП, ОНМК, ХОБЛ, а также проведение ЧКВ ранее. При этом был выявлен более низкий уровень 25-ОН витамина D общего в сыворотке крови «хрупких» пациентов с ИБС в сравнении с пациентами без ССА (20,02 ± 7,36 (17,53 – 22,51) нг/мл и 23,91 ± 8,92 (21,02 – 26,81) нг/мл, p = 0,044 соответственно).

При проведении многофакторного анализа с помощью бинарной логистической регрессии с применением метода обратного пошагового исключения количественных и качественных переменных (метод Вальда), изучаемых в нашем исследовании, в окончательную прогностическую модель вероятности наличия старческой астении вошел только женский пол пациентов с ИБС перед проведением планового ЧКВ.

Наблюдаемая зависимость описывается уравнением (1):

$$p = 1 / (1 + e^{-z}) \times 100,0\%,$$

$$z = -0,956 + 1,649 \times \text{ХЖП},$$

где p – вероятность наличия старческой астении у пациентов перед плановым ЧКВ, z – значение логистической функции, ХЖП – женский пол.

Полученная регрессионная модель является статистически значимой (p < 0,001). Псевдо-R² Найджелкера составил 19,2%. Женский пол в 5,200 раза увеличивал шанс наличия старческой астении у пациентов с ИБС (табл. 3).

При оценке дискриминационной способности регрессионной модели с помощью ROC-анализа была получена следующая кривая (рис. 1).

Оценка вероятности p является статистически значимым предиктором старческой астении (AUC = 0,794; 95% ДИ: 0,675 – 0,914, p < 0,001).

Пороговое значение оценок вероятности p в точке cut-off, которому соответствовало наивысшее значение индекса Юдена, составило 0,667. Чувствительность и специфичность полученной прогностической модели – 72,2% и 66,7% соответственно.

Затем с помощью коэффициента ранговой корреляции Спирмена был проведен анализ корреляционной связи между баллами по опроснику «Возраст не помеха» и всеми количественными переменными, изучаемыми в нашем исследовании. В результате была установлена умеренной тесноты обратная связь между концентрацией 25-ОН витамина D общего в сыворотке крови пациентов с ИБС перед проведением планового ЧКВ и баллами по опроснику «Возраст не помеха» (табл. 4).

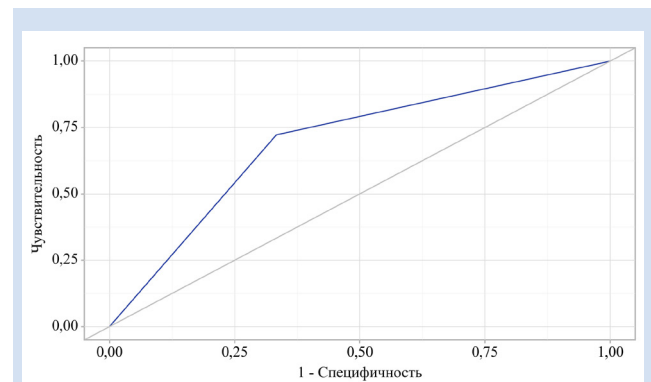


Рисунок 1. ROC-кривая, характеризующая дискриминационную способность регрессионной модели при прогнозировании старческой астении

Figure 1. ROC curve characterizing the discriminatory ability of the regression model in predicting frailty

Таблица 3. Характеристики связи предиктора модели с шансами выявления старческой астении у пациентов со стабильной формой ишемической болезни сердца

Table 3. Characteristics of the association between the model predictor and the odds of detecting frailty in patients with stable coronary heart disease

Предиктор / Predictor	Нескорректированный / Unadjusted		Скорректированный / Adjusted	
	COR; 95% ДИ / CI	p	AOR; 95% ДИ / CI	p
Женский пол / Female sex	5,200; 1,937–13,957	0,001*	5,200; 1,937–13,957	0,001*

Примечание: * – различия статистически значимые, p ≤ 0,05.
Notes: * – significant differences, p ≤ 0,05.

