

# Параметры жесткости артерий и индекс эффективности субэндокардиального кровотока у пациентов с артериальной гипертензией на фоне субклинического и клинического атеросклероза

Гумерова В.Е.\* , Гомонова В.В., Сайганов С.А.,

Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова, Санкт-Петербург, Россия

**Цель.** Изучить параметры артериальной жесткости и индекс эффективности субэндокардиального кровотока у больных артериальной гипертензией (АГ) при разной степени выраженности атеросклеротического процесса.

**Материал и методы.** 133 пациента с АГ были разделены на 3 сопоставимые по возрасту и полу группы в зависимости от степени выраженности атеросклеротического процесса: группа пациентов с АГ без выявленного атеросклероза (n=42; 53,3±7,6 лет), группа с АГ и субклиническим атеросклерозом (СА) (n=52; 56,5±8,0 лет), группа пациентов с АГ и ишемической болезнью сердца (ИБС) (n=39; 57,4±6,8). В контрольную группу (КГ) вошли здоровые люди без АГ и СА, ИБС (n=33; 54,6±8,4 лет). Всем участникам было выполнено суточное мониторирование артериального давления с оценкой параметров сосудистой жесткости и индекса эффективности субэндокардиального кровотока.

**Результаты.** У пациентов всех групп с АГ значимо выше систолическое артериальное давление (САД) (131,1±11,9, 127,8±14,8, 128,6±15,3 соответственно; p<0,001), САД в аорте (САДао) (122,0±11,0; 118,8±12,7; 119,9±13,3; p<0,001), пульсовое (ПАД) (46,4±9,8, 45,6±10,6, 48,9±12 соответственно; p<0,05) и центральное ПАД (ПАДао) (35,5±8,5, 34,9±8,5, 38,5±9,6 соответственно; p<0,05), скорость распространения пульсовой волны в аорте (СРПВао) (11,3±1,5, 12,3±1,8, 11,5±1,7 соответственно; p<0,05) по сравнению с КГ (САД 116,3±7,3; САДао 108,9±6,4; ПАД 39,9±6,5; ПАДао 30,9±5,4; СРПВао 10,4±1,3). У пациентов с АГ и СА были значимо выше СРПВао по сравнению со всеми группами (p<0,05). При приведении показателя к САД 100 мм рт.ст. и ЧСС=60 уд/мин не было выявлено значимых различий между КГ и группой пациентов с АГ (p=0,3), между группой АГ с СА и АГ с ИБС (p=0,6). Индекс эффективности субэндокардиального кровотока (SERV<sub>75</sub>) у пациентов с АГ и СА был значимо ниже, чем у пациентов с АГ (p<0,05), и не имел значимых различий с группой АГ и ИБС (p=0,77).

**Заключение.** У пациентов с АГ и СА снижение субэндокардиальной перфузии ассоциировано с увеличением СРПВао. Более того, подобное снижение перфузии приближается по значениям к пациентам, страдающим ИБС, что свидетельствует о значимых изменениях в малых сосудах сердца, формирующих коронарный резерв.

**Ключевые слова:** артериальная гипертензия, артериальная жесткость, индекс эффективности субэндокардиального кровотока, субклинический атеросклероз.

**Для цитирования:** Гумерова В.Е., Гомонова В.В., Сайганов С.А. Параметры жесткости артерий и индекс эффективности субэндокардиального кровотока у пациентов с артериальной гипертензией на фоне субклинического и клинического атеросклероза. *Рациональная Фармакотерапия в Кардиологии* 2022;18(1):67-72. DOI:10.20996/1819-6446-2022-02-13.

## Arterial Stiffness Parameters and Subendocardial Viability Ratio in Patients with Arterial Hypertension Affected by Subclinical and Clinical Atherosclerosis

Gumerova V.E.\* , Gomonova V.V., Sayganov S.A.

North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, Saint Petersburg, Russia

**Aim.** Assessment the arteries' stiffness parameters and subendocardial viability ratio in hypertensive patients with various degrees of severity of the atherosclerotic process manifestation.

**Material and methods.** 133 hypertensive patients were divided into 3 groups, similar in age and sex, depending on the severity of the atherosclerotic process: hypertensive patients without atherosclerosis (n=42; 53.3±7.6 years); patients with hypertension and subclinical atherosclerosis (SA) (n=52; 56.5±8.0 years); patients with hypertension and coronary artery disease (CAD) (n=39; 57.4±6.8 years) and control group which consisted of individuals without cardiovascular diseases (n=33; 54.6±8.4 years). All participants underwent 24-hour blood pressure monitoring with assessment of arterial stiffness parameters and subendocardial viability ratio (SERV).

