

ISSN 1607-419X  
ISSN 2411-8524 (Online)  
УДК: 616.12-008.334:616.24-  
036.12:616-054-071.3



## Индексы CAVI и START в оценке артериальной ригидности у больных хронической обструктивной болезнью легких: сравнительная характеристика и взаимосвязь показателей с функциональными и антропометрическими данными

В. М. Царёва, Д. А. Пунин, А. А. Пунин, Л. Л. Лямец  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Смоленский государственный медицинский университет» Минздрава России, Смоленск, Россия

**Контактная информация:**  
Пунин Денис Александрович,  
ФГБОУ ВО «Смоленский  
государственный медицинский  
университет» Минздрава России,  
ул. Крупской д. 28, Смоленск,  
Россия, 214019.  
E-mail: pun.92.work@gmail.com

*Статья поступила в редакцию  
02.10.25 и принята к печати 23.10.25.*

### Резюме

**Актуальность.** Длительное время в качестве показателя артериальной ригидности, не зависящего от уровня артериального давления (АД) на момент исследования, выступал сердечно-лодыжечный сосудистый индекс (cardio-ankle vascular index, CAVI). Российскими разработчиками был предложен индекс артериальной ригидности START (STiffness of ARteries), рассчитываемый с использованием онлайн-калькулятора на основе измеренной скорости распространения пульсовой волны и АД. **Цель исследования** — провести анализ взаимосвязи индексов START и CAVI с антропометрическими данными, уровнем АД и параметрами легочной функции у пациентов с хронической обструктивной болезнью легких (ХОБЛ). **Материалы и методы.** В исследование были включены 72 пациента с диагнозом ХОБЛ. Всем пациентам для определения CAVI, сердечно-лодыжечной скорости распространения пульсовой волны (heart-ankle pulse wave velocity, haPWV) и АД была выполнена объемная сфигмография и рассчитан сердечно-лодыжечный индекс START (heart-ankle START, haSTART). Оценка вентиляционных нарушений проведена методом спирометрии и бодиплетизмографии. Для статистической обработки был проведен частный корреляционный анализ, определена внутриклассовая корреляция между индексами CAVI и haSTART, были построены регрессионные модели для обоих индексов артериальной ригидности. **Результаты.** Определялась сильная корреляция индекса CAVI с индексом haSTART ( $r = 0,97$ ,  $p < 0,001$ ). Внутриклассовая корреляция индекса haSTART с индексом CAVI составила 0,848 (95-процентный доверительный интервал (95 % ДИ) 0,756–0,905). Наблюдалась значимая положительная частная корреляция индексов CAVI и haSTART с возрастом ( $r_c = 0,34$ ,  $p = 0,005$  и  $r_c = 0,32$ ,  $p = 0,007$  соответственно) и со средним АД (АД<sub>ср</sub>) ( $r_c = 0,46$ ,  $p < 0,001$  и  $r_c = 0,48$ ,  $p < 0,001$  соответственно). Частная корреляция CAVI и haSTART с индексом массы тела (ИМТ) была отрицательной ( $r_c = -0,38$ ,  $p = 0,001$  и  $r_c = -0,31$ ,  $p = 0,010$ ). Оба параметра артериальной ригидности значимо коррелировали с параметрами легочной

функции, наиболее высокой частная корреляция индексов CAVI и haSTART была с остаточным объемом легких (ООЛ) ( $r_c = 0,48$ ,  $p < 0,001$  и  $r_c = 0,49$ ,  $p < 0,001$  соответственно). По результатам регрессионного анализа были получены следующие модели регрессии:  $CAVI = 1,530 + 0,062 \times \text{возраст} - 0,084 \times \text{ИМТ} + 0,041 \times \text{АДср} + 0,009 \times \text{ООЛ}$ ,  $F = 13,94$ ,  $p < 0,001$ ,  $R^2 = 0,45$  и  $haSTART = -8,122 + 0,135 \times \text{возраст} - 0,149 \times \text{ИМТ} + 0,095 \times \text{АДср} + 0,021 \times \text{ООЛ}$ ,  $F = 12,57$ ,  $p < 0,001$ ,  $R^2 = 0,43$ . **Заключение.** Индексы haSTART и CAVI могут быть использованы для оценки артериальной ригидности у пациентов с ХОБЛ. Выявлены схожие паттерны связей обоих индексов артериальной ригидности с возрастом, ИМТ, уровнем АД и с параметрами легочной вентиляции. Сильная корреляция между индексами CAVI и haSTART и высокая согласованность между индексами свидетельствует о схожих результатах коррекции скорости распространения пульсовой волны по уровню АД.

**Ключевые слова:** артериальная ригидность, сердечно-лодыжечный сосудистый индекс, CAVI, START, хроническая обструктивная болезнь легких

Для цитирования: Царёва В. М., Пунин Д. А., Пунин А. А., Лямец Л. Л. Индексы CAVI и START в оценке артериальной ригидности у больных с хронической обструктивной болезнью легких: сравнительная характеристика и взаимосвязь показателей с функциональными и антропометрическими данными. *Артериальная гипертензия*. 2026;32(1):56–67. <https://doi.org/10.18705/1607-419X-2026-2577>. EDN: QQQOSG

---



---

## CAVI and START indices in arterial stiffness assessment in chronic obstructive pulmonary disease: comparative characterization and correlation with functional and anthropometric data

V. M. Tsareva, D. A. Punin, A. A. Punin, L. L. Lyamets  
Smolensk State Medical University, Smolensk, Russia

Corresponding author:

Denis A. Punin,  
Smolensk State Medical University,  
28 Krupskoy str., Smolensk, 214019  
Russia.  
E-mail: pun.92.work@gmail.com

Received 2 October 2025;  
accepted 23 October 2025.

---



---

### Abstract

**Background.** The cardio-ankle vascular index (CAVI) index is commonly used as an indicator of arterial stiffness independent of blood pressure (BP) at the time of the measurement. Russian developers proposed the START (STiffness of ARteries) arterial stiffness index that can be calculated online based on pulse wave velocity (PWV) and BP. **Objective.** To analyze the relationship of START and CAVI indices with anthropometric data, BP and pulmonary function in patients with chronic obstructive pulmonary disease (COPD). **Design and methods.** Seventy-two COPD patients underwent volume sphygmography to determine CAVI, cardio-ankle PWV (haPWV) and BP, then cardio-ankle START index (haSTART) was calculated. Spirometry and bodyplethysmography were performed to assess pulmonary function disorders. Statistical data processing was performed by the means of partial and intraclass correlation analysis, regression models were constructed for both indices of arterial stiffness. **Results.** Strong correlation was found between CAVI and haSTART indices ( $r = 0,97$ ,  $p < 0,001$ ). Intraclass correlation between haSTART and CAVI indices was 0,848 (95 % CI 0,756-0,905). Significant positive partial cor-