Таблица 4. Корреляционный анализ взаимосвязи уровня сывороточного 25-ОН витамина D общего (нг/мл) и баллов по опроснику «Возраст не помеха» у пациентов с ишемической болезнью сердца

Table 4. Correlation analysis of the association between serum total vitamin D (25-OH) levels (ng/mL) and Age No Hindrance scores in patients with coronary artery disease

Показатели / Parameters	Характеристика корреляционной связи / Characteristics of the correlation relationship		
	p	Теснота связи по шкале Чеддока / Strength of association according to Chaddock scale	p
25-ОН витамин D общий (нг/мл) – опросник «Возраст не помеха» (баллы) / Total vitamin D (25-OH) (ng/mL) – the Age No Hindrance questionnaire (points)	-0,390	Умеренная / Moderate	0,024*

Примечание: * – различия статистически значимые, p ≤ 0,05
Notes: * – significant differences, p ≤ 0,05

Наблюдаемая зависимость уровня 25-ОН витамина D общего (нг/мл) от баллов по опроснику «Возраст не помеха» описывается уравнением парной линейной регрессии (2):

$$Y_{25\text{-ОН витамин D общий, нг/мл}} = -1,906 \times X_{\text{«Возраст не помеха», баллы}} + 26,275,$$

где Y_{25-ОН витамин D общий, нг/мл} – концентрация 25-ОН витамина D общего (нг/мл) в сыворотке крови пациентов с ИБС, X_{«Возраст не помеха», баллы} – баллы по опроснику «Возраст не помеха».

При уменьшении концентрации 25-ОН витамина D общего на 1,906 нг/мл следует ожидать увеличения на один балл по опроснику «Возраст не помеха». Полученная модель объясняет 12,2% наблюдаемой дисперсии (рис. 2).

Таким образом, в проведенном исследовании было обнаружено, что практически каждый второй пациент перед проведением планового ЧКВ может иметь критерии «хрупкости» по опроснику «Возраст не помеха», при этом были выявлены значимые ассоциации между старческой астенией и женским полом, а также уровнем 25-ОН витамина D общего в сыворотке крови пациентов с ИБС.

Обсуждение

Недостаточность 25-ОН витамина D общего является распространенным состоянием, которое может быть одним из потенциальных модифицируемых факторов риска развития ССА среди пожилого населения. Более того, старческая астения может рассматриваться, как промежуточное звено между низкой концентрацией 25-ОН витамина D общего и смертностью [12, 13]. При этом результаты немногочисленных исследований этой проблемы неоднозначны. В последних работах [14, 15] были выявлены статистически значимые ассоциации между низким уровнем 25-ОН витамина D общего в сыворотке крови и критериями «хрупкости» у пожилых пациентов, но в нескольких других исследованиях такой взаимосвязи обнаружено не было [16, 17].

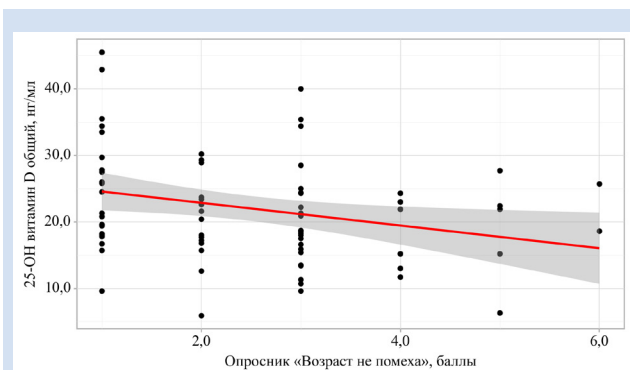


Рисунок 2. График регрессионной функции, характеризующий зависимость баллов по опроснику «Возраст не помеха» от уровня 25-ОН витамина D общего (нг/мл) в сыворотке крови пациентов с ишемической болезнью сердца

Figure 2. Regression chart of the association between Age No Hindrance scores and serum total vitamin D (25-OH) levels (ng/mL) in patients with coronary artery disease