**Results.** Subjects from all groups with hypertension have significantly higher mean systolic blood pressure (SBP) (131.1±11.9, 127.8±14.8, 128.6±15.3 respectively; p<0.001), as well as central systolic blood pressure (SBPao) (122.0±11.0, 118.8±12.7, 119.9±13.3 respectively; p<0.001), pulse pressure (PP) (46.4±9.8, 45.6±10.6, 48.9±12.0 respectively; p<0.05) and central pulse pressure (PPao) (35.5±8.5, 34.9±8.5, 38.5±9.6 respectively; p<0.05), pulse wave velocity in aorta (PWVao) (11.3±1.5, 12.3±1.8, 11.5±1.7 respectively; p<0.05) compared with control group (SBP 116.3±7.3; SBPao 108.9±6.4, PP 39.9±6.5, PPao 30.9±5.4, PWVao 10.4±1.3). In hypertensive patients with SA, PWVao was significantly higher compared to other groups (p<0.05). With bringing the indicator to SBP 100 mmHg and HR=60 beats/min, there were no differences between the control group and the group with hypertension (p=0.3), also groups with hypertension+SA and hypertension+CAD did not significantly differ from each other (p=0.6). SERV in subjects with hypertension+SA was significantly lower than in patients with hypertension (p<0.05) and no significant differences were detected with the group with hypertension+CAD (p=0.77).

**Conclusions.** In hypertensive patients with SA, a decrease in subendocardial perfusion is associated with an increase in pulse wave velocity in aorta. Moreover, such a decrease in perfusion approaches to the values of patients suffering from coronary artery disease, which indicates significant changes in the small vessels of the heart that form the coronary reserve.

**Key words:** arterial hypertension, arterial stiffness, subendocardial viability ratio, subclinical atherosclerosis.

**For citation:** Gumerova V.E., Gomonova V.V., Sayganov S.A. Arterial Stiffness Parameters and Subendocardial Viability Ratio in Patients with Arterial Hypertension Affected by Subclinical and Clinical Atherosclerosis. *Rational Pharmacotherapy in Cardiology* 2022;18(1):67-72. DOI:10.20996/1819-6446-2022-02-13.

\* Corresponding Author (Автор ответственный за переписку): vvoron1@yahoo.com

Received/Поступила: 17.05.2021

Accepted/Принята в печать: 15.10.2021

## Введение

Ишемическая болезнь сердца (ИБС) и артериальная гипертензия (АГ) лидируют среди причин смертности от сердечно-сосудистых заболеваний [1]. АГ является основной причиной возрастания артериальной жесткости [2] и важнейшим нелипидным фактором риска прогрессирования атеросклеротического процесса.

Самым известным параметром, характеризующим артериальную жесткость, является скорость распространения пульсовой волны (СРПВ). При снижении растяжимости артериальной стенки увеличивается СРПВ, а отраженная волна приходит не в диастолу, а в позднюю систолу, повышая центральное систолическое артериальное давление (САД), пульсовое артериальное давление (ПАД) и снижая диастолическое артериальное давление (ДАД) в аорте, что ведет к ухудшению коронарной перфузии и к субэндокардиальной ишемии [3, 4].

Суррогатным маркером миокардиальной перфузии может служить индекс эффективности субэндокардиального кровотока (Subendocardial viability ratio; SERV). Он определяется путем анализа пульсовой волны с применением математических формул. Анализ пульсовой волны – неинвазивный, простой, хорошо воспроизводимый метод, который можно применять также и для расчета параметров артериальной жесткости. Известно, что параметры артериальной жесткости являются независимыми предикторами развития сердечно-сосудистых событий, что подтверждает возможность их оценки в качестве скринингового метода [5]. Неинвазивная оценка коронарной перфузии также может увеличить выявляемость пациентов, находящихся на стадии микрососудистого поражения.

Цель исследования – изучить параметры артериальной жесткости и индекса эффективности субэндокардиального кровотока у больных АГ при разной степени выраженности атеросклеротического процесса.

## Материал и методы

В исследование включали пациентов с АГ, прошедших обследование и лечение на базе СПб ГБУЗ

«Городская Покровская больница» (Санкт-Петербург) в период с 2018 по 2019 гг.

Критерии включения: наличие подтвержденной АГ [6], возраст участников от 40 до 70 лет, подписание информированного согласия.