relation of CAVI and haSTART indices with age ( $r_p = 0,34$ ,  $p = 0,005$  and  $r_p = 0,32$ ,  $p = 0,007$ , respectively) and with mean BP (BPmean) ( $r_p = 0,46$ ,  $p < 0,001$  and  $r_p = 0,48$ ,  $p < 0,001$ , respectively) was observed. Both CAVI and haSTART were negatively correlated with body mass index (BMI) ( $r_p = -0,38$ ,  $p = 0,001$  and  $r_p = -0,31$ ,  $p = 0,010$ , respectively). Statistically significant partial correlation was found between both arterial stiffness indices and pulmonary ventilation parameters. The strongest correlation was observed between both CAVI and haSTART indices and residual volume ( $r_p = 0,48$ ,  $p < 0,001$  and  $r_p = 0,49$ ,  $p < 0,001$ , respectively). Based on the results of regression analysis, the following models were constructed:  $CAVI = 1,530 + 0,062 \times AGE - 0,084 \times BMI + 0,041 \times BP_{mean} + 0,009 \times RV$ ,  $F = 13,94$ ,  $p < 0,001$ ,  $R^2 = 0,45$  and  $haSTART = -8,122 + 0,135 \times AGE - 0,149 \times BMI + 0,095 \times BP_{mean} + 0,021 \times RV$ ,  $F = 12,57$ ,  $p < 0,001$ ,  $R^2 = 0,43$ . **Conclusion.** Both haSTART and CAVI indices can be used to assess arterial stiffness in patients with COPD. Both indices have similar correlation patterns with age, mean BP, BMI and with the parameters of pulmonary ventilation. Strong correlation between CAVI and haSTART indices and high consistency between both indices indicates the similarity of the results of PWV corrected by BP level.

**Keywords:** arterial stiffness, CAVI, START, chronic obstructive pulmonary disease

*For citation: Tsareva VM, Punin DA, Punin AA, Lyamets LL. CAVI and START indices in arterial stiffness assessment in chronic obstructive pulmonary disease: comparative characterization and correlation with functional and anthropometric data. Arterial'naya Gipertenziya = Arterial Hypertension. 2026;32(1):56–67. <https://doi.org/10.18705/1607-419X-2026-2577>. EDN: QQQOSG*

## Введение

Сердечно-сосудистые заболевания занимают одну из лидирующих позиций в структуре сопутствующей патологии у пациентов с хронической обструктивной болезнью легких (ХОБЛ) [1] и ассоциированы с повышенным риском смерти [2]. Одним из основных факторов неблагоприятного течения сердечно-сосудистых заболеваний является повышение артериальной ригидности [3]. Золотым стандартом оценки артериальной жесткости является измерение каротидно-фemorальной скорости распространения пульсовой волны, однако этот метод не лишен недостатков. Данный параметр зависит от уровня артериального давления (АД) на момент измерения [4], в связи с чем проводится поиск других показателей жесткости сосудистой стенки, не зависящих от уровня АД при исследовании. Японскими учеными был предложен сердечно-лодыжечный сосудистый индекс (от англ. cardio-ankle vascular index, CAVI), не зависящий от уровня АД в момент измерения (изменение АД не приводит к значимому изменению CAVI) и, таким образом, отражающий морфологический компонент сосудистой ригидности [5]. В настоящее время определены референсные значения CAVI для некоторых категорий населения Российской Федерации [6]. Консенсус российских экспертов сходится во мнении о доказанной прогностической значимости CAVI в определении риска развития сердечно-сосудистых заболеваний и о необходимости включения пороговых значений CAVI в клинические рекомендации в будущем [7].

Существенное ограничение в использовании индекса CAVI заключается в необходимости при-

менения специализированного импортного оборудования. На сегодняшний день определение индекса CAVI возможно только с использованием серии приборов VASERA. Российскими разработчиками был предложен национальный индекс артериальной ригидности STiffness of ARTeries (START), в формуле которого также присутствует поправка на уровень АД на момент исследования [8]. Определение индекса START возможно с использованием любого имеющегося в наличии оборудования, позволяющего измерить скорость распространения пульсовой волны, так как расчет показателя проводится с использованием онлайн-калькулятора методом коррекции измеренной скорости по уровню систолического и диастолического АД [8]. Однако насколько сопоставимы результаты двух методик на практике и как они соотносятся с антропометрическими данными, уровнем АД и показателями легочной функции у пациентов с ХОБЛ, можно сказать только после проведения сравнительных исследований.

**Цель исследования** — анализ взаимосвязи индексов START и CAVI с антропометрическими данными, уровнем АД и параметрами легочной функции у пациентов с ХОБЛ.

## Материалы и методы

Исследование было выполнено в соответствии со стандартами надлежащей клинической практики (Good Clinical Practice) и принципами Хельсинкской декларации. До включения в исследование у всех участников было получено письменное информированное согласие, одобренное этическим комитетом ФГБОУ ВО СГМУ Минздрава России.

**Критерии включения:** подтвержденный диагноз ХОБЛ и наличие добровольного информированного согласия на участие в исследовании.

**Критерии исключения:** нарушения сердечного ритма в момент проведения исследования, снижение лодыжечно-плечевого индекса (ЛПИ) менее 0,9.

В исследование были включены 72 пациента с диагнозом ХОБЛ. Характеристика обследуемой группы пациентов представлена в таблице 1.

Для оценки параметров легочной вентиляции пациентам были проведены спирометрия и бодиплетизмография на аппарате Shiller Ganshorn Powercube Body (Shiller Ganshorn, Германия) на фоне ингаляции бронхолитика (сальбутамол 400 мкг). Для стандартизации результатов исследования по шкале GLI2021 был использован онлайн-калькулятор (<https://gli-calculator.ersnet.org/>). По результатам спирометрии оценивались объем форсированного выдоха за первую секунду (ОФВ1), форсированная жизненная емкость легких (ФЖЕЛ), отношение ОФВ1/ФЖЕЛ. Методом бодиплетизмографии были измерены максимальная жизненная емкость легких (ЖЕЛмакс), функциональная остаточная емкость

легких (ФОЕ), остаточный объем легких (ООЛ), общая емкость легких (ОЕЛ), отношение ООЛ/ОЕЛ. Результаты исследования вентиляционной способности легких представлены в таблице 2.

У 18 (25,0%) пациентов выявлялась обструкция крайне тяжелой степени (GOLD4), у 16 пациентов (22,2%) — тяжелой степени (GOLD3), у 37 пациентов (51,4%) — среднетяжелой степени (GOLD2), у 1 пациента (1,4%) была легкая степень обструкции (GOLD1). Статическая гиперинфляция легких и «воздушные ловушки» по результатам бодиплетизмографии выявлялись у 59 (81,9%) и 63 (87,5%) пациентов соответственно.

