

# Ассоциации артериальной жесткости и минеральной плотности кости у женщин в постменопаузальный период

Исайкина О.Ю.\*, Скрипникова И.А., Колчина М.А., Косматова О.В., Новиков В.Е., Цориев Т.Т.

Национальный медицинский исследовательский центр терапии и профилактической медицины, Москва, Россия

**Цель.** Изучить ассоциацию между жесткостью артерий и минеральной плотностью кости у женщин в постменопаузальный период.

**Материал и методы.** В одномоментное исследование включено 327 женщин от 45 до 90 лет, наблюдавшихся амбулаторно и подписавших информированное согласие. Критерием включения считалось наличие менопаузы  $\geq 1$  года. Толщина комплекса интима-медиа (КИМ), наличие и количество атеросклеротических бляшек (АСБ) исследовались с помощью дуплексного сканирования. Оценка скорости распространения пульсовой волны (СРПВ), индекса аугментации (ИА) проводилась методом аппланационной тонометрии. Минеральная плотность кости (МПК) позвоночника, шейки бедра (ШБ) и проксимального отдела бедра (ПОБ) измерялась с помощью двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрии.

**Результаты.** Выявлена значимая корреляция СРПВ с возрастом, длительностью менопаузы, более выраженная корреляция отмечена с артериальным давлением (АД), максимальной толщиной КИМ. Не получено значимой корреляции СРПВ с показателями, отражающими степень остеопороза (Т-критерий, МПК). Для ИА отмечена статистически значимая, но слабая отрицательная корреляция с ШБ ( $rs=0,12$ ,  $p<0,05$ ); более выраженная отрицательная корреляция была получена для МПК ( $rs=0,16$ ,  $p<0,01$ ). Для показателей, характеризующих степень снижения костной массы, отмечается наличие значимой корреляции с возрастом ( $rs=-0,4$ ,  $p<0,01$ ), с весом ( $rs=0,4$ ,  $p<0,01$ ), индексом Кетле ( $rs=0,3$ ,  $p<0,01$ ) и наличием АСБ ( $rs=-0,12$ ,  $p<0,05$ ). По результатам многофакторного регрессионного анализа наиболее значимыми предикторами жесткости артерий были показатели, отражающие ожирение (вес, индекс Кетле) и диастолическое АД (ДАД). Связь между МПК и жесткостью сосудов с поправкой на возраст не достигала статистической значимости.

**Заключение.** По данным нашего исследования женщины в постменопаузальном периоде имеют повышенную жесткость артерий, что позволяет предположить у них более высокий риск сердечно-сосудистых заболеваний. Связь минеральной плотности костной ткани с жесткостью сосудистой стенки была незначительной. В большей степени артериальная жесткость зависела от возраста, повышения АД, наличия атеросклеротических изменений.

**Ключевые слова:** артериальная жесткость, скорость распространения пульсовой волны, индекс аугментации, минеральная плотность кости, остеопороз, атеросклероз, постменопаузальный период, женщины.

**Для цитирования:** Исайкина О.Ю., Скрипникова И.А., Колчина М.А., Косматова О.В., Новиков В.Е., Цориев Т.Т. Ассоциации артериальной жесткости и минеральной плотности кости у женщин в постменопаузальный период. *Рациональная Фармакотерапия в Кардиологии* 2023;19(1):11-16. DOI:10.20996/1819-6446-2023-02-02.

## Associations of Arterial Stiffness and Bone Mineral Density in Postmenopausal Women

Isaykina O.Yu.\*, Skripnikova I.A., Kolchina M.A., Kosmatova O.V., Novikov V.E., Tsoriev T.T.  
National Medical Research Center for Therapy and Preventive Medicine, Moscow, Russia

**Aim.** To study associations between arterial stiffness and bone mineral density in postmenopausal women.

**Material and methods.** The intima-media thickness (IMT), the presence and number of atherosclerotic plaques (AP) were studied using duplex scanning. Pulse wave velocity (PWV), augmentation index (AI) were measured by applanation. The Bone mineral density (BMD) of the spine, hip neck (HN) and proximal hip (PH) was measured using double energy x-ray absorptiometry.

**Results.** A significant correlation of PWV with age, duration of menopause was revealed, a more pronounced correlation was noted with blood pressure (BP), maximum IMT thickness. There was no significant correlation between PWV and BMD. AI showed a statistically significant but weak negative correlation with the HN ( $rs=0,12$ ,  $p<0,05$ ); a more pronounced negative correlation was obtained for BMD ( $rs=0,16$ ,  $p<0,01$ ). For indicators characterizing the degree of bone mass increased, there is a significant correlation with age ( $rs=-0,4$ ,  $p<0,01$ ), weight ( $rs=0,4$ ,  $p<0,01$ ), Quetelet index ( $rs=0,3$ ,  $p<0,01$ ) and the presence of AP ( $rs=-0,12$ ,  $p<0,05$ ). According to the results of multivariate regression analysis, the most significant predictors of arterial stiffness were indicators reflecting obesity and diastolic BP. The relationship between BMD and age-adjusted vascular stiffness was not statistically significant.