Критерии исключения: сахарный диабет, гемодинамически значимые пороки сердца, хроническая сердечная недостаточность, аневризма грудного отдела аорты, системные заболеваниями соединительной ткани, нарушения ритма сердца, противопоказания к выполнению суточного мониторинга артериального давления.

Всем пациентам выполнялось ультразвуковое исследование экстракраниальных сегментов сонных артерий. Измерение толщины комплекса интимы-медии проводилось с двух сторон в дистальной трети общей сонной артерии на протяжении 1 см от бифуркации (3 измерения), в бифуркации и в проксимальном отделе внутренней сонной артерии согласно рекомендациям Маннхеймского консенсуса. Атеросклеротической бляшкой (АСБ) считали локальное утолщение стенки артерии более чем на 50% по сравнению с окружающими участками, или структуру, выступающую более чем на 1,5 мм в просвет сосуда [7,8]. Пациенты с выявленной АСБ (степень стеноза  $\leq 50\%$ ) и без ИБС включались в группу субклинического атеросклероза.

ИБС верифицировалась по наличию в анамнезе инфаркта миокарда, реваскуляризации коронарных артерий или по результатам стресс-эхокардиографии. Всем пациентам с предтестовой вероятностью более 5% проводили стресс-эхокардиографию для исключения ИБС.

Все пациенты с АГ были разделены на группы в зависимости от степени выраженности атеросклеротического процесса. В первую группу было включено 42 пациента с АГ без ИБС и субклинического атеросклероза (СА). Во вторую группу вошли 52 пациента с субклиническим атеросклерозом и АГ. В третью группу было включено 39 пациентов с АГ и подтвержденной ИБС. В группе с подтвержденной ИБС у 26 человек (66,7%) в анамнезе был инфаркт миокарда, у 22 па-

**Table 1. Characteristics of the studied groups**  
**Таблица 1. Характеристика исследуемых групп**

Показатель	АГ (n=42)	АГ+СА (n=52)	АГ+ИБС (n=39)	КГ (n=33)
Мужчины, n (%)	30 (71,4)	37 (71,2)	33 (84,6)	23 (69,7)
Возраст, лет	53,3±7,6	56,5±8	57,4±6,8	54,6±8,4
Курение, n (%)	17 (40,5)*	15 (29,9)*	18 (46,2)*	5 (15,2)
Общий холестерин, ммоль/л	5,3±1,1*	5,6±1,5	4,6±1,4**†	5,9±1,2
ЛНП, ммоль/л	3,5±0,9*	4±1,2	3±1,2*††	4±0,9
ЛВП, ммоль/л	1,36±0,3*	1,3±0,3	1,2±0,3*†	1,4±0,3
Глюкоза, ммоль/л	5,1±0,6	5,0±0,6	5±0,6	5,1±0,6
ИМТ, кг/м <sup>2</sup>	30,1±4,5*	29,9±4,6*	30±4,6*	26,8±3,8
ММЛЖ, г	232,5±60,2***	233,2±52,2***	242,9±51,4***	180,5±46,9
ИММЛЖ, г/м <sup>2</sup>	114,8±21,9***	115,6±21,3***	120,5±20,2***	93±23,4
ФВ ЛЖ, %	65,9±5,9	65,6±7,0	63,3±6,7***	66,4±4,8
АСБ сонных артерий, n (%)	0	52 (100)	32 (82)	0

\* - p<0,05, \*\*\* - p<0,001 по сравнению с КГ, † p<0,05 по сравнению с группой АГ, †† p<0,05 по сравнению с группой АГ+СА

КГ – контрольная группа, АГ – артериальная гипертензия, СА – субклинический атеросклероз, ИБС – ишемическая болезнь сердца, ИМТ – индекс массы тела, ММЛЖ – масса миокарда левого желудочка, ИММЛЖ – индекс массы миокарда левого желудочка, ЛНП – липопротеины низкой плотности, ЛВП – липопротеины высокой плотности, ФВ ЛЖ – фракция выброса левого желудочка, АСБ – атеросклеротическая бляшка.

циентов (56,4%) было выполнено стентирование коронарных артерий и у 5 пациентов (12,8%) проведено аортокоронарное шунтирование.

В контрольную группу (КГ) включили 33 практически здоровых участника без АГ и других известных сердечно-сосудистых заболеваний, обратившихся на амбулаторный прием в этот же временной промежуток.