Недавно опубликованный систематический обзор D. Marcos-Perez и коллег [18] показал, что более низкая концентрация 25-ОН витамина D общего связана с более высоким риском развития ССА. В нашем исследовании была установлена умеренной тесноты обратная связь между критериями старческой астении по опроснику «Возраст не помеха» и уровнем 25-ОН витамина D общего в сыворотке крови пациентов преимущественно женского пола со стабильной формой ИБС. Аналогичные результаты были получены в исследовании A.M.M. Vaes и коллег [19], в котором приняли участие 756 человек в возрасте ≥ 65 лет, наличие «хрупкости» оценивалось с помощью классических критериев L.P. Fried. В этом исследовании концентрация 25-ОН витамина D общего в сыворотке крови была достоверно связана не только с наличием ССА, но и показателями физической работоспособности. В другом исследовании среди населения со средним возрастом $92,89 \pm 7,92$ года уровень 25-ОН витамина D общего был обратно пропорционален риску развития старческой астении, для выявления «хрупкости» использовался Индекс Остеопоротических Переломов (the Study of Osteoporotic Fractures (SOF) index) [20]. N. Dwimartutie и коллеги [21] провели исследование среди пациентов ≥ 60 лет, наблюдавшихся у гериатра с критериями старческой астении по различным шкалам «хрупкости». В этой работе обнаружена высокая доля лиц с дефицитом 25-ОН витамина D общего, а также была выявлена значимая корреляция между концентрацией 25-ОН витамина D общего в сыворотке крови и силой сжатия кисти пациентов изучаемой выборки. В исследовании среди пациентов с хроническими заболеваниями печени, низкий сывороточный уровень 25-ОН витамина D общего, особенно тяжелый дефицит 25-ОН витамина D общего, был тесно связан со старческой астенией, скринированной с помощью критериев «хрупкости» L.P. Fried, и саркопенией [22]. В многоцентровом проспективном исследовании ELSA (the English Longitudinal Study of Ageing) среди 2 997 пациентов в возрасте от 60 до 85 лет наличие и динамику ССА оценивали с помощью индекса «хрупкости» из 60 пунктов, концентрацию 25-ОН витамина D общего определяли с использованием иммуноферментного анализа, физическую активность измеряли на основе общих энергозатрат. Авторы исследования пришли к выводу, что дефицит 25-ОН витамина D общего связан с возникновением и прогрессированием старческой астении у пожилого населения Англии, а снижение физической активности может способствовать его влиянию на быстрое прогрессирование преастении в ССА [23]. Данные результаты были подтверждены в аналогичном исследовании среди китайской когорты 1 074 пациентов в возрасте ≥ 65 лет [24].

Таким образом, важная роль дефицита 25-ОН

витамина D общего для пациентов пожилого и старческого возраста в отношении развития и прогрессирования «хрупкости» неоспорима. Тем не менее, точный механизм до сих пор неясен. Ученными была выдвинута гипотеза о том, что 25-ОН витамин D общий ассоциирован с ССА через влияние на физическую функцию, мышечную силу и физическую активность [25]. Результаты исследований свидетельствуют о наличии рецепторов витамина D (VDR) в мышцах, которые опосредуют множественные эффекты [26]. Кроме того, ученые предложили несколько механизмов для объяснения связи между дефицитом 25-ОН витамина D общего и мышечной функцией. 25-ОН витамин D общий может играть важную роль в мышцах, опосредованную несколькими сигнальными путями. Эти механизмы включают регуляцию гомеостаза кальция, пролиферацию и дифференцировку клеток, размер волокон и защиту от инсулинорезистентности, жировую дегенерацию мышц и мобилизацию арахидоновой кислоты [27]. С другой стороны, ССА может способствовать снижению уровня 25-ОН витамина D общего, поскольку «хрупкие» пожилые пациенты проводят меньше времени на открытом воздухе и, следовательно, меньше подвергаются воздействию солнечного света, а также рацион таких пациентов зачастую не сбалансирован. Таким образом, дефицит 25-ОН витамина D общего в сыворотке крови пациентов пожилого и старческого возраста может быть одним из главных модифицируемых факторов риска развития и прогрессирования старческой астении.

Информация об авторах

Кривошапова Кристина Евгеньевна, доктор медицинских наук старший научный сотрудник лаборатории коморбидности при сердечно-сосудистых заболеваниях отдела клинической кардиологии федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», Кемерово, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0003-2384-5682

Неешпапа Анастасия Геннадьевна, кандидат медицинских наук научный сотрудник лаборатории патологии кровообращения отдела клинической кардиологии федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», Кемерово, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0002-6808-9959

Цыганкова Дарья Павловна, доктор медицинских наук ведущий научный сотрудник лаборатории эпидемиологии сердечно-сосудистых заболеваний отдела оптимизации медицинской помощи при сердечно-сосудистых заболеваниях федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», Кемерово, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0001-6136-0518

Баздырев Евгений Дмитриевич, доктор медицинских наук заведующий лабораторией эпидемиологии сердечно-сосудистых заболеваний отдела оптимизации медицинской помощи при сердечно-сосудистых заболеваниях

Заключение

Результаты проведенного исследования подтверждают актуальность данного научного направления и необходимость дальнейшего комплексного изучения роли сывороточного 25-ОН витамина D общего в развитии и прогрессировании старческой астении среди различных нозологических групп населения пожилого возраста. Что позволит в дальнейшем разработать меры по первичной и вторичной профилактике раннего патологического старения организма благодаря своевременной оптимизации уровня 25-ОН витамина D общего в сыворотке крови пациентов среднего, пожилого и старческого возраста.