**Conclusion.** In our study, postmenopausal women have increased arterial stiffness, suggesting a higher risk of cardiovascular disease. The relationship between bone mineral density and vascular wall stiffness was insignificant. To a greater extent, arterial stiffness depended on age, increased blood pressure, and the presence of atherosclerotic changes.

**Key words:** arterial stiffness, pulse wave velocity, augmentation index, bone mineral density, osteoporosis, atherosclerosis, postmenopausal period, women.

**For citation:** Isaykina O.Yu., Skripnikova I.A., Kolchina M.A., Kosmatova O.V., Novikov V.E., Tsoriev T.T. Associations of Arterial Stiffness and Bone Mineral Density in Postmenopausal Women. *Rational Pharmacotherapy in Cardiology* 2023;19(1):11-16. DOI:10.20996/1819-6446-2023-02-02.

\*Corresponding Author (Автор, ответственный за переписку): oisaykina@gnicpm.ru

Received/Поступила: 08.12.2022

Accepted/Принята в печать: 24.01.2023

## Введение

Сердечно-сосудистые заболевания (ССЗ), обусловленные атеросклерозом (АС), и остеопороз (ОП) являются основными причинами заболеваемости и смертности у женщин в постменопаузе. АС и ОП — хронические дегенеративные заболевания, частота которых увеличивается с возрастом. ОП характеризуется снижением минеральной плотности кости (МПК) и является основным, но не единственным фактором риска низкотравматичных переломов. Остеопоротические переломы, особенно переломы бедра, способствуют ограничению подвижности, снижению качества жизни и увеличению смертности среди пожилых людей. Возрастное снижение МПК у женщин обычно ускоряется после наступления менопаузы, вызывая увеличение заболеваемости ОП до 30% [1].

Предполагается, что взаимосвязь между АС и ОП основана не только на общих факторах риска (ФР), таких как возраст, курение, недостаточная физическая активность, дислипидемия, дефицит эстрогенов у женщин, недостаточность витаминов D и K, артериальная гипертензия, сахарный диабет, почечная недостаточность, гипергомоцистеинемия, но и на общих патофизиологических механизмах развития, включающие системное воспаление [2].

Ассоциации между АС и ОП показаны в ряде исследований, что позволяет предположить взаимосвязь нарушений МПК и развития кальцификации стенок сосудов [4,5]. Имеются доказательства, что отложение кальция в стенке артерии имеет сходные гистоморфологические характеристики и механизмы развития с минерализацией костной ткани [6]. Ассоциация между АС и ОП наиболее выражено проявляется у женщин в постменопаузальном периоде, когда в условиях дефицита эстрогенов снижается способность эндотелиальных клеток продуцировать оксид азота, поддерживающего эластичность артерий и оказывающего стимулирующее действие на остеобласты, что одновременно приводит к эндотелиальной дисфункции и нарушениям костного метаболизма [3].

Существует достаточно много сведений о том, что сердечно-сосудистые ФР связаны с повышением артериальной жесткости. Увеличение жесткости сосудов является доказанным предиктором сердечно-сосудистой и общей смертности [7-9]. Артериальная жесткость отражает структурные и клеточные изменения в сосудистой стенке, ее повышение отмечается уже на субклинической стадии АС [10]. Современные неинвазивные методы позволяют количественно оценить суррогатные маркеры раннего АС на доклинической стадии. К таким параметрам относятся: толщина комплекса интима-медиа (КИМ), жесткость сосудов, определяемая по скорости распространения каротидно-

фemorальной пульсовой волны и скорректированного индекса аугментации [11].

Имеются единичные исследования по изучению жесткости артерий, как маркера ССЗ и ОП. Данные, полученные в этих работах, носят неоднозначный характер [12]. Недостаток информации о взаимосвязи сосудистой жесткости и ОП послужил основанием для проведения данной работы.

Цель исследования — изучить ассоциацию между жесткостью артерий и МПК у женщин в постменопаузальный период.

## Материал и методы

В одномоментное исследование включено 327 женщин от 45 до 90 лет, наблюдавшихся амбулаторно в ФГБУ «НМИЦ ТПМ» Минздрава России и подписавших информированное согласие. Критерием включения считалось наличие менопаузы  $\geq 1$  года. В исследование не включались пациентки с любыми клиническими проявлениями АС, злокачественными заболеваниями, с заболеваниями, вызывающие вторичный ОП, принимающие препараты, влияющие на костный обмен и на показатели сосудистой жесткости: антиостеопоротические средства, глюкокортикоиды, гиполипидемические средства, бета-адреноблокаторы, ингибиторы ангиотензинпревращающего фермента, тиазидные диуретики; после оперативных вмешательств на позвоночнике и тазобедренных суставах, сопровождающихся установкой металлоконструкций.