Всем пациентам была выполнена объемная сфигмография на аппарате VASERA VS-1500 (Fukuda Denshi, Япония) с определением индекса САVI, частоты сердечных сокращений (ЧСС), АД на четырех конечностях и ЛПИ. Исследование проводилось утром до приема антигипертензивной терапии. При проведении объемной сфигмографии определялась сердечно-лодыжечная скорость распространения пульсовой волны (haPWV) по формуле  $L/tba$ , где L — расстояние, пройденное пуль-

Таблица 1

## ХАРАКТЕРИСТИКА ИССЛЕДУЕМОЙ ГРУППЫ ПАЦИЕНТОВ

Показатель	Значение
Возраст, годы, M ± SD	62 ± 5,8
Пол, мужчины / женщины, n	69 / 3
Рост, см, M ± SD	172 ± 7,1
Масса тела, кг, M ± SD	73 ± 15,5
ИМТ, кг/м <sup>2</sup> , M ± SD	24,8 ± 4,99
Стаж курения, пачка-лет, Me [Q1; Q3]	45 [35; 57]
SpO <sub>2</sub> , %, Me [Q1; Q3]	95 [93; 96]
Выраженность симптомов: САТ, баллы, Me [Q1; Q3] пациенты с mMRC < 2, n (%) пациенты с mMRC ≥ 2, n (%)	18 [13; 25] 31 (43,1 %) 41 (56,9 %)
Сопутствующая патология, n (%): ишемическая болезнь сердца артериальная гипертензия ожирение хроническая сердечная недостаточность пароксизмальная форма фибрилляции предсердий сахарный диабет ОНМК в анамнезе ТЭЛА в анамнезе	15 (20,8 %) 56 (77,8 %) 11 (15,3 %) 20 (27,8 %) 2 (2,8 %) 7 (9,7 %) 4 (5,6 %) 1 (1,4 %)

**Примечание:** ИМТ — индекс массы тела; ОНМК — острое нарушение мозгового кровообращения; ТЭЛА — тромбоэмболия легочной артерии; САТ — COPD assessment test; M — среднее значение; Me — медиана; mMRC — Modified Medical Research Council scale; SD — среднеквадратичное отклонение; SpO<sub>2</sub> — сатурация кислорода крови; Q1 — первый квартиль; Q3 — третий квартиль.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЕНТИЛЯЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ ЛЕГКИХ

Параметр	Значение	z-оценка
ОФВ1, л, М ± SD	1,56 ± 0,50	-3,108 [-3,753; -2,628]
ОФВ1, %Долж, М ± SD	49 ± 14,3	
ФЖЕЛ, л, Ме [Q1; Q3]	3,58 [2,79; 3,95]	-1,258 [-1,959; -0,505]
ФЖЕЛ, %Долж, М ± SD	83 ± 17,9	
ОФВ1/ФЖЕЛ, %, М ± SD	45 ± 9,9	-3,648 [-4,347; -3,112]
ЖЕЛмакс, л, М ± SD	3,94 ± 0,95	-1,111 [-2,019; -0,152]
ЖЕЛмакс, %Долж, М ± SD	87 ± 18,6	
ФОЕ, л, Ме [Q1; Q3]	5,42 [4,77; 5,95]	2,285 [1,958; 3,249]
ФОЕ, %Долж, Ме [Q1; Q3]	156 [147; 185]	
ООЛ, л, Ме [Q1; Q3]	4,32 [3,79; 4,87]	3,434 [2,705; 4,283]
ООЛ, %Долж, Ме [Q1; Q3]	205 [184; 238]	
ОЕЛ, л, М ± SD	8,56 ± 1,25	2,204 [1,559; 3,145]
ОЕЛ, %Долж, М ± SD	130 ± 17,0	
ООЛ/ОЕЛ, %, М ± SD	53 ± 9,4	3,11 [2,367; 3,884]

**Примечание:** М — среднее значение; SD — среднеквадратичное отклонение; Ме — медиана; Q1 — первый квартиль; Q3 — третий квартиль; ЖЕЛмакс — максимальная жизненная емкость легких; ОЕЛ — общая емкость легких; ООЛ — остаточный объем легких; ОФВ1 — объем форсированного выдоха за первую секунду; ФЖЕЛ — форсированная жизненная емкость легких; ФОЕ — функциональная остаточная емкость легких.

совой волной от сердца до лодыжки, tba — время, затраченное на прохождение данного расстояния. В дальнейшем рассчитывался индекс START для этого отрезка артерий (heart-ankle START, haSTART) на основе haPWV и уровня плечевого АД с использованием онлайн-калькулятора, представленного на сайте <https://stelari-start.com/>. Результаты объемной сфигмографии представлены в таблице 3.

Проверка данных на нормальность распределения проводилась с использованием критерия Колмогорова–Смирнова и Шапиро–Уилка. Описательная статистика проводилась с использованием среднего значения и стандартного отклонения (М ± SD) для параметров с нормальным распределением; медианы и межквартильного интервала (Ме [Q1; Q3]) для параметров с распределением, отличным от нормального. Статистический анализ был проведен с использованием коэффициента ранговой корреляции Спирмена, коэффициента внутриклассовой корреляции (ICC) с определением 95-процентного доверительного интервала (95% ДИ), частного корреляционного анализа и множественной регрессии. Сравнение медиан в двух выборках выполнено с использованием критерия Манна–Уитни. Проверка статистических гипотез проводилась при уровне значимости  $p < 0,05$ . Для статистической обработ-

Таблица 3

## РЕЗУЛЬТАТЫ ОБЪЕМНОЙ СФИГМОГРАФИИ

Параметр	Значение
Плечевое САД, мм рт. ст., М ± SD	132 ± 17,1
Плечевое ДАД, мм рт. ст., М ± SD	88 ± 11,4
Плечевое АДср, мм рт. ст., М ± SD	103 ± 12,6
Лодыжечное САД, мм рт. ст., М ± SD	141 ± 21,1
Лодыжечное ДАД, мм рт. ст., М ± SD	79 ± 9,7
ЛПИ, М ± SD	1,05 ± 0,08
CAVI, Ме [Q1; Q3]	9,4 [8,9; 10,0]
haPWV, м/с, Ме [Q1; Q3]	8,8 [8,2; 9,7]
haSTART, Ме [Q1; Q3]	10,5 [9,4; 12,1]

**Примечание:** АДср — среднее артериальное давление; ДАД — диастолическое артериальное давление; ЛПИ — лодыечно-плечевой индекс; САД — систолическое артериальное давление; М — среднее значение; Ме — медиана; SD — среднеквадратичное отклонение; Q1 — первый квартиль; Q3 — третий квартиль; CAVI (cardio-ankle vascular index) — сердечно-лодыжечный сосудистый индекс; haPWV (heart-ankle pulse wave velocity) — сердечно-лодыжечная скорость распространения пульсовой волны; haSTART (heart-ankle STiffness of ARTeries) — сердечно-лодыжечный индекс артериальной жесткости.

ки материалов был применен пакет статистических программ IBM SPSS 27.0.1.

### Результаты

При проведении корреляционного анализа наблюдалась сильная связь между CAVI и haSTART ( $r = 0,97$ ,  $p < 0,001$ ), график разброса представлен на рисунке 1. Коэффициент внутриклассовой корреляции (ICC) составил 0,848 (95% ДИ 0,756–0,905,  $F = 6,56$ ,  $p < 0,001$ ). Это свидетельствует о схожих результатах коррекции скорости распространения пульсовой волны по уровню АД при определении CAVI и haSTART.