Конфликт интересов

К.Е. Кривошапова заявляет об отсутствии конфликта интересов. А.Г. Неешпапа заявляет об отсутствии конфликта интересов. Д.П. Цыганкова заявляет об отсутствии конфликта интересов. Е.Д. Баздырев заявляет об отсутствии конфликта интересов. В.Н. Каретникова заявляет об отсутствии конфликта интересов. О.Л. Барбараш является главным редактором журнала «Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний».

Финансирование

Исследование выполнено в рамках гранта РФФИ № 22-15-00305 «Патофизиологические особенности формирования остеосаркопенического ожирения при мультифокальном атеросклерозе как маркера биологического старения».

Author Information Form

Krivoshapova Kristina E., PhD, MD, Senior Researcher at the Laboratory for Comorbidities in Cardiovascular Diseases, Department of Clinical Cardiology, Federal State Budgetary Institution “Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases”, Kemerovo, Russian Federation; **ORCID** 0000-0003-2384-5682

Neeshpapa Anastasiya G., PhD, Researcher at the Laboratory of Circulatory Pathology, Department of Clinical Cardiology, Federal State Budgetary Institution “Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases”, Kemerovo, Russian Federation; **ORCID** 0000-0002-6808-9959

Tsygankova Darya P., PhD, MD, Leading Researcher of the Laboratory of Epidemiology of Cardiovascular Diseases, Department of Medical Care Optimization for Cardiovascular Diseases, Federal State Budgetary Institution “Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases”, Kemerovo, Russian Federation; **ORCID** 0000-0001-6136-0518

Bazdyrev Evgeny D., PhD, MD, Head of the Laboratory of Epidemiology of Cardiovascular Diseases, Department of Medical Care Optimization for Cardiovascular Diseases, Federal State Budgetary Institution “Research Institute for

федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», Кемерово, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0002-3023-6239

Каретникова Виктория Николаевна, доктор медицинских наук, профессор заведующая лабораторией патологии кровообращения отдела клинической кардиологии федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», Кемерово, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0002-9801-9839

Барбараш Ольга Леонидовна, академик РАН, доктор медицинских наук, профессор директор федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», Кемерово, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0002-4642-3610

Вклад авторов в статью

ККЕ – вклад в концепцию и дизайн исследования, анализ данных исследования, написание и корректировка статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

НАГ – вклад в концепцию и дизайн исследования, получение и интерпретация данных исследования, корректировка статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

ЦДП – вклад в концепцию и дизайн исследования, получение и интерпретация данных исследования, корректировка статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

БЕД – вклад в концепцию и дизайн исследования, получение и интерпретация данных исследования, корректировка статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

КВН – вклад в концепцию и дизайн исследования, получение и интерпретация данных исследования, корректировка статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

БОЛ – вклад в концепцию и дизайн исследования, получение и интерпретация данных исследования, корректировка статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

Complex Issues of Cardiovascular Diseases”, Кемерово, Russian Federation; **ORCID** 0000-0002-3023-6239

Karetnikova Victoria N., PhD, MD, Professor, Head of the Laboratory of Circulatory Pathology, Department of Clinical Cardiology, Federal State Budgetary Institution “Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases”, Кемерово, Russian Federation; **ORCID** 0000-0002-9801-9839

Barbarash Olga L., PhD, MD, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Director of the Federal State Budgetary Institution “Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases”, Кемерово, Russian Federation; **ORCID** 0000-0002-4642-3610

Author Contribution Statement

ККЕ – contribution to the concept and design of the study, data analysis, manuscript writing, editing, approval of the final version, fully responsible for the content

НАГ – contribution to the concept and design of the study, data collection and interpretation, editing, approval of the final version, fully responsible for the content

TDP – contribution to the concept and design of the study, data collection and interpretation, editing, approval of the final version, fully responsible for the content