Обследование включало опрос по стандартной анкете, трехкратное измерение АД, подсчет пульса, антропометрические измерения (рост, вес, окружность талии и бедер). Индекс массы тела (ИМТ) рассчитывался по формуле  $\text{вес (кг)}/\text{рост (м)}^2$ . Избыточную массу тела диагностировали при  $\text{ИМТ} \geq 25$  и  $< 30$   $\text{кг}/\text{м}^2$ , ожирение — при  $\text{ИМТ} \geq 30$   $\text{кг}/\text{м}^2$ , низкую массу тела при  $\text{ИМТ} \leq 20$   $\text{кг}/\text{м}^2$ . Оценку суммарного риска развития фатальных ССЗ в ближайшие 10 лет проводили с помощью шкалы SCORE (Systematic Coronary Risk Evaluation) для стран с высоким риском ССЗ (к которым относится и Россия).

МПК исследовалась методом двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрии (ДЭРА) на аппарате Hologic (Delphi W) в поясничных позвонках (L1-L4), шейке бедра (ШБ) и проксимальном отделе бедренной кости (ПОБ). Результаты оценивались как в абсолютных значениях ( $\text{г}/\text{см}^2$ ), так и в величинах стандартного отклонения (SD) от пика костной массы (Т-критерий). Диагноз «остеопороз» устанавливали при Т-критерии  $-2,5$  SD и ниже. Были выделены две группы: I — с нормальным уровнем МПК (без ОП) и II — с ОП.

Показатели субклинического АС: толщина КИМ, наличие и количество атеросклеротических бляшек (АСБ), степень стеноза сонных артерий исследовались

с помощью дуплексного сканирования магистральных сосудов шеи. Значения  $>0,9$  мм принимались за повышение толщины КИМ. АСБ определяли, как фокальное утолщение стенки сосуда  $>50\%$  по сравнению с окружающими участками стенки сосуда или как фокальное утолщение КИМ  $>1,5$  мм, выступающее в просвет сосуда.

Измерение жесткости артериальной стенки проводилось методом аппланационной тонометрии с помощью прибора SphygmoCor (AtCor Medical, West Ryde, NSW, Австралия). СРПВ вычисляли с использованием времени прохождения волны между точками регистрации, определяемого с помощью зубца R на ЭКГ. Пороговым значением согласно Консенсусу экспертов по артериальной жесткости была признана величина СРПВ  $>10$  м/с [13]. Для вычисления индекса аугментации (ИА) использовалась запись сфигмограммы лучевой артерии с последующим математическим преобразованием с помощью передаточной функции.

Статистическая обработка результатов проводилась с использованием пакета прикладных статистических программ SPSS 2.0. Описательные статистики представлены средним значением (M) и стандартным отклонением (SD) или медианой (Me) и межквартильным размахом (25%; 75%), частотой. Проверку непрерывных переменных на соответствие закону нормального распределения проводили с помощью теста Колмогорова-Смирнова, учитывались показатели эксцесса и асимметрии. Сравнение средних переменных, не подчиняющихся нормальному распределению, выполнялось с применением непараметрического U-критерия Манна-Уитни. Возможная взаимосвязь между показателями субклинического АС, сосудистой жесткости с МПК была оценена с помощью корреляционного анализа с определением критерия Спирмена (rs), с последующим регрессионным анализом, в том числе многомерным (ANOVA и автоматизированного линейного моделирования, с оценкой значимости предикторов). Для определения степени значимости различий было принято значение  $p < 0,05$ , как статистически значимое.

## Результаты

Средний возраст женщин составил  $58,9 \pm 6,9$  лет, продолжительность постменопаузы  $9,5 \pm 7,3$  лет. В общей группе женщин избыточная масса тела выявлена у 75 (23% случаев), ожирение – у 79 (24,2%), курение – у 40 (12,2%), АГ 1-й степени – у 73 (22,3%) пациенток, не принимавших регулярно антигипертензивную терапию. Клинико-инструментальная характеристика исследуемых представлена в табл. 1.