Пациенты из групп с АГ получали антигипертензивную терапию (ингибиторы ангиотензин превращающего фермента, блокаторы рецепторов ангиотензина II, бета-адреноблокаторы, диуретики, блокаторы кальциевых каналов, блокаторы имидазолиновых рецепторов), ингибиторы ГМГ-КоА-редуктазы.

При помощи суточного мониторинга артериального давления (VPlab; ООО «Петр Телегин», Россия) анализировали следующие параметры периферического артериального давления: среднее систолическое артериальное давление (САД), среднее диастолическое артериальное давление (ДАД), среднее пульсовое артериальное давление (ПАД).

Параметры центральной гемодинамики и артериальной жесткости рассчитывали путем оценки формы осциллометрической кривой при помощи математических формул, заложенных в программе Vasotens24 монитора артериального давления VPlab (ООО «Петр Телегин», Россия). Были получены показатели: среднее систолическое давление в аорте (САД<sub>ао</sub>), среднее диастолическое артериальное давление в аорте (ДАД<sub>ао</sub>), среднее пульсовое артериальное давление в аорте (ПАД<sub>ао</sub>), скорость распространения пульсовой волны в аорте (СРПВ<sub>ао</sub>).

Индекс эффективности субэндокардиального кровотока (SERV) рассчитывался как процентное отношение площадей систолического и диастолического участков под кривой пульсации давления в аорте. Площадь систолической части отражает потребность миокарда в кислороде, а диастолической части – энергоснабжение. В связи с зависимостью показателя от частоты сердечных сокращений (ЧСС) данные рассчитывались с учетом ЧСС 75 уд/мин.

Эхокардиографию выполняли на аппарате Philips IE 33 по стандартному протоколу [9]. В ходе исследования оценивали фракцию выброса левого желудочка (ЛЖ), состояние всех камер сердца и клапанного аппарата, рассчитывали массу миокарда и индекс массы миокарда ЛЖ (ИММЛЖ).

Протокол исследования одобрен локальным этическим комитетом ФГБОУ ВО Северо-Западного государственного медицинского университета им. И.И. Мечникова.

Статистический анализ проводился при помощи программы Statistica 10 (Statsoft Inc., США). Для качественных переменных определяли абсолютное число наблюдений и частоты, сопоставление которых проводилось с помощью непараметрических методов хи-квадрат, критерия Фишера. Для сравнения данных с нормальным типом распределения использовали t-критерий Стьюдента или однофакторный дисперсионный анализ (ANOVA). При характере распределения, отличном от нормального, использовались критерии Манна-Уитни и Краскела-Уоллиса. Для описания корреляций между переменными вычисляли коэффи-

**Table 2. Indicators of ambulatory blood pressure monitoring**

**Таблица 2. Показатели суточного мониторирования артериального давления**

Показатель	АГ (n=42)	АГ+СА (n=52)	АГ+ИБС (n=39)	КГ (n=33)
САД <sub>сут</sub> , мм рт.ст.	131,1±11,9***	127,8±14,8***	128,6±15,3***	116,3±7,3
ДАД <sub>сут</sub> , мм рт.ст.	84,7±7***	81,7±9,6*	79,2±9,6†	76,6±5,3
ПАД <sub>сут</sub> , мм рт.ст.	46,4±9,8*	45,6±10,6*	48,9±12***	39,9±6,5
САД <sub>ао сут</sub> , мм рт.ст.	122±11***	118,8±12,7***	119,9±13,3***	108,9±6,4
ДАД <sub>ао сут</sub> , мм рт.ст.	86,5±6,9***	83,6±9,7*	80,9±9,9†	77,9±5,1
ПАД <sub>ао сут</sub> , мм рт.ст.	35,5±8,5*	34,9±8,5*	38,5±9,6***	30,9±5,4

\* -  $p < 0,05$ , \*\*\* -  $p < 0,001$  по сравнению с КГ, †  $p < 0,05$  по сравнению с группой АГ

КГ – контрольная группа; АГ – артериальная гипертензия; СА – субклинический атеросклероз; ИБС – ишемическая болезнь сердца; САД<sub>сут</sub> – среднее систолическое артериальное давление за сутки; ДАД<sub>сут</sub> – среднее диастолическое артериальное давление за сутки; ПАД<sub>сут</sub> – среднее пульсовое артериальное давление за сутки; САД<sub>ао сут</sub> – среднее систолическое давление в аорте за сутки; ДАД<sub>ао сут</sub> – среднее диастолическое давление в аорте за сутки; ПАД<sub>ао сут</sub> – среднее пульсовое артериальное давление в аорте за сутки.