BED – contribution to the concept and design of the study, data collection and interpretation, editing, approval of the final version, fully responsible for the content

KVN – contribution to the concept and design of the study, data collection and interpretation, editing, approval of the final version, fully responsible for the content

BOL – contribution to the concept and design of the study, data collection and interpretation, editing, approval of the final version, fully responsible for the content

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Collard R.M., Boter H., Schoevers R.A., Oude Voshaar R.C. Prevalence of frailty in community-dwelling older persons: a systematic review. *J Am Geriatr Soc.* 2012; 60 (8): 1487-1492. doi:10.1111/j.1532-5415.2012.04054.x
- Bock J.O., König H.H., Brenner H., Haefeli W.E., Quinzler R., Matschinger H., et al. Associations of frailty with health care costs—results of the ESTHER cohort study. *BMC Health Serv Res.* 2016; 16: 128. doi:10.1186/s12913-016-1360-3
- Fried L.P., Tangen C.M., Walston J., Newman A.B., Hirsch C., Gottdiener J., et al. Cardiovascular Health Study Collaborative Research G Frailty in older adults: evidence for a phenotype. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2001; 56 (3): M146-156. doi:10.1093/gerona/56.3.m146
- Bollen S.E., Bass J.J., Fujita S., Wilkinson D., Hewison M., Atherton P.J. The Vitamin D/Vitamin D receptor (VDR) axis in muscle atrophy and sarcopenia. *Cellular signalling.* 2022; 96: 110355. doi:10.1016/j.cellsig.2022.110355
- Lelli D., Pérez Bazan L.M., Calle Egusquiza A., Onder G., Morandi A., Ortolani E., et al. 25(OH) vitamin D and functional outcomes in older adults admitted to rehabilitation units: the safari study. *Osteoporos Int.* 2019; 30 (4): 887-895. doi:10.1007/s00198-019-04845-7
- Gunton J.E., Girgis C.M., Baldock P.A., Lips P. Bone muscle interactions and vitamin D. *Bone.* 2015; 80: 89-94. doi:10.1016/j.bone.2015.02.029
- Yang N., Chang N., Zhang G., Li M., Wu L., Dong W., et al. Analysis of the relationship between frailty index and 25(OH) vitamin D in elderly inpatients. *Pakistan journal of pharmaceutical sciences.* 2021; 34 (6): 2297-2301
- Kammeyer A., Luiten R.M. Oxidation events and skin aging. *Ageing research reviews.* 2015; 21: 16-29. doi:10.1016/j.arr.2015.01.001
- Marcos-Pérez D., Sánchez-Flores M., Proietti S., Bonassi S., Costa S., Teixeira J.P., et al. Low Vitamin D Levels and Frailty Status in Older Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Nutrients.* 2020; 12 (8): 2286. doi:10.3390/nu12082286
- Knuuti J., Wijns W., Saraste A., Capodanno D., Barbato E., Funck-Brentano C., et al. ESC Guidelines for the diagnosis and management of chronic coronary syndromes. *European*

heart journal. 2019; 41: 407-477. doi:10.1093/eurheartj/ehz425

11. Ткачева О.Н., Котовская Ю.В., Рунихина Н.К., Фролова Е.В., Наумов А.В., Воробьева Н.М., и др. Клинические рекомендации «Старческая астения». Российский журнал гериатрической медицины. 2025; (1): 6-48. doi:10.37586/2686-8636-1-2025-6-48

12. Schöttker B., Herder C., Rothenbacher D., Perna L., Müller H., Brenner H. Serum 25-hydroxyvitamin D levels and incident diabetes mellitus type 2: a competing risk analysis in a large population-based cohort of older adults. *European journal of epidemiology*. 2013; 28 (3): 267-275. doi:10.1007/s10654-013-9769-z

13. Liu L., Chen C., Lo K., Huang J., Yu Y., Huang Y., et al. Serum 25-hydroxyvitamin D, frailty, and mortality among the Chinese oldest old: Results from the CLHLS study. *Nutrition, metabolism, and cardiovascular diseases: NMCD*. 2021; 31 (9): 2707-2715. doi:10.1016/j.numecd.2021.05.033

14. Wang Y., Yan N., Luo Y., Liu K., Wang J., Zhang J., et al. The serum vitamin D levels alleviate the influence of dietary inflammation on frailty: A cross-sectional analysis in the U.S. older adults. *PLoS one*. 2025; 20 (6): e0327251. doi:10.1371/journal.pone.0327251