Группы с или без ОП были сопоставимы по уровню систолического (САД) и диастолического АД (ДАД),

**Table 1. Clinical and instrumental characteristics of patients (n=327)**

**Таблица 1. Клинико-инструментальная характеристика пациентов (n=327)**

Параметр	Значение
Возраст, лет	59 (54; 63)
Длительность менопаузы, лет	8 (3;14)
Вес, кг	68,0 (62,0;78,1)
Рост, м	162,0 (158,5; 166,1)
ИМТ, кг/м <sup>2</sup>	25,8 (23,5; 29,3)
САД, мм рт.ст.	125 (117; 135)
ДАД, мм рт.ст.	77 (70; 83)
СРПВ, м/с	8,6 (7,5; 10,7)
ИА, %	28 (21; 34)
Наибольшая толщина КИМ, мм	1,0 (0,7; 1,3)
Наличие АСБ, %	64
Т-критерий L1-L4	-1,7 (-0,7; -2,6)
МПК L1-L4, г/см <sup>2</sup>	-0,9 (-0,8; -0,99)
Т-критерий ШБ	-1,3 (-0,7; -1,9)
МПК ШБ, г/см <sup>2</sup>	0,72 (0,65; 0,8)
Т-критерий ПОБ	-0,9 (-0,5; -1,5)
МПК ПОБ, г/см <sup>2</sup>	0,86 (0,78; 0,96)

Данные представлены в виде Me (25%; 75%), если не указано иное  
 ИМТ – индекс массы тела, САД – систолическое артериальное давление, ДАД – диастолическое артериальное давление, СРПВ – скорость распространения пульсовой волны, ИА – индекс аугментации, КИМ – комплекс интима-медиа, АСБ – атеросклеротическая бляшка, МПК – минеральная плотность кости, ШБ – шейка бедра, ПОБ – проксимальный отдел бедра

частоте курения, но различались по возрасту, ИМТ и продолжительности постменопаузы (табл. 2). Кроме того, группы существенно не различались по морфологическим характеристикам сосудистой стенки, статистическая значимость различия была выявлена только у показателя жесткости сосудов (ИА).

При проведении корреляционного анализа выявлена значимая корреляция СРПВ с возрастом ( $rs=0,2$ ,  $p < 0,01$ ), длительностью менопаузы ( $rs=0,18$ ,  $p < 0,01$ ), более выраженная корреляция отмечена с САД ( $rs=0,3$ ,  $p < 0,01$ ), ДАД ( $rs=0,3$ ,  $p < 0,01$ ), максимальной толщиной КИМ ( $rs=0,34$ ,  $p < 0,01$ ). Не получено значимой корреляции с показателями, отражающими степень ОП (Т-критерий, МПК) и наличием курения. Для показателя жесткости сосудов (ИА), отмечена статистически значимая, но слабая отрицательная корреляция с Т-критерием позвоночника и шейки бедра ( $rs=0,12$ ,  $p < 0,05$ ); более выраженная отрицательная корреляция была получена для абсолютных значений МПК ( $rs=0,16$ ,  $p < 0,01$ ). Выявлено также наличие значимой корреляции с весом ( $rs=0,2$ ,  $p < 0,05$ ), с САД и ДАД ( $rs=0,16$ ,  $p < 0,01$ ), и наличием АСБ ( $rs=0,12$ ,  $p < 0,05$ ).

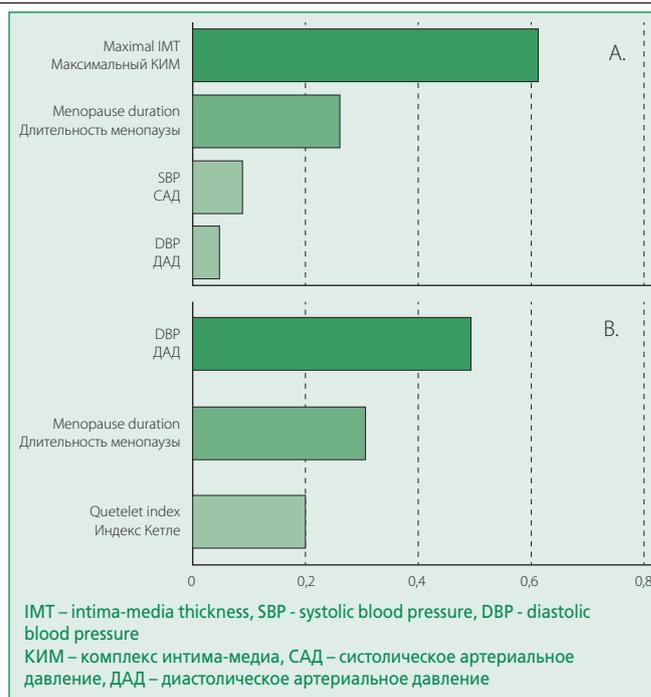
**Table 2. Comparative characteristics of the studied parameters depending on bone mineral density**  
**Таблица 2. Сравнительная характеристика исследуемых параметров в зависимости от МПК**