**Table 3. Indicators of arterial stiffness and subendocardial blood flow efficiency index**

**Таблица 3. Показатели артериальной жесткости и индекса эффективности субэндокардиального кровотока**

Параметр	АГ (n=42)	АГ+СА (n=52)	АГ+ИБС (n=39)	КГ (n=33)
СРПВ <sub>ао</sub> , м/с	11,3±1,5***	12,3±1,8***†	11,5±1,7*‡	10,4±1,3
СРПВ <sub>ао100-60</sub> , м/с	10,1±1,7	11,1±2,2*†	10,9±1,4***†	9,7±1,1
SERV, %	112,9±13,3*	108,8±13,7*	102,4±20,8*†	115,8±15,9

\* -  $p < 0,05$ , \*\*\* -  $p < 0,001$  по сравнению с КГ, †  $p < 0,05$  по сравнению с группой АГ; ‡  $p < 0,05$  по сравнению с группой АГ+СА

КГ – контрольная группа; АГ – артериальная гипертензия; СА – субклинический атеросклероз; ИБС – ишемическая болезнь сердца; СРПВ<sub>ао</sub> – скорость распространения пульсовой волны в аорте; СРПВ<sub>ао100-60</sub> – скорость распространения пульсовой волны в аорте, приведенная к САД 100 мм рт.ст. и ЧСС 60 уд/мин; SERV – индекс эффективности субэндокардиального кровотока

циент ранговой корреляции Спирмена. Статистически значимый уровень различий определяли как  $p < 0,05$ .

## Результаты

Клинико-демографическая характеристика изучаемых групп представлена в табл. 1.

Во всех группах преобладали мужчины. Пациенты с АГ значимо чаще курили и имели более высокий индекс массы тела по сравнению с лицами из КГ ( $p < 0,05$ ), между собой группы с АГ по этим параметрам не различались. В группах АГ и АГ+ИБС были значимо более низкие значения уровня общего холестерина (ОХ), липопротеидов низкой плотности (ЛНП) и липопротеидов высокой плотности (ЛВП) по сравнению с КГ ( $p < 0,05$ ). Группы АГ и АГ+СА между собой по данным показателям не различались. У пациентов с АГ+ИБС значения ОХ и ЛНП были самыми низкими по сравнению со всеми группами пациентов с АГ ( $p < 0,05$ ). Масса миокарда ЛЖ и ИММЛЖ были значимо ниже у пациентов КГ ( $p < 0,001$ ), в других группах значимых различий не было. ФВ во всех группах была в пределах нормальных значений, однако в КГ показатель был выше, чем у пациентов с АГ и ИБС ( $p < 0,05$ ).

При оценке медикаментозной терапии не было выявлено различий в группах с АГ в частоте приема ингибиторов ангиотензин-превращающего фермента или блокаторов рецепторов ангиотензина II ( $p = 0,9$ ),

блокаторов кальциевых каналов ( $p = 0,93$ ), диуретиков ( $p = 0,3$ ). Пациенты с АГ+ИБС чаще получали терапию ингибиторами ГМГ-КоА-редуктазы ( $p < 0,001$ ) и бета-адреноблокаторами ( $p < 0,05$ ) по сравнению со всеми другими группами.

При оценке показателей артериального давления самые низкие цифры САД и САДао были у лиц из КГ ( $p < 0,001$ ), между другими группами значимых различий не было (табл. 2).

Самые низкие значения центрального и периферического ДАД отмечены у пациентов с АГ+ИБС. ПАД и ПАД<sub>ао</sub> самым низким было у лиц из КГ ( $p < 0,05$ ), между другими группами значимых различий не выявлено.

Самые низкие значения СРПВ<sub>ао</sub> были в КГ, и они значимо отличались от всех других групп (табл. 3). Самые высокие значения СРПВ<sub>ао</sub> были у пациентов с АГ+СА. При приведении показателя к САД 100 мм рт.ст. и ЧСС=60 уд/мин КГ и группа АГ значимо не различались между собой по СРПВ<sub>ао</sub> ( $p = 0,03$ ), как и группы АГ+СА и АГ+ИБС ( $p = 0,6$ ).

SERV был самым высоким у лиц КГ по сравнению с остальными группами. SERV у пациентов с ИБС был значимо ниже чем у пациентов с АГ ( $p < 0,05$ ), и не отличался от группы АГ и СА ( $p = 0,08$ ).