Результаты корреляционного анализа CAVI и haSTART с параметрами легочной функции приведены в таблице 4, с антропометрическими данными и средним АД (АД<sub>ср</sub>) — в таблице 5.

При проведении корреляционного анализа с использованием коэффициента корреляции Спирмена (то есть без учета влияния прочих факторов) наблюдалась статистически значимая связь индексов CAVI и haSTART с параметрами легочной вентиляции и с ИМТ. Связь была отрицательной с ОФВ1, ОФВ1/ФЖЕЛ и с ИМТ и положительной с ФОЕ, ООЛ, ОЕЛ, ООЛ/ОЕЛ. Ни возраст, ни уровень АД<sub>ср</sub>

статистически значимо не коррелировали с CAVI и haSTART при использовании коэффициента корреляции Спирмена.

Индексы артериальной ригидности у пациентов с ХОБЛ с отсутствием АГ статистически значимо не отличались от параметров сосудистой жесткости больных АГ (для сравнения был использован критерий Манна–Уитни). В соответствующих группах индекс CAVI составил 9,3 [8,8; 9,5] и 9,4 [9,0; 10,1] ( $p = 0,269$ ), индекс haSTART — 10,5 [8,9; 11,3] и 10,5 [9,6; 12,3] ( $p = 0,397$ ).

Для более точного анализа взаимосвязей индексов артериальной ригидности с изучаемыми факторами был проведен частный корреляционный анализ.

При оценке частной корреляции индексов CAVI и haSTART с параметрами легочной вентиляции исключалось влияние возраста, ИМТ и АД<sub>ср</sub>. В таком случае сохранялась статистически значимая отрицательная частная корреляция обоих индексов артериальной ригидности с ОФВ1, ОФВ1/ФЖЕЛ и положительная — с ФОЕ, ООЛ, ОЕЛ, ООЛ/ОЕЛ, появилась отрицательная частная корреляция обоих индексов артериальной ригидности с ЖЕЛмакс и индекса CAVI с ФЖЕЛ.

Таблица 4

#### РЕЗУЛЬТАТЫ КОРРЕЛЯЦИОННОГО АНАЛИЗА ПОКАЗАТЕЛЕЙ АРТЕРИАЛЬНОЙ РИГИДНОСТИ И РЕЗУЛЬТАТОВ СПИРОМЕТРИИ И БОДИПЛЕТИЗМОГРАФИИ

Показатель	Коэффициент корреляции Спирмена		Частная корреляция	
	CAVI	haSTART	CAVI	haSTART
ОФВ1 (%Долж)	$r = -0,26$ $p = 0,028$	$r = -0,25$ $p = 0,034$	$r_{\text{ч}} = -0,39$ $p = 0,001$	$r_{\text{ч}} = -0,40$ $p = 0,001$
ФЖЕЛ (%Долж)	$r = -0,04$ $p = 0,719$	$r = -0,03$ $p = 0,779$	$r_{\text{ч}} = -0,24$ $p = 0,044$	$r_{\text{ч}} = -0,23$ $p = 0,054$
ОФВ1/ФЖЕЛ (%)	$r = -0,40$ $p = 0,001$	$r = -0,40$ $p = 0,001$	$r_{\text{ч}} = -0,36$ $p = 0,002$	$r_{\text{ч}} = -0,40$ $p = 0,001$
ЖЕЛмакс (%Долж)	$r = -0,21$ $p = 0,077$	$r = -0,20$ $p = 0,088$	$r_{\text{ч}} = -0,38$ $p = 0,001$	$r_{\text{ч}} = -0,40$ $p = 0,001$
ФОЕ (%Долж)	$r = 0,36$ $p = 0,002$	$r = 0,36$ $p = 0,003$	$r_{\text{ч}} = 0,47$ $p < 0,001$	$r_{\text{ч}} = 0,48$ $p < 0,001$
ООЛ (%Долж)	$r = 0,38$ $p = 0,001$	$r = 0,39$ $p = 0,001$	$r_{\text{ч}} = 0,48$ $p < 0,001$	$r_{\text{ч}} = 0,49$ $p < 0,001$
ОЕЛ (%Долж)	$r = 0,36$ $p = 0,002$	$r = 0,36$ $p = 0,003$	$r_{\text{ч}} = 0,28$ $p = 0,019$	$r_{\text{ч}} = 0,29$ $p = 0,017$
ООЛ/ОЕЛ (%)	$r = 0,38$ $p = 0,001$	$r = 0,36$ $p = 0,002$	$r_{\text{ч}} = 0,44$ $p < 0,001$	$r_{\text{ч}} = 0,45$ $p < 0,001$

**Примечание:** ЖЕЛмакс — максимальная жизненная емкость легких; ОЕЛ — общая емкость легких; ООЛ — остаточный объем легких; ОФВ1 — объем форсированного выдоха за первую секунду; ФЖЕЛ — форсированная жизненная емкость легких; ФОЕ — функциональная остаточная емкость легких; CAVI (cardio-ankle vascular index) — сердечно-лодыжечный сосудистый индекс; haSTART (heart-ankle STiffness of ARteries) — сердечно-лодыжечный индекс артериальной жесткости;  $r$  — коэффициент корреляции Спирмена;  $r_{\text{ч}}$  — частный коэффициент корреляции.

## РЕЗУЛЬТАТЫ КОРРЕЛЯЦИОННОГО АНАЛИЗА ПОКАЗАТЕЛЕЙ АРТЕРИАЛЬНОЙ РИГИДНОСТИ, АНТРОПОМЕТРИЧЕСКИХ ДАННЫХ И АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ

Показатель	Коэффициент корреляции Спирмена		Частная корреляция	
	CAVI	haSTART	CAVI	haSTART
Возраст	$r = 0,15$ $p = 0,211$	$r = 0,12$ $p = 0,330$	$r_c = 0,34$ $p = 0,005$	$r_c = 0,32$ $p = 0,007$
ИМТ	$r = -0,34$ $p = 0,005$	$r = -0,31$ $p = 0,010$	$r_c = -0,38$ $p = 0,001$	$r_c = -0,31$ $p = 0,010$
АДср	$r = 0,19$ $p = 0,112$	$r = 0,18$ $p = 0,137$	$r_c = 0,46$ $p < 0,001$	$r_c = 0,48$ $p < 0,001$

**Примечание:** АДср — среднее артериальное давление; ИМТ — индекс массы тела; CAVI (cardio-ankle vascular index) — сердечно-лодыжечный сосудистый индекс; haSTART (heart-ankle STiffness of ARTeries) — сердечно-лодыжечный индекс артериальной жесткости;  $r$  — коэффициент корреляции Спирмена;  $r_c$  — частный коэффициент корреляции.