Параметры	Без остеопороза (n=223)	Группа с остеопорозом (n=104)
Возраст, лет	58,0 (53,0; 62,0)	61,0 (56,0; 65,8)***
Длительность менопаузы, лет	6 (3; 12)	10,5 (6,0; 17,0)***
Вес, кг	71,0 (63,0; 81,3)	63,0 (57,1; 69,8)***
Рост, см	162,5 (159,0; 167,0)	160,0 (157,4; 164,5)**
ИМТ, кг/м <sup>2</sup>	26,9 (24,3; 30,5)	24,7 (22,3; 27,2)***
САД, мм рт.ст.	125 (118; 134)	124 (115; 135)
ДАД, мм рт.ст.	78,0 (70,0; 83,0)	76,0 (69,0; 81,8)
SCORE, %	1 (1; 2)	2 (1; 3)**
СРПВ, м/с	8,8 (7,5; 10,6)	8,6 (7,4; 11,05)
ИА, %	27 (21; 34)	30 (24; 35)*

Данные представлены в виде Me (25%; 75%)

\* - p<0,05, \*\* - p<0,01, \*\*\* - p<0,001 по сравнению с аналогичным показателем в противоположной группе

ИМТ – индекс массы тела, САД – систолическое артериальное давление, ДАД – диастолическое артериальное давление, КИМ – комплекс интима-медиа, СРПВ – скорость распространения пульсовой волны, ИА – индекс аугментации.



**Figure 1. Determining the significance of pulse wave velocity (A) and augmentation index (B) predictors**

**Рисунок 1. Определение значимости предикторов скорости распространения пульсовой волны (A) и индекса аугментации (B)**

Для показателей, характеризующих степень снижения костной массы, отмечается наличие значимой корреляции с возрастом, наиболее выраженной для Т-критерия позвоночника ( $r_s = -0,4$ ,  $p < 0,01$ ), с весом ( $r_s = 0,4$ ,  $p < 0,01$ ), индексом Кетле ( $r_s = 0,3$ ,  $p < 0,01$ ) и наличием АСБ ( $r_s = -0,12$ ,  $p < 0,05$ ).

По результатам многофакторного регрессионного анализа (ANOVA) наиболее значимыми предикторами жесткости артерий были показатели, отражающие ожирение (вес, индексом Кетл;  $\beta = 0,6$  и  $0,5$ ;  $p < 0,0001$ ) и ДАД ( $\beta = 0,2$ ;  $p < 0,004$ ). Связь между МПК и жесткостью сосудов с поправкой на возраст не достигла статистической значимости.

При автоматизированном линейном моделировании с построением стандартной модели, было показано, что наиболее значимыми предикторами жесткости артерий (по СРПВ) были максимальная толщина КИМ (важность предиктора 61%), длительность менопаузы (важность предиктора 26%) и показатели АД (для САД – 8%; для ДАД – 4%). Для ИА наиболее значимыми предикторами были ДАД (важность предиктора 49%), длительность менопаузы (31%) и индекс Кетле (20%) (рис. 1).

Таким образом, у женщин в постменопаузальном периоде по данным нашего исследования, связь сосудистой жесткости и ОП была незначительной.

## Обсуждение

Объектом настоящего исследования были пациенты женского пола, находящиеся в постменопаузальном периоде, с низким и средним риском сердечно-сосудистых осложнений. Данная категория была присвоена участникам на основании оценки по шкале SCORE с учетом отсутствия артериальной гипертензии 2 и 3 ст., ишемической болезни сердца и наличия гемодинамически незначимого АС брахиоцефальных артерий. Нам удалось создать однородную по вышеуказанным параметрам выборку женщин, в которой сформированы 2 группы сравнения с различной МПК. Женщины с нормальной МПК имели больший ИМТ, чем пациенты со сниженной МПК, что согласуется с результатами большинства исследований, посвященных пациентам с ОП: для них характерны более низкие значения массы тела, чем у лиц без ОП [14].

Наши результаты подтверждают связь параметров сосудистой жесткости, субклинического АС и ОП с длительностью постменопаузального периода. С увеличением длительности постменопаузы отмечалось увеличение показателей жесткости артерий, толщины КИМ и снижение МПК. Хорошо известен факт потери костной ткани в периоде постменопаузы, связанной с дефицитом эстрогенов. Исследования показали наличие эстрогеновых рецепторов в стенке сосудов, по-

этому они способны напрямую регулировать не только костный метаболизм, но и оказывать влияние на процесс АС. У женщин ОП может быть предвестником развития ишемической болезни сердца [15]. Мета-анализ 25 исследований, в который вошло 10299 пациентов, показал, что частота атеросклеротических сосудистых поражений была значительно выше у пациентов с низкой МПК по сравнению с пациентами с нормальной МПК [отношение шансов (ОШ) 1,81, 95% доверительный интервал (ДИ) 1,01-2,19;  $p < 0,001$ ]. Аналогичные результаты наблюдались и у женщин в постменопаузе (ОШ 2,23, 95% ДИ 1,72-2,89;  $p < 0,001$ ), при этом ОП и АС были независимыми процессами у женщин в постменопаузе после поправки на возраст, пол, ИМТ, артериальную гипертензию и другие сосудистые ФР [4].