15. van den Berg K.S., Arts M.H.L., Collard R.M., van den Brink R.H.S., Comijs H.C., Marijnissen R.M., et al. Vitamin D deficiency and course of frailty in a depressed older population. *Aging & mental health*. 2020; 24 (1): 49-55. doi:10.1080/13607863.2018.1515885

16. Krams T., Cesari M., Guyonnet S., Abellan van Kan G., Cantet C., Vellas B., et al. Is the 25-hydroxy-vitamin D serum concentration a good marker of frailty? *J Nutr Health Aging*. 2016; 20: 1034-1039. doi:10.1007/s12603-016-0714-1

17. Schoufour J.D., Ehteld M.A., Boonstra A., Groothuisink Z.M., Evenhuis H.M. Biochemical measures and frailty in people with intellectual disabilities. *Age and ageing*. 2016; 45 (1): 142-148. doi:10.1093/ageing/afv152

18. Marcos-Pérez D., Sánchez-Flores M., Proietti S., Bonassi S., Costa S., Teixeira J.P., et al. Low Vitamin D Levels and Frailty Status in Older Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Nutrients*. 2020; 12 (8): 2286. doi:10.3390/nu12082286

19. Vaes A.M.M., Brouwer-Brolsma E.M., Toussaint N., de Regt M., Tieland M., van Loon L.J.C., et al. The association

between 25-hydroxyvitamin D concentration, physical performance and frailty status in older adults. *European journal of nutrition*. 2019; 58 (3): 1173-1181. doi:10.1007/s00394-018-1634-0

20. Xiao Q., Wu M., Cui J., Yuan M., Chen Y., Zeng T. Plasma 25-hydroxyvitamin D level and the risk of frailty among Chinese community-based oldest-old: evidence from the CLHLS study. *BMC geriatrics*. 2020; 20 (1): 126. doi:10.1186/s12877-020-01523-w

21. Dwimartutie N., Setiati S., Tamin T.Z., Prijanti A.R., Harahap A.R., Purnamasari D., et al. Vitamin D Levels in Pre-frail Older Adults and Its Correlation with Hand Grip Strength. *Acta medica Indonesiana*. 2023; 55 (2): 172-179

22. Saeki C., Kanai T., Nakano M., Oikawa T., Torisu Y., Saruta M., et al. Low Serum 25-Hydroxyvitamin D Levels Are Related to Frailty and Sarcopenia in Patients with Chronic Liver Disease. *Nutrients*. 2020; 12 (12): 3810. doi:10.3390/nu12123810

23. Shi Z., Shi K., Zhang Z., Lin J., Fang Y. Mediating Effect of Physical Activity in the Association between Low 25-Hydroxyvitamin D and Frailty Trajectories: The English Longitudinal Study of Ageing. *Nutrients*. 2022; 14 (11): 2292. doi:10.3390/nu14112292

24. Dai M., Yue J., Zhang J., Wang H., Wu C. Functional dentition is a modifier of the association between vitamin D and the frailty index among Chinese older adults: a population-based longitudinal study. *BMC geriatrics*. 2022; 22 (1): 159. doi:10.1186/s12877-022-02857-3

25. Gerdhem P., Ringsberg K.A.M., Obrant K.J., Akesson K. Association between 25-hydroxy vitamin D levels, physical activity, muscle strength and fractures in the prospective population-based OPRA Study of Elderly Women. *Osteoporos Int*. 2005; 16: 1425-1431. doi:10.1007/s00198-005-1860-1

26. Bischoff H.A., Borchers M., Gudat F., Duermueller U., Theiler R., Stähelin H.B., et al. In situ detection of 1,25-dihydroxyvitamin D3 receptor in human skeletal muscle tissue. *The Histochemical journal*. 2001; 33 (1): 19-24. doi:10.1023/a:1017535728844

27. Dirks-Naylor A.J., Lennon-Edwards S. The effects of vitamin D on skeletal muscle function and cellular signaling. *The Journal of steroid biochemistry and molecular biology*. 2011; 125 (3-5): 159-168. doi:10.1016/j.jsbmb.2011.03.003