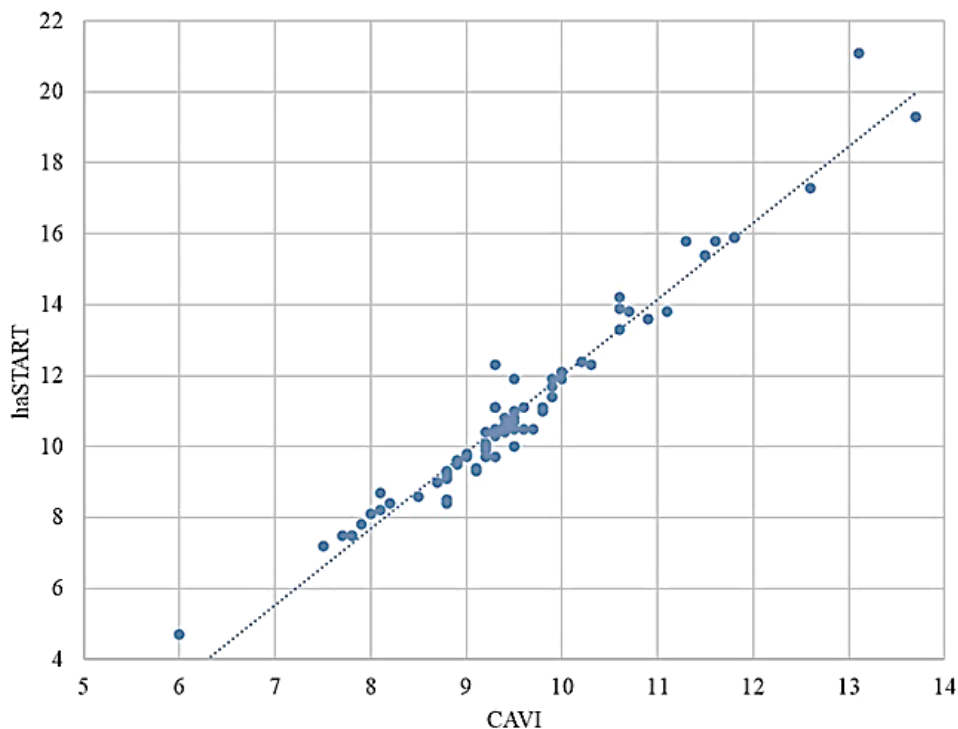
Оценка частной корреляции индексов CAVI и haSTART с возрастом проводилась при исключении влияния ИМТ, АДср, ООЛ. Нивелирование влияния вышеперечисленных факторов позволило выявить статистически значимую положительную частную корреляцию обоих индексов артериальной ригидности с возрастом.

Исключение влияния возраста, АДср, ООЛ не оказало влияния на корреляцию индексов CAVI и haSTART с ИМТ. Частная корреляция с ИМТ была отрицательной и статистически значимой.

Исключение влияния возраста, ИМТ, ООЛ позволило определить статистически значимую положительную частную корреляцию обоих параметров артериальной ригидности с АДср.

На следующем этапе исследования были построены регрессионные модели для CAVI и haSTART. В качестве независимых факторов выступали возраст, ИМТ, АДср и ООЛ:

$$\text{CAVI} = 1,530 + 0,062 \times \text{возраст} - 0,084 \times \text{ИМТ} + 0,041 \times \text{АДср} + 0,009 \times \text{ООЛ}, F = 13,94, p < 0,001, R^2 = 0,45, R^2_{\text{adj}} = 0,42.$$



**Рисунок 1.** График разброса значений haSTART относительно CAVI

**Примечание:** CAVI (cardio-ankle vascular index) — сердечно-лодыжечный сосудистый индекс; haSTART (heart-ankle STiffness of ARTeries) — сердечно-лодыжечный индекс артериальной жесткости.

$haSTART = -8,122 + 0,135 \times \text{возраст} - 0,149 \times \text{ИМТ} + 0,095 \times \text{АДср} + 0,021 \times \text{ООЛ}$ ,  $F = 12,57$ ,  $p < 0,001$ ,  $R^2 = 0,43$ ,  $R^2_{adj} = 0,40$ .

Условные обозначения:  $R^2$  — коэффициент детерминации,  $R^2_{adj}$  — скорректированный коэффициент детерминации,  $F$  — критерий Фишера,  $p$  —  $p$ -значение.

Оценка коэффициентов регрессии для итоговых моделей представлена в таблицах 6 и 7. На рисунке 2 представлены графики разброса CAVI и haSTART относительно изучаемых факторов.

### Обсуждение

Определялась высокая корреляция индекса haSTART с индексом CAVI и высокая степень согласованности обоих индексов ( $ICC = 0,848$  с 95% ДИ 0,756–0,905), что свидетельствует о схожести результатов коррекции скорости распространения пульсовой волны по уровню АД при расчете данных показателей. В ранее проведенном исследовании наблюдалось усиление отклонения значений индекса haSTART от линии тренда на аналогичном графике разброса значений haSTART относительно CAVI при  $CAVI < 7$  и  $CAVI > 10$  [9]. В нашем исследовании

наблюдалась девиация значений haSTART от линии тренда при минимальных (менее 7 единиц) и максимальных (более 13 единиц) значениях CAVI. Стоит отметить, что в наше исследование были включены всего 3 пациента с настолько низкими и высокими значениями CAVI. В связи с этим затруднительно достоверно оценить выраженность отклонения значений haSTART от линии тренда при крайне низких и высоких значениях артериальной ригидности. Следовательно, требуются дополнительные исследования индекса haSTART в данных группах пациентов.

Взаимосвязь АГ и повышенного АД с артериальной ригидностью известна и хорошо изучена, однако в исследуемой нами когорте пациентов не были выявлены отличия в уровнях артериальной ригидности у пациентов с ХОБЛ с отсутствием и с наличием АГ. Вероятно, это связано с влиянием на артериальную ригидность прочих факторов (возраста, параметров легочной функции, антропометрических данных и т. д.), что подтверждается результатами частного корреляционного анализа и моделями регрессии. Наблюдалась положительная частная корреляция индексов CAVI и haSTART с уровнем АДср при

Таблица 6

ОЦЕНКА КОЭФФИЦИЕНТОВ МОДЕЛИ МНОЖЕСТВЕННОЙ РЕГРЕССИИ ДЛЯ CAVI

Параметр	b	Стандартная ошибка b	95% ДИ для b	$\beta$	t	p-значение
Константа	1,530	2,1475	-2,757–5,816		0,71	0,479
Возраст	0,062	0,0213	0,02–0,105	0,283	2,93	0,005
ИМТ	-0,084	0,0250	-0,134...-0,035	-0,328	-3,38	0,001
АДср	0,041	0,0095	0,022–0,06	0,402	4,29	< 0,001
ООЛ	0,009	0,0021	0,005–0,013	0,461	4,47	< 0,001