В нашем исследовании ОП наблюдался значимо чаще у женщин с более высоким риском ССЗ, в то время как нормальная МПК была выше в группе женщин с низким риском. Ряд исследователей относят МПК к категории предикторов поражения коронарных артерий, а низкую МПК – к более значимым, чем уровень АД и холестерина, ФР острых событий, особенно у пожилых [4].

В нашем исследовании мы оценивали параметры жесткости сосудов по основному показателю – СРПВ, измеренной на каротидно-феморальном участке и косвенному – ИА. Жесткость артерий была тесно связана с возрастом, что закономерно, поскольку процесс старения сопровождается утолщением и повышением жесткости сосудистой стенки [16]. Кроме того, артериальная жесткость была связана с АД, абдоминальным ожирением, утолщением КИМ и наличием АСБ. Если взаимосвязь между жесткостью сосудов и метаболическим синдромом, включающим АГ и ожирение, не вызывает сомнений, так как была доказана в многочисленных исследованиях [8, 17-19], то взаимоотношение между артериальной жесткостью и атеросклеротическим поражением сосудистой стенки не всегда однозначно. АС характеризуется распространенным очаговым поражением артерий, увеличение СРПВ, как маркер артериальной жесткости, может существенно различаться в зависимости от исследуемого сегмента, создавая сложности в интерпретации результатов измерения. В ряде исследований не было обнаружено корреляции между эластичностью сосудов и наличием в них атероматозных бляшек [20]. В то же время много работ, показывающих ассоциации между степенью артериальной жесткости и масштабом поражения при АС [8, 18].

Еще больше вопросов вызывает наличие связи между жесткостью сосудов и МПК. В последнее время некоторые исследователи предполагают роль жесткости артерий в связи между ССЗ и ОП [21-23]. Авторы

объясняют этот феномен влиянием дефицита эстрогенов в сочетании с продукцией воспалительных цитокинов на развитие эндотелиальной дисфункции. При этом подчеркивается, что механизмы жесткости артерий у женщин в постменопаузе могут быть более сложными [4]. В собственном исследовании сравнение в группах показало небольшое, но статистически значимое увеличение жесткости артерий только по показателю ИА в группе с ОП. Подобные данные получены ранее и у других исследователей в разных группах больных, в т.ч. у женщин с умеренным и низким риском развития ССЗ, а также у пациенток с ОП [24]. В тоже время углубленный анализ собственных результатов показал очень низкую корреляцию ИА и ОП, при отсутствии значимой связи по данным регрессионного анализа.

Существенных различий попараметру СРПВ, который считается основным показателем жесткости артерий, между группами не наблюдалось. В одной из предыдущих наших работ на группе женщин в постменопаузе ( $n=107$ ) были получены более выраженные связи жесткости сосудов с ОП [25], но при расширенном анализе эти выводы не подтвердились.

Таким образом, остается открытым вопрос, имеют ли процессы повышения жесткости сосудистой стенки и снижения костной массы общие механизмы развития или одни и те же факторы риска вносят свой вклад в возрастные изменения. Необходимы более масштабные проспективные исследования, которые позволят ответить на вопрос о связях жесткости артерий с ОП.

Ограничения исследования. Исследование является одномоментным по своему дизайну, что не позволяет оценивать полученные результаты с точки зрения причинно-следственных связей.

## Заключение

По данным нашего исследования женщины в постменопаузальном периоде имеют повышенную жесткость артерий, что позволяет предположить у них более высокий риск ССЗ. Связь МПК ткани с жесткостью сосудистой стенки незначительна. В большей степени артериальная жесткость зависела от возраста, повышения АД, наличия атеросклеротических изменений.

**Отношения и Деятельность.** Нет.  
**Relationships and Activities.** None.

**Финансирование.** Исследование проведено при поддержке Национального медицинского исследовательского центра терапии и профилактической медицины.

**Funding.** The study was performed with the support of the National Medical Research Center for Therapy and Preventive Medicine.