REFERENCES

- Collard R.M., Boter H., Schoevers R.A., Oude Voshaar R.C. Prevalence of frailty in community-dwelling older persons: a systematic review. *J Am Geriatr Soc*. 2012; 60 (8): 1487-1492. doi:10.1111/j.1532-5415.2012.04054.x
- Bock J.O., König H.H., Brenner H., Haefeli W.E., Quinzler R., Matschinger H., et al. Associations of frailty with health care costs—results of the ESTHER cohort study. *BMC Health Serv Res*. 2016; 16: 128. doi:10.1186/s12913-016-1360-3
- Fried L.P., Tangen C.M., Walston J., Newman A.B., Hirsch C., Gottdiener J., et al. Cardiovascular Health Study Collaborative Research G Frailty in older adults: evidence for a phenotype. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2001; 56 (3): M146-156. doi:10.1093/gerona/56.3.m146
- Bollen S.E., Bass J.J., Fujita S., Wilkinson D., Hewison M., Atherton P.J. The Vitamin D/Vitamin D receptor (VDR) axis in muscle atrophy and sarcopenia. *Cellular signalling*. 2022; 96: 110355. doi:10.1016/j.cellsig.2022.110355
- Lelli D., Pérez Bazan L.M., Calle Egusquiza A., Onder G., Morandi A., Ortolani E., et al. 25(OH) vitamin D and functional outcomes in older adults admitted to rehabilitation units: the safari study. *Osteoporos Int*. 2019; 30 (4): 887-895. doi:10.1007/s00198-019-04845-7
- Gunton J.E., Girgis C.M., Baldock P.A., Lips P. Bone muscle interactions and vitamin D. *Bone*. 2015; 80: 89-94. doi:10.1016/j.bone.2015.02.029
- Yang N., Chang N., Zhang G., Li M., Wu L., Dong W., et al. Analysis of the relationship between frailty index and 25(OH) vitamin D in elderly inpatients. *Pakistan journal of pharmaceutical sciences*. 2021; 34 (6): 2297-2301
- Kammeyer A., Luiten R.M. Oxidation events and skin aging. *Ageing research reviews*. 2015; 21: 16-29. doi:10.1016/j.arr.2015.01.001
- Marcos-Pérez D., Sánchez-Flores M., Proietti S., Bonassi S., Costa S., Teixeira J.P., et al. Low Vitamin D Levels and Frailty Status in Older Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Nutrients*. 2020; 12 (8): 2286. doi:10.3390/nu12082286
- Knuuti J., Wijns W., Saraste A., Capodanno D., Barbato E., Funck-Brentano C., et al. ESC Guidelines for the diagnosis and management of chronic coronary syndromes. *European heart journal*. 2019; 41: 407-477. doi:10.1093/eurheartj/ehz425
- Tkacheva O.N., Kотовskaya Yu.V., Runikhina N.K., Frolova E.V., Naumov A.V., Vorobyeva N.M., et al. Clinical Guidelines on Frailty. *Russian Journal of Geriatric Medicine*. 2025; (1): 6-48. doi:10.37586/2686-8636-1-2025-6-48. (In Russ)
- Schöttker B., Herder C., Rothenbacher D., Perna L., Müller H., Brenner H. Serum 25-hydroxyvitamin D levels and incident diabetes mellitus type 2: a competing risk analysis in a large population-based cohort of older adults. *European journal*

of epidemiology. 2013; 28 (3): 267-275. doi:10.1007/s10654-013-9769-z

13. Liu L., Chen C., Lo K., Huang J., Yu Y., Huang Y., et al. Serum 25-hydroxyvitamin D, frailty, and mortality among the Chinese oldest old: Results from the CLHLS study. *Nutrition, metabolism, and cardiovascular diseases: NMCD*. 2021; 31 (9): 2707-2715. doi:10.1016/j.numecd.2021.05.033

14. Wang Y., Yan N., Luo Y., Liu K., Wang J., Zhang J., et al. The serum vitamin D levels alleviate the influence of dietary inflammation on frailty: A cross-sectional analysis in the U.S. older adults. *PLoS one*. 2025; 20 (6): e0327251. doi:10.1371/journal.pone.0327251

15. van den Berg K.S., Arts M.H.L., Collard R.M., van den Brink R.H.S., Comijs H.C., Marijnissen R.M., et al. Vitamin D deficiency and course of frailty in a depressed older population. *Aging & mental health*. 2020; 24 (1): 49-55. doi:10.1080/13607863.2018.1515885