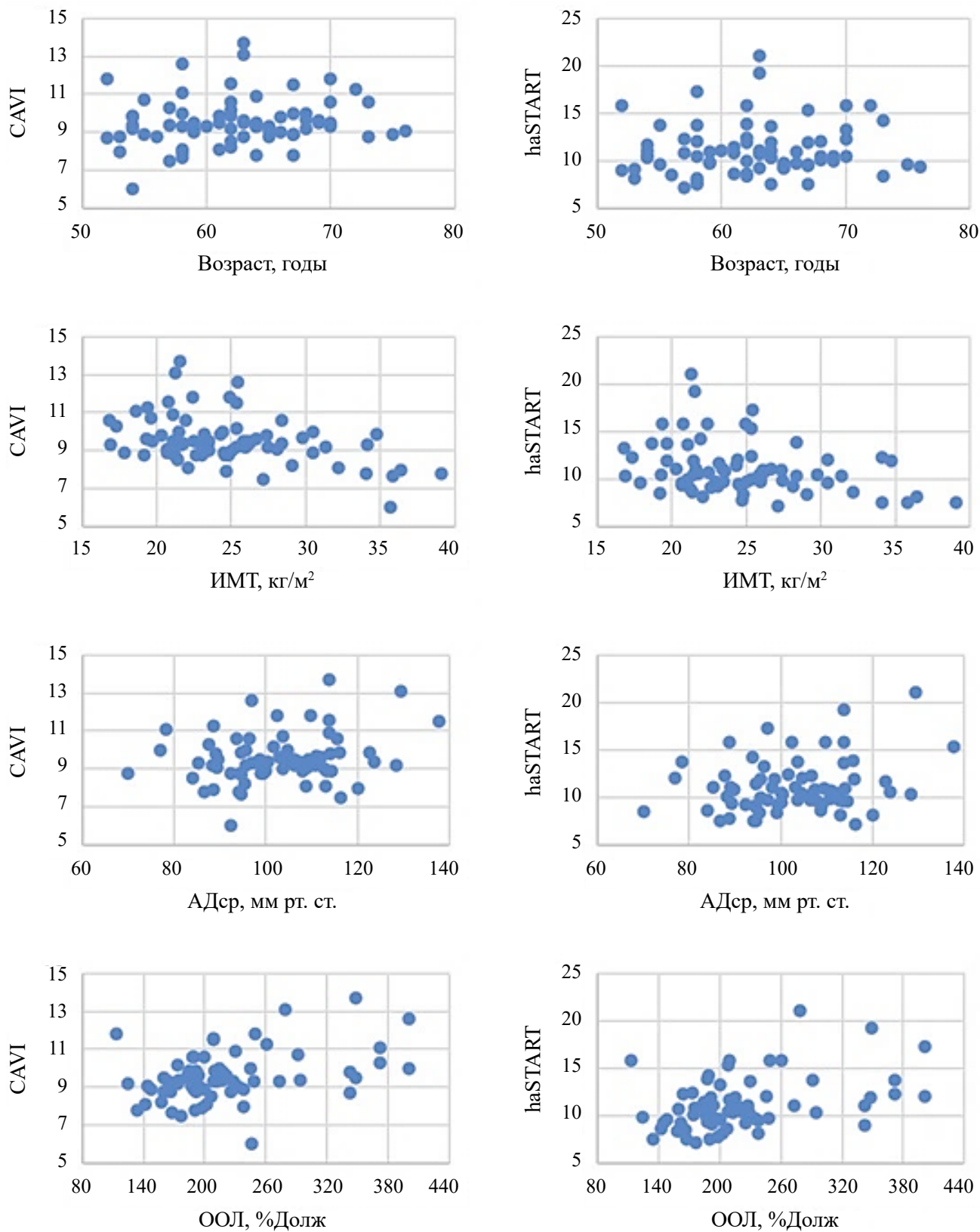
**Примечание:** АДср — среднее артериальное давление; ДИ — доверительный интервал; ИМТ — индекс массы тела; ООЛ — остаточный объем легких; b — нестандартизированный коэффициент регрессии;  $\beta$  — стандартизированный коэффициент регрессии; CAVI (cardio-ankle vascular index) — сердечно-лодыжечный сосудистый индекс; p — уровень значимости; t — t-критерий.

Таблица 7

ОЦЕНКА КОЭФФИЦИЕНТОВ МОДЕЛИ МНОЖЕСТВЕННОЙ РЕГРЕССИИ ДЛЯ haSTART

Параметр	b	Стандартная ошибка b	95 % ДИ для b	$\beta$	t	p-значение
Константа	-8,122	4,8444	-17,791–1,548		-1,68	0,098
Возраст	0,135	0,0479	0,039–0,230	0,277	2,81	0,007
ИМТ	-0,149	0,0564	-0,261...-0,036	-0,262	-2,64	0,010
АДср	0,095	0,0215	0,052–0,138	0,425	4,43	< 0,001
ООЛ	0,021	0,0047	0,012–0,031	0,483	4,57	< 0,001

**Примечание:** АДср — среднее артериальное давление; ДИ — доверительный интервал; ИМТ — индекс массы тела; ООЛ — остаточный объем легких; b — нестандартизированный коэффициент регрессии;  $\beta$  — стандартизированный коэффициент регрессии; haSTART (heart-ankle STiffness of ARTeries) — сердечно-лодыжечный индекс артериальной жесткости; p — уровень значимости; t — t-критерий.



**Рисунок 2. Графическое представление результатов регрессионного анализа**

**Примечание:** АД<sub>ср</sub> — среднее артериальное давление; ИМТ — индекс массы тела; ООЛ — остаточный объем легких; CAVI (cardio-ankle vascular index) — сердечно-лодыжечный сосудистый индекс; haSTART (heart-ankle STiffness of ARTeries) — сердечно-лодыжечный индекс артериальной жесткости.

исключении влияния возраста, ООЛ и ИМТ. Согласно построенной регрессионной модели, увеличение АД<sub>ср</sub> на 10 мм рт. ст. приводило к увеличению CAVI на 0,41 и haSTART на 0,95 единиц.

Стоит отметить, что дизайн нашей работы не позволяет оценить независимость индекса haSTART от уровня АД на момент исследования, для этого требуется дальнейшее исследование динамики haSTART при изменении АД у пациентов.

В нашем исследовании наблюдалась положительная частная корреляция индексов CAVI и haSTART с возрастом, а согласно регрессионной модели, увеличение возраста на 10 лет приводило к увеличению индекса CAVI на 0,62 и haSTART на 1,35 единиц. Полученные результаты хорошо согласуются с результатами других исследований [9, 10], в которых был показан рост артериальной ригидности с повышением возраста, что позволяет использовать индекс haSTART в качестве маркера сосудистого старения наряду с индексом CAVI. Одним из ограничений для широкого использования индекса haSTART в клинической практике на сегодняшний день является отсутствие нормативных значений для разных возрастных групп пациентов, в связи с чем требуются дополнительные исследования данного параметра артериальной ригидности.