При расчете SERV с учетом ЧСС 75 (SERV<sub>75</sub>) в мин самые высокие показатели были у лиц КГ

**Table 4. Pulse wave velocity in aorta and subendocardial viability ratio correlation with main factors of cardiovascular risk**

**Таблица 4. Взаимосвязь скорости распространения пульсовой волны в аорте и индекса эффективности субэндокардиального кровотока с основными факторами сердечно-сосудистого риска**

Параметры	СРПВ <sub>ао</sub>	SERV
Возраст, годы	r=0,27; p<0,001	r=-0,09; p=0,26
Систолическое артериальное давление, мм рт.ст.	r=0,17; p=0,03	r=0,09; p=0,25
Индекс массы тела, кг/м <sup>2</sup>	r=0,17; p=0,03	r=-0,11; p=0,14
Общий холестерин, ммоль/л	r=-0,01; p=0,89	r=0,09; p=0,25
Липопротеины низкой плотности, ммоль/л	r=-0,02; p=0,84	r=0,04; p=0,62
Липопротеины высокой плотности, ммоль/л	r=-0,01; p=0,87	r=0,06; p=0,46

СРПВ<sub>ао</sub> – скорость распространения пульсовой волны в аорте, SERV – индекс эффективности субэндокардиального кровотока

(122,7±21,3% в группе контроля против 118,3±10,2, 113±13,1, 113,9±18,2%; p<0,05). SERV<sub>75</sub> у пациентов с АГ+СА был значимо ниже чем у пациентов с АГ (p<0,05), и не имел значимых различий с группой АГ+ИБС (p=0,8).

При оценке взаимосвязи между основными факторами риска (уровнем САД, возрастом, уровнем ОХ, ЛНП, ЛВП, индексом массы тела) и СРПВ<sub>ао</sub> положительная корреляция была выявлена только с уровнем САД, возрастом, индексом массы тела. У пациентов с анамнезом курения были значимо более высокие значения СРПВ<sub>ао</sub> по сравнению с некурящими (p<0,05). Между SERV и основными факторами риска значимых корреляций выявлено не было (табл. 4).

## Обсуждение

Результаты, полученные в данном исследовании, демонстрируют, что у пациентов с АГ СРПВ<sub>ао</sub> выше, чем у здоровых лиц. Известно, что основополагающими факторами, определяющими артериальную жесткость, являются возраст, уровень артериального давления, факт курения, сахарный диабет, избыточная масса тела [10]. Несмотря на сопоставимость всех групп с АГ по этим факторам и отсутствие различий между группами АГ и АГ с признаками СА по уровню ОХ, ЛВП, ЛНП при значимо более низких значениях этих показателей в группе АГ и ИБС в проведенном исследовании пациенты из группы АГ и СА имели самые высокие значения СРПВ<sub>ао</sub>, значимо не отличающиеся от значений пациентов с АГ и ИБС при приведении показателя к САД 100 мм рт.ст. и ЧСС=60 уд/мин. Известно, что на артериальную жесткость положительно влияет прием ингибиторов ангиотен-

зин-превращающего фермента, блокаторов рецепторов ангиотензина II, блокаторов кальциевых каналов, ингибиторов ГМГ-КоА-редуктазы [11]. Учитывая отсутствие различий в группах с АГ по частоте приема всех перечисленных групп препаратов, кроме ингибиторов ГМГ-КоА-редуктазы, нельзя исключить их влияние на полученные в нашем исследовании результаты.

При повышенной жесткости стенки аорты утрачивают нормальную демпфирующую функцию, повышается центральное систолическое и пульсовое артериальное давление, что ведет к возрастанию нагрузки на левый желудочек, развитию гипертрофии его стенок [4]. В исследовании PROOF была доказана четкая связь между увеличением артериальной жесткости и развитием гипертрофии ЛЖ [12]. Также показана связь между миокардиальным и сосудистым фиброзом, лежащим в основе повышения артериальной жесткости [13]. В нашей работе у пациентов всех групп с АГ ИММЛЖ был значимо выше, чем у лиц из КГ. При повышении массы миокарда ЛЖ у пациентов с АГ также замедляется расслабление миокарда, что удлиняет систолу и укорачивает диастолу [14]. При снижении эластичности стенок артерий приходящая раньше времени отраженная волна ведет не только к повышению давления в позднюю систолу, удлинению систолы и замедлению релаксации в диастолу, но и к снижению ДАД<sub>ао</sub>. Из всех групп больных АГ самые низкие цифры ДАД<sub>ао</sub> были выявлены у пациентов с ИБС, но они значимо не отличались от группы пациентов с АГ и СА. Эти механизмы определяют ухудшение перфузии и развитие ишемии миокарда [15].