## References / Литература

- Rossi LMM, Copes RM, Dal Osto LC, et al. Factors related with osteoporosis treatment in postmenopausal women. *Medicine* (Baltimore). 2018;97(28):11524. DOI:10.1097/MD.00000000000011524.
- Anagnostis P, Karagiannis A, Kakafika AI, et al. Atherosclerosis and osteoporosis: age-dependent degenerative processes or related entities? *Osteoporos Int*. 2009;20(2):197-207. DOI:10.1007/s00198-008-0648-5.
- Sinnott B, Syed I, Sevrukov A, Barends E. Coronary calcification and osteoporosis in men and postmenopausal women are independent processes associated with aging. *Calcif Tissue Int*. 2006;78(4):195-202. DOI:10.1007/s00223-005-0244-z.
- Ye C. Decreased bone mineral density is an independent predictor for the development of atherosclerosis: a systematic review and meta-analysis. *PLoS One*. 2016;11(5):e0154740. DOI:10.1371/journal.pone.0154740.
- Wang X, Le EPV, Rajani NK, et al. A zero coronary artery calcium score in patients with stable chest pain is associated with a good prognosis, despite risk of non-calcified plaques. *Open Heart*. 2019;6(1):e000945. DOI:10.1136/openhrt-2018-000945.
- García-Gómez M, Vilahur G. Osteoporosis and vascular calcification: a shared scenario. *Clin Investig Arterioscler*. 2020;32(1):33-42. DOI:10.1016/j.arter.2019.03.008.
- Townsend RR, Wilkinson IB, Schiffrin EL, et al. American Heart Association Council on Hypertension. Recommendations for Improving and Standardizing Vascular Research on Arterial Stiffness. A Scientific Statement from the American Heart Association. *J Hypertension*. 2015;66(3):698-722. DOI:10.1161/HYP.0000000000000033.
- Ferrari R, Aguiar C, Alegria E, et al. Current practice in identifying and treating cardiovascular risk, with a focus on residual risk associated with atherogenic dyslipidaemia. *Eur Heart J Suppl*. 2016;18(Suppl C):2-12. DOI:10.1093/eurheartj/suw009.
- Zairova AR, Rogoza AN, Kaminnaya VI, et al. Arterial stiffness in patients with atherosclerosis and dyslipidemia on drug therapy as a possible marker of residual risk. *Atherosclerosis and Dyslipidemia*. 2022;(3):29-40 (In Russ.) [Заирова А.Р., Рогоза А.Н., Каминная В.И., и др. Артериальная жесткость у больных с атеросклерозом и дислипидемией на фоне медикаментозной терапии как возможный маркер резидуального риска. *Атеросклероз и Дислипидемии*. 2022;(3):29-40]. DOI:10.34687/2219-8202.JAD.2022.03.0004.
- Gustavsson A, Stormrud E, Abul-Kasim K, et al. Cerebral Microbleeds and White Matter Hyperintensities in Cognitively Healthy Elderly: A Cross-Sectional Cohort Study Evaluating the Effect of Arterial Stiffness. *Cerebrovasc Dis Extra*. 2015;20(5(2)):41-51. DOI:10.1159/000377710.
- Vasyuk YuA, Ivanova SV, Shkolnik EL, et al. Consensus of Russian experts on the evaluation of arterial stiffness in clinical practice. *Cardiovascular Therapy and Prevention*. 2016;15(2):4-19 (In Russ.) [Васюк Ю.А., Иванова С.В., Школьник Е.Л., и др. Согласованное мнение российских экспертов по оценке артериальной жесткости в клинической практике. *Кардиоваскулярная Терапия и Профилактика*. 2016;15(2):4-19]. DOI:10.15829/1728-8800-2016-2-4-19.
- Mikumo M, Okano H, Yoshikata R, et al. Association between lumbar bone mineral density and vascular stiffness as assessed by pulse wave velocity in postmenopausal women. *J Bone Miner Metab*. 2009;27(1):89-94. DOI:10.1007/s00774-008-0014-x.
- Van Bortel LM, Laurent S, Boutouyrie P, et al. Expert consensus document on the measurement of aortic stiffness in daily practice using carotid-femoral pulse wave velocity. *J Hypertens*. 2012;30(3):445-8. DOI:10.1097/HJH.0b013e32834fa8b0.
- Lesnyak OM, ed. Osteoporosis: diagnosis, prevention and treatment. Guide for doctors. Moscow: GEOTAR-Media; 2016 (In Russ.) [Лесняк О.М., ред. *Остеопороз: диагностика, профилактика и лечение*. Руководство для врачей. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2016].
- Lampropoulos CE, Papaioannou I, D'Cruz DP. Osteoporosis-a risk factor for cardiovascular disease? *Nat Rev Rheumatol*. 2012;8(10):587-98. DOI:10.1038/nrrheum.2012.120.