Нами была выявлена статистически значимая отрицательная частная корреляция CAVI и haSTART с ИМТ. По результатам регрессионной модели более высокому ИМТ соответствовали более низкие значения индексов артериальной ригидности. Полученные результаты не противоречат ранее опубликованным исследованиям в данной области. В частности, показано снижение CAVI у лиц с метаболическим синдромом при увеличении окружности талии [11]. Отрицательная корреляция CAVI с ИМТ была получена японскими исследователями при обследовании здоровой популяции. Такие взаимосвязи авторы объясняют снижением жесткости артерий при накоплении жировой ткани у лиц без ожирения и с ожирением без метаболических нарушений за счет более высоких метаболических резервов, меньшей кахексии, ослабления реакции на ренин-ангиотензин-альдостероновую систему, увеличения мышечной силы, результатов кардиореспираторной тренировки [12]. Описан так называемый «парадокс ожирения», заключающийся в повышении выживаемости пациентов с уже развившимися сердечно-сосудистыми заболеваниями, в частности, с сердечной недостаточностью [13]. Одним из объяснений данного феномена является влияние защитных цитокинов и особенностей нейроэндокринного профиля у пациентов с ожирением [14].

Повышение индекса CAVI у пациентов с ХОБЛ при прогрессировании вентиляционных наруше-

ний выявлялось ранее и другими исследователями [15]. Аналогичные результаты были получены в настоящей работе, показана связь индекса CAVI, отражающего атеросклероз [16], с нарушениями легочной функции. Наличие такой взаимосвязи можно объяснить комплексом причин. Во-первых, немаловажную роль играет общность факторов риска развития ХОБЛ и повышения артериальной ригидности, основной из которых является курение. Кроме того, гипоксемия и персистирующее воспаление могут приводить к повышению жесткости сосудистой стенки [17, 18].

Стоит отметить, что оценивались результаты спирометрии и бодиплетизмографии на фоне максимальной бронходилатации, то есть при нивелировании функционального компонента вентиляционных нарушений. В таком случае можно говорить о том, что измерения параметров спирометрии и бодиплетизмографии обусловлены морфологическими изменениями легких при ХОБЛ. Индексы артериальной ригидности haSTART и CAVI значимо коррелировали с одинаковыми параметрами легочной функции, наблюдалась схожая направленность связей. Выявленные закономерности предполагают возможность использования haSTART в качестве одного из маркеров морфологических изменений, происходящих в организме пациента с бронхообструктивной патологией, наравне с индексом CAVI.

### Выводы

1. Статистически значимая положительная частная корреляция индексов haSTART и CAVI с возрастом позволяет их использовать в качестве маркера сосудистого старения у пациентов с ХОБЛ.
2. Выявлены схожие паттерны корреляции обоих индексов артериальной ригидности с возрастом, ИМТ, уровнем АД и с параметрами легочной вентиляции.
3. Сильная корреляция и высокая согласованность между CAVI и haSTART свидетельствуют о схожих результатах коррекции скорости распространения пульсовой волны по уровню АД при расчете данных индексов.

### Конфликт интересов / Conflict of interest

Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов. / The authors declare no conflict of interest.

### Список литературы

1. Авдеев С. Н., Лещенко И. В., Игнатова Г. Л., Антонов В. Н., Костина Н. Э., Кочегарова Е. Ю. и др. Бремя тяжелых обострений, их связь с клиническими исходами и использованием ресурсов здравоохранения в российской популяции пациентов с хронической обструктивной болезнью легких: субанализ российской популяции международного исследования EXACOS International. *Пульмонология*. 2024;34(3):427–440. <https://doi.org/10.18093/0869-0189-2024-34-3-427-440>

Avdeev SN, Leshchenko IV, Ignatova GV, Antonov VN, Kostina NE, Kochegarova EU, et al. The burden of severe exacerbations, their relationship to clinical outcomes and the use of health resources in the Russian population of patients with chronic obstructive pulmonary disease: a subanalysis of the Russian population of EXACOS International Study. *Pulmonologiya*. 2024;34(3):427–440 (In Russ.) <https://doi.org/10.18093/0869-0189-2024-34-3-427-440>

2. Alter P, Lucke T, Watz H, Andreas S, Kahnert K, Trudzin-ski FC, et al. Cardiovascular predictors of mortality and exacerbations in patients with COPD. *Sci Rep*. 2022;12(1):21882. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-25938-0>

3. Mitchell GF, Hwang SJ, Vasal RS, Larson MG, Pencina MJ, Hamburg NM, et al. Arterial stiffness and cardiovascular events: the Framingham Heart Study. *Circulation*. 2010;121(4):505–511. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.109.886655>

4. Laurent S, Cockcroft J, van Bortel L, Boutouyrie P, Giannatasio C, Hayoz D, et al. Expert consensus document on arterial stiffness: methodological issues and clinical applications. *Eur Heart J*. 2006;27(21):2588–2605. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehl254>

5. Hayashi K, Yamamoto T, Takahara A, Shirai K. Clinical assessment of arterial stiffness with cardio-ankle vascular index: theory and applications. *J Hypertens*. 2015;33(9):1742–1757. <https://doi.org/10.1097/HJH.0000000000000651>

6. Safronova T, Kravtsova A, Vavilov S, Leon C, Bragina A, Milyagin V, et al. Model-based assessment of the reference values of CAVI in healthy Russian population and benchmarking with CAVI0. *American Journal of Hypertension*. 2024;37(1):77–84. <https://doi.org/10.1093/ajh/hpad082>

7. Подзолков В. И., Сафронова Т. А., Васюк Ю. А., Котовская Ю. В., Кисляк О. А., Стародубова А. В. и др. Диагностика артериальной жесткости с помощью сердечно-лодыжечного сосудистого индекса. Согласованное мнение экспертов. *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. 2025;24(8):4481. <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2025-4481>

Podzolkov VI, Safronova TA, Vasyuk YuA, Kotovskaya YuV, Kislyak OA, Starodubova AV, et al. Diagnosis of arterial stiffness using the cardio-ankle vascular index. Expert consensus. *Cardiovascular Therapy and Prevention*. 2025;24(8):4481. (In Russ.) <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2025-4481>

8. Бахолдин И. Б., Милягин В. А., Талов А. В., Тентюков Д. Е. Индекс Stelari START — новый перспективный показатель сосудистой жесткости. *Вестник Смоленской государственной медицинской академии*. 2022;21(3):96–103. <https://doi.org/10.37903/vsgma.2022.3.11>

Bakholdin IB, Milyagin VA, Talov AV, Tentyukov DE. The Stelari Start index is a new promising indicator of vascular stiffness. *Vestnik Smolenskoy Gosudarstvennoy Meditsinskoy Akademii*. 2022;21(3):96–103. (In Russ.) <https://doi.org/10.37903/vsgma.2022.3.11>

9. Васютин И. А., Леон К., Сафронова Т. А., Бахолдин И. Б., Баркан В. С., Милягин В. А. и др. Сравнение нового индекса жесткости сосудистой стенки START с индексом CAVI, оценка их значений и корреляций с клиническими показателями. *Российский кардиологический журнал*. 2023;28(1):5272. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2023-5272>

Vasyutin IA, Leon K, Safronova TA, Bakholdin IB, Barkan VS, Milyagin VA, et al. Comparison of the novel START vascular stiffness index with the CAVI index, assessment of their values and correlations with clinical parameters. *Russian Journal of Cardiology*. 2023;28(1):5272. (In Russ.) <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2023-5272>