SERV – показатель, характеризующий соотношение потребности и потребления миокардом кислорода. Известно, что SERV отражает диастолическую дисфункцию и коррелирует с данными, полученными при инвазивных измерениях [16]. У пациентов с АГ SERV является независимым предиктором субэндокардиальной ишемии [16, 17]. В нашем исследовании этот показатель у пациентов с ИБС был значительно ниже по сравнению со всеми группами, кроме группы АГ и СА, где выявлена лишь статистически не значимая тенденция. Более того, при приведении значений SERV к ЧСС 75/мин у пациентов группы АГ и СА средние значения SERV были наименьшими, и не было значимой разницы с больными с АГ в сочетании с ИБС. Это позволяет говорить о развитии изменений в малых сосудах сердца уже на этапе субклинического атеросклероза. Учитывая полученные данные, показатель SERV, наряду со СРПВ, можно использовать как дополнительный скрининговый параметр для выявления пациентов с высоким риском развития субэндокардиальной ишемии и для уточнения кардиоваскулярного риска в целом.

**Ограничения исследования:** недавние исследования показывают, что значения параметров артериальной жесткости, получаемые при оценке формы осциллометрической кривой, почти полностью зависят от возраста и уровня САД [18,19], в связи с этим не рекомендовано использовать одноточечные манжеточные методы для оценки параметров артериальной жесткости. Однако стоит отметить, что в проведенном исследовании между группами не было значимых отличий по возрасту, а значения СРПВ были скорректированы с учетом уровня САД и частоты сердечных сокращений.

## Закключение

У пациентов с АГ и СА снижение субэндокардиальной перфузии ассоциировано с увеличением СРПВао.

## References / Литература

- Boytsov SA, Zayratians OV, Andreev EM, Samorodskaya IV. Comparison of coronary heart disease mortality in men and women age 50 years and older in Russia and USA. *Russian Journal of Cardiology*. 2017;(6):100-7 (In Russ.) [Бойцов С.А., Зайратьянц О.В., Андреев Е.М., Самородская И.В. Сравнение показателей смертности от ишемической болезни сердца среди мужчин и женщин старше 50 лет в России и США. *Российский Кардиологический Журнал* 2017;(6):100-7]. DOI:10.15829/1560-4071-2017-6-100-107.
- Nedogoda SV, Chalyabi TA, Barykina IN, et al. Vascular rigidity and velocity of pulse wave propagation as bridgehead and target for pharmacotherapy. *Bolezni Serdtsa i Sosudov*. 2006;(4):21-32 (In Russ.) [Недогода С.В., Чалыби Т.А. Сосудистая жесткость и скорость распространения пульсовой волны: новые факторы риска сердечно-сосудистых осложнений и мишени для фармакотерапии. *Болезни Сердца и Сосудов*. 2006;(4):21-32].
- Kobalava JD, Kotovskaya YuV, Villevalde SV, et al. Arterial stiffness and chronic kidney disease: causes and consequences. *Rational Pharmacotherapy in Cardiology*. 2014;10(1):83-91 (In Russ.) [Кобалава Ж.Д., Котовская Ю.В., Виллевалде С.В., и др. Артериальная жесткость и хроническая болезнь почек: причины и последствия. *Рациональная Фармакотерапия в Кардиологии*. 2014;10(1):83-91]. DOI:10.20996/1819-6446-2014-10-1-83-91.
- Vasyuk YA, 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.
- Nedogoda SV. The elasticity of major blood vessels — a new target for drug therapy. *Moscow: Media Medika*; 2008 (In Russ.) [Недогода С.В. Эластичность крупных сосудов — новая мишень фармакотерапии. М.: Медиа Медика; 2008].
- Kobalava ZD, Konradi AO, Nedogoda SV, et al. Arterial hypertension in adults. *Clinical guidelines 2020. Russian Journal of Cardiology*. 2020;25(3):3786 (In Russ.) [Кобалава Ж.Д., Конради А.О., Недогода С.В., Шляхто Е.В., Арутюнов Г.П., Баранова Е.И., и др. Артериальная гипертензия у взрослых. *Клинические рекомендации 2020. Российский Кардиологический Журнал*. 2020;25(3):3786]. DOI:10.15829/1560-4071-2020-3-3786.
- Touboul PJ, Hennerici MG, Meairs S, et al. Mannheim carotid intima-media thickness and plaque consensus (2004-2006-2011). An update on behalf of the advisory board of the 3rd, 4th and 5th watching the risk symposia, at the 13th, 15th and 20th European Stroke Conferences, Mannheim, Germany, 2004, Brussels, Belgium, 2006, and Hamburg, Germany, 2011. *Cerebrovasc Dis*. 2012;34(4):290-6. DOI:10.1159/000343145.