16. Krams T., Cesari M., Guyonnet S., Abellan van Kan G., Cantet C., Vellas B., et al. Is the 25-hydroxy-vitamin D serum concentration a good marker of frailty? *J Nutr Health Aging*. 2016; 20: 1034-1039. doi:10.1007/s12603-016-0714-1

17. Schoufour J.D., Ehteld M.A., Boonstra A., Groothuisink Z.M., Evenhuis H.M. Biochemical measures and frailty in people with intellectual disabilities. *Age and ageing*. 2016; 45 (1): 142-148. doi:10.1093/ageing/afv152

18. Marcos-Pérez D., Sánchez-Flores M., Proietti S., Bonassi S., Costa S., Teixeira J.P., et al. Low Vitamin D Levels and Frailty Status in Older Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Nutrients*. 2020; 12 (8): 2286. doi:10.3390/nu12082286

19. Vaes A.M.M., Brouwer-Brolsma E.M., Toussaint N., de Regt M., Tieland M., van Loon L.J.C., et al. The association between 25-hydroxyvitamin D concentration, physical performance and frailty status in older adults. *European journal of nutrition*. 2019; 58 (3): 1173-1181. doi:10.1007/s00394-018-1634-0

20. Xiao Q., Wu M., Cui J., Yuan M., Chen Y., Zeng T.

Plasma 25-hydroxyvitamin D level and the risk of frailty among Chinese community-based oldest-old: evidence from the CLHLS study. *BMC geriatrics*. 2020; 20 (1): 126. doi:10.1186/s12877-020-01523-w

21. Dwimartutie N., Setiati S., Tamin T.Z., Prijanti A.R., Harahap A.R., Purnamasari D., et al. Vitamin D Levels in Pre-frail Older Adults and Its Correlation with Hand Grip Strength. *Acta medica Indonesiana*. 2023; 55 (2): 172-179

22. Saeki C., Kanai T., Nakano M., Oikawa T., Torisu Y., Saruta M., et al. Low Serum 25-Hydroxyvitamin D Levels Are Related to Frailty and Sarcopenia in Patients with Chronic Liver Disease. *Nutrients*. 2020; 12 (12): 3810. doi:10.3390/nu12123810

23. Shi Z., Shi K., Zhang Z., Lin J., Fang Y. Mediating Effect of Physical Activity in the Association between Low 25-Hydroxyvitamin D and Frailty Trajectories: The English Longitudinal Study of Ageing. *Nutrients*. 2022; 14 (11): 2292. doi:10.3390/nu14112292

24. Dai M., Yue J., Zhang J., Wang H., Wu C. Functional dentition is a modifier of the association between vitamin D and the frailty index among Chinese older adults: a population-based longitudinal study. *BMC geriatrics*. 2022; 22 (1): 159. doi:10.1186/s12877-022-02857-3

25. Gerdhem P., Ringsberg K.A.M., Obrant K.J., Akesson K. Association between 25-hydroxy vitamin D levels, physical activity, muscle strength and fractures in the prospective population-based OPRA Study of Elderly Women. *Osteoporos Int*. 2005; 16: 1425-1431. doi:10.1007/s00198-005-1860-1

26. Bischoff H.A., Borchers M., Gudat F., Duermueller U., Theiler R., Stähelin H.B., et al. In situ detection of 1,25-dihydroxyvitamin D3 receptor in human skeletal muscle tissue. *The Histochemical journal*. 2001; 33 (1): 19-24. doi:10.1023/a:1017535728844

27. Dirks-Naylor A.J., Lennon-Edwards S. The effects of vitamin D on skeletal muscle function and cellular signaling. *The Journal of steroid biochemistry and molecular biology*. 2011; 125 (3-5): 159-168. doi:10.1016/j.jsbmb.2011.03.003

Для цитирования: Кривошапова К.Е., Неешпапа А.Г., Цыганкова Д.П., Баздырев Е.Д., Каретникова В.Н., Барбараш О.Л. Ассоциация старческой астении с витамином D у пациентов с ишемической болезнью сердца. *Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний*. 2025;14(6S): 72-82. DOI: 10.17802/2306-1278-2025-14-6S-72-82

To cite: Krivoshapova K.E., Neeshpapa A.G., Tsygankova D.P., Bazdyrev E.D., Karetnikova V.N., Barbarash O.L. Association between frailty and vitamin D levels in patients with coronary artery disease. *Complex Issues of Cardiovascular Diseases*. 2025;14(6S): 72-82. DOI: 10.17802/2306-1278-2025-14-6S-72-82