10. Недогода С. В., Саласюк А. С., Барыкина И. Н., Ледяева А. А., Цома В. В., Лутова В. О. и др. Использование нового национального индекса жесткости сосудистой стенки Start в диагностике синдрома раннего сосудистого старения у пациентов с метаболическим синдромом. *Профилактиче-*

*ская медицина*. 2023;26(3):115–122. <https://doi.org/10.17116/profmed202326031115>

Nedogoda SV, Salasyuk AS, Barykina IN, Ledyeva AA, Tsoma VV, Lutova VO, et al. The use of the novel Start national vascular wall stiffness index in the diagnosis of early vascular aging in patients with metabolic syndrome. *Russian Journal of Preventive Medicine*. 2023;26(3):115–122. (In Russ.) <https://doi.org/10.17116/profmed202326031115>

11. Topouchian J, Labat C, Gautier S, Bäck M, Achimastos A, Blacher J, et al. Effects of metabolic syndrome on arterial function in different age groups: the Advanced Approach to Arterial Stiffness study. *J Hypertens*. 2018;36(4):824–833. <https://doi.org/10.1097/HJH.0000000000001631>

12. Nagayama D, Imamura H, Sato Y, Yamaguchi T, Ban N, Kawana H, et al. Inverse relationship of cardioankle vascular index with BMI in healthy Japanese subjects: a cross-sectional study. *Vasc Health Risk Manag*. 2016;13:1–9. <https://doi.org/10.2147/VHRM.S119646>

13. Curtis JP, Selter JG, Wang Y, Rathore SS, Jovin IS, Jadbabaie F, et al. The obesity paradox: body mass index and outcomes in patients with heart failure [published correction appears in Arch Intern Med. 2008 Mar 24;168(6):567]. *Arch Intern Med*. 2005;165(1):55–61. <https://doi.org/10.1001/archinte.165.1.55>

14. Lavie CJ, Milani RV, Ventura HO. Obesity and cardiovascular disease: risk factor, paradox, and impact of weight loss. *J Am Coll Cardiol*. 2009;53(21):1925–1932. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2008.12.068>

15. Oishi K, Yasui H, Inoue Y, Hozumi H, Suzuki Y, Karayama M, et al. The role of arterial stiffness as assessed by the cardio-ankle vascular index in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Respir Med*. 2025;241:108078. <https://doi.org/10.1016/j.rmed.2025.108078>

16. Mitchell GF, Powell JT. Arteriosclerosis: a primer for “In Focus” reviews on arterial stiffness. *Arterioscler Thromb Vasc Biol*. 2020;40(5):1025–1027. <https://doi.org/10.1161/ATVBAHA.120.314208>

17. Hua Q, Meng X, Chen W, Xu Y, Xu R, Shi Y, et al. Associations of short-term ozone exposure with hypoxia and arterial stiffness. *J Am Coll Cardiol*. 2025;85(6):606–621. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2024.11.044>

18. Nilsson Wadström B, Persson M, Engström G, Nilsson PM. Aortic stiffness, inflammation, and incidence of cardiovascular events in elderly participants from the general population. *Angiology*. 2022;73(1):51–59. <https://doi.org/10.1177/00033197211017406>

#### Вклад авторов

В. М. Царёва — разработка концепции и дизайна исследования, анализ данных, научное редактирование и утверждение текста рукописи; Д. А. Пунин — разработка концепции и дизайна исследования, сбор, анализ и статистическая обработка данных, написание текста рукописи, утверждение текста рукописи; А. А. Пунин — разработка концепции и дизайна исследования, анализ данных, научное редактирование и утверждение текста рукописи; Л. Л. Лямец — анализ и статистическая обработка данных, научное редактирование и утверждение текста рукописи. Все авторы прочли, одобрили финальную версию и выразили согласие с подачей ее на рассмотрение в журнал, а также утвердили исправленную версию.

#### Author contributions

V. M. Tsareva — development of study concept and design, data analysis, scientific editing and approval of the manuscript; D. A. Punin — development of study concept and design, data collection, analysis, and statistical processing, writing of the manuscript, approval of the manuscript; A. A. Punin — development of study concept and design, data analysis, scientific editing and

approval of the manuscript; L. L. Lyamets — data analysis and statistical processing, scientific editing and approval of the manuscript. All authors have approved the final version of the manuscript and its submission to the journal, as well as the revised version.

#### Информация об авторах

Царёва Валентина Михайловна — доктор медицинских наук, доцент, заведующая кафедрой терапии, ультразвуковой и функциональной диагностики факультета ДПО ФГБОУ ВО «Смоленский государственный медицинский университет» Минздрава России, <https://orcid.org/0000-0003-0835-3073>, e-mail: [tsarev.al@mail.ru](mailto:tsarev.al@mail.ru);

Пунин Денис Александрович — кандидат медицинских наук, ассистент кафедры терапии, ультразвуковой и функциональной диагностики факультета ДПО ФГБОУ ВО «Смоленский государственный медицинский университет» Минздрава России, <https://orcid.org/0000-0003-3424-4540>, e-mail: [pun.92.work@gmail.com](mailto:pun.92.work@gmail.com);

Пунин Александр Алексеевич — доктор медицинских наук, заведующий кафедрой факультетской терапии ФГБОУ ВО «Смоленский государственный медицинский университет» Минздрава России, <https://orcid.org/0000-0001-9883-8378>, e-mail: [pun.92.work@gmail.com](mailto:pun.92.work@gmail.com);

Лямец Леонид Леонидович — кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой физики, математики и медицинской информатики ФГБОУ ВО «Смоленский государственный медицинский университет» Минздрава России, <https://orcid.org/0000-0002-9173-3044>, e-mail: [lll190965@yandex.ru](mailto:lll190965@yandex.ru).

#### Author information

Valentina M. Tsareva, MD, PhD, Dsc, Associate Professor, Head, Department of Therapy, Ultrasound and Functional Diagnostics, Faculty of Continuing Professional Education, Smolensk State Medical University, <https://orcid.org/0000-0003-0835-3073>, e-mail: [tsarev.al@mail.ru](mailto:tsarev.al@mail.ru);

Denis A. Punin, MD, PhD, Assistant, Department of Therapy, Ultrasound and Functional Diagnostics, Faculty of Continuing Professional Education, Smolensk State Medical University, <https://orcid.org/0000-0003-3424-4540>, e-mail: [pun.92.work@gmail.com](mailto:pun.92.work@gmail.com);

Aleksandr A. Punin, MD, PhD, Professor, Head, Department of Internal Diseases, Smolensk State Medical University, <https://orcid.org/0000-0001-9883-8378>, e-mail: [001e316@mail.ru](mailto:001e316@mail.ru);

Leonid L. Lyamets, PhD, Associate Professor, Head, Department of Physics, Mathematics and Medical Informatics, Smolensk State Medical University, <https://orcid.org/0000-0002-9173-3044>, e-mail: [lll190965@yandex.ru](mailto:lll190965@yandex.ru).