*About the Authors/Сведения об авторах:*

**Гумерова Виктория Евгеньевна** [Victoria E. Gumerova]  
eLibrary SPIN 9872-4799, ORCID 0000-0003-2805-3748  
**Гомонова Вероника Валерьевна** [Veronika V. Gomonova]  
ORCID 0000-0002-9816-9896

Более того, подобное снижение перфузии приближается по значениям к пациентам, страдающим ИБС, что свидетельствует о значимых изменениях в малых сосудах сердца, формирующих коронарный резерв.

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

**Финансирование:** Исследование проведено при поддержке Северо-Западного государственного медицинского университета имени И.И. Мечникова.

**Funding:** The study was performed with the support of the North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov.

- National guidelines on management of patients with the lesions of brachiocephalic arteries (Russian consensus). Moscow: Publishing House NCSSE n. a. A.N. Bakulev RAMS; 2013 (In Russ.) [Национальные рекомендации по ведению пациентов с заболеваниями брахиоцефальных артерий (Российский согласительный документ). М.: Издательство НЦССХ им. А. Н. Бакулева РАМН; 2013].
- Lang RM, Biering M, Devereux RB, et al. Recommendations for chamber quantification. *Eur J Echocardiogr*. 2006;7(2):79-108. DOI:10.1016/j.euje.2005.12.014.
- The Reference Values for Arterial Stiffness Collaboration. Determinants of pulse wave velocity in healthy people and in the presence of cardiovascular risk factors: 'establishing normal and reference values'. *Eur Heart J*. 2010;31(19):2338-50. DOI:10.1093/eurheartj/ehq165.
- Janić M, Lunder M, Sabović M. Arterial stiffness and cardiovascular therapy. *Biomed Res Int*. 2014;2014:621437. DOI:10.1155/2014/621437.
- Gosse P, Pichot V, Guilhot M, et al. Relationship of cardiac involvement with arterial stiffness in a general population of 65-year-olds in the PROOF study. *J Hypertens*. 2010;28(2):389-394. DOI:10.1097/HJH.0b013e3283333d1a4.
- Kohara K. Central blood pressure, arterial stiffness and the heart in hypertensive patients. *Hypertens Res*. 2009;12(32):1056-8. DOI:10.1038/hr.2009.171.
- Raphael CE, Cooper R, Parker KH, et al. Mechanisms of myocardial ischemia in hypertrophic cardiomyopathy: insights from wave intensity analysis and magnetic resonance. *J Am Coll Cardiol*. 2016;68(15):1651-60. DOI:10.1016/j.jacc.2016.07.751.
- O'Rourke MF, Safar ME, Dzau V. The Cardiovascular Continuum extended: Aging effects on the aorta and microvasculature. *Vasc Med*. 2010;15(6):461-8. DOI:10.1177/1358863X10382946.
- Tsiachris D, Tsioufis C, Syrseloudis D, et al. Subendocardial viability ratio as an index of impaired coronary flow reserve in hypertensives without significant coronary artery stenoses. *J Hum Hypertens*. 2012;26(1):64-70. DOI:10.1038/jhh.2010.127.
- George KP, Naylor LH, Whyte GP, et al. Diastolic function in healthy humans: non-invasive assessment and the impact of acute and chronic exercise. *Eur J Appl Physiol*. 2010;108(1):1-14. DOI:10.1007/s00421-009-1233-0.
- Salvi P, Scalise F, Rovina M, et al. Noninvasive Estimation of Aortic Stiffness Through Different Approaches. *Hypertension*. 2019;74(1):117-29. DOI:10.1161/HYPERTENSIONAHA.119.12853.
- Chirinos JA, Segers P, Hughes T, Townsend R. Large-Artery Stiffness in Health and Disease. *J Am Coll Cardiol*. 2019;74(9):1237-63. DOI:10.1016/j.jacc.2019.07.012.

**Сайганов Сергей Анатольевич** [Sergey A. Sayganov]  
eLibrary SPIN 2174-6400, ORCID 0000-0001-8325-1937