- Alieva AS, BoyarinoVA MA, Orlov AV, et al. Comparative analysis of diagnostic methods for subclinical vessels lesion (under the cohort of epidemiological study ESSE-RF). *Russian Journal of Cardiology*. 2016;21(6):20-6. (In Russ.) [Алиева А.С., Бояринова М.А., Орлов А.В., и др. Сравнительный анализ методов диагностики субклинического поражения сосудов (на примере выборки эпидемиологического исследования ЭССЕ-РФ). *Российский Кардиологический Журнал*. 2016;21(6):20-6]. DOI:10.15829/1560-4071-2016-6-20-26.
- Williams B, Mancia G, Spiering W, et al. 2018 ESC/ESH Guidelines for the management of arterial hypertension The Task Force for the management of arterial hypertension of the European Society of Cardiology (ESC) and the European Society of Hypertension (ESH). *Eur Heart J*. 2018;39(33):3021-104. DOI:10.1093/eurheartj/ehy339.
- Laurent S, Cockcroft J, Van Bortel L, et al. Expert consensus document on arterial stiffness: methodological issues and clinical applications. *Eur Heart J*. 2006;27(21):2588-605. DOI:10.1093/eurheartj/ehl254.
- Erina A.M, BoyarinoVA M.A, Moguchaya E.V. et al. Markers of vascular damage depending on the blood pressure level: data of the population study ESSE-RF. *Russian Journal of Cardiology*. 2020;25(6):3652 (In Russ.) [Ерина А.М., Бояринова М.А., Могучая Е.В., и др. Маркеры поражения сосудов в зависимости от уровня артериального давления в популяционной выборке (по материалам ЭССЕ-РФ). *Российский Кардиологический Журнал*. 2020;25(6):3652]. DOI:10.15829/1560-4071-2020-3652.
- Cecelja M, Chowienczyk P. Dissociation of aortic pulse wave velocity with risk factors for cardiovascular disease other than hypertension. a systematic review. *Hypertension*. 2009;54(6):1328-36. DOI:10.1161/HYPERTENSIONAHA.109.137653.
- Seo SK. Decreased bone mineral density is associated with coronary atherosclerosis in healthy postmenopausal women. *Obstet Gynecol Sci*. 2015;1(2):144-9. DOI:10.5468/ogs.2015.58.2.144.
- Jaalkhorol M, Fujita Y, Kouda K, et al. Low bone mineral density is associated with an elevated risk of developing increased arterial stiffness: A 10-year follow-up of Japanese women from the Japanese Population-based Osteoporosis (JPOS) cohort study. *Maturitas*. 2019;119:39-45. DOI:10.1016/j.maturitas.2018.11.001.
- Tap L, Kirkham FA, Mattace-Raso F, et al. Unraveling the Links Underlying Arterial Stiffness, Bone Demineralization, and Muscle Loss. *Hypertension*. 2020;76(3):629-39. DOI:10.1161/HYPERTENSIONAHA.120.15184.
- Ageev FT, Barinova IV, Seredenina EM, et al. Osteoporosis and arterial stiffness: study of 103 women with mild to moderate risk of cardiovascular disease. *Kardiologija*. 2013;53(6):51-8 (In Russ.) [Ареев Ф.Т., Баринова И.В., Середенина Е.М., и др. Остеопороз и жесткость артерий: исследование 103 женщин с умеренным и низким риском развития сердечно-сосудистых заболеваний. *Кардиология*. 2013;6:51-8].
- Alikhanova NA, Skripnikova IA, Tkacheva ON, et al. Association of vessel stiffness parameters and subclinical atherosclerosis and mass of bone tissue in postmenopausal women. *Cardiovascular Therapy and Prevention*. 2016;15(2):51-56. (In Russ.) [Алиханова Н.А., Скрипникова И.А., Ткачева О.Н., и др. Ассоциация параметров сосудистой жесткости и субклинического атеросклероза с костной массой у женщин в постменопаузе. *Кардиоваскулярная Терапия и Профилактика*. 2016;15(2):51-6]. DOI:10.15829/1728-8800-2016-2-51-56.

### Сведения об Авторах/About the Authors:

**Исайкина Олеся Юрьевна** [Olesya Yu. Isaykina]  
eLibrary SPIN 3053-4099, ORCID 0000-0002-8939-0716  
**Скрипникова Ирина Анатольевна** [Irina A. Skripnikova]  
eLibrary SPIN 1514-0880, ORCID 0000-0002-1763-0725  
**Колчина Мария Александровна** [Maria A. Kolchina]  
eLibrary SPIN 7505-3124, ORCID 0000-0002-8164-8946

**Косматова Ольга Владимировна** [Olga V. Kosmatova]  
eLibrary SPIN 5320-1904, ORCID 0000-0001-7036-4756  
**Новиков Валерий Евгеньевич** [Valery E. Novikov]  
eLibrary SPIN 9994-2964, ORCID 0000-0003-0364-0831  
**Цориев Тимур Тамерланович** [Tibur T. Tsoiriev]  
eLibrary SPIN 7234-2499, ORCID 0000-0001-9074-2291