

Взаимосвязь модифицируемых факторов риска с показателями артериальной жесткости и сосудистым возрастом у пациентов с артериальной гипертензией

Туктаров А.М.^{1,2*}, Казанцева Т.С.¹, Филиппов А.Е.^{1,2}, Обрезан А.Г.^{1,2}

¹ Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

² ООО «Международный медицинский центр «СОГАЗ», Санкт-Петербург, Россия

Цель. Изучить взаимосвязь модифицируемых факторов риска (ФР) с показателями артериальной жесткости и сосудистым возрастом на основе контурного анализа скорости распространения пульсовой волны у пациентов с артериальной гипертензией.

Материал и методы. Материалом исследования послужили данные обследования пациентов, проходящих диспансерное наблюдение при поликлинике ММЦ «СОГАЗ». Всего обследовано 107 пациентов (70 мужчин и 37 женщин). Средний возраст составил $52,3 \pm 18,29$ лет. В качестве специального метода исследования использовалась фотоплетизмография, проводимая с помощью диагностического комплекса «АнгиоСкан-01». Для оценки артериальной жесткости рассчитывались показатели: индекс жесткости (SI), индекс отражения (RI), индекс аугментации (Alp75), типы пульсовой волны (ПВ) и возрастной индекс (AGI), по которому рассчитывался сосудистый возраст (VA).

Результаты. Средние значения показателей артериальной жесткости у больных эссенциальной артериальной гипертензией (АГ) и здоровых лиц (контрольная группа) имели значимые различия. Средние значения SI, Alp75 и VA в группе больных АГ составили $7,8 \pm 1,03$, $7,0 \pm 14,44$ и $50,8 \pm 15,93$ против $7,2 \pm 1,73$, $0,5 \pm 18,02$ и $43,8 \pm 16,94$ соответственно ($p < 0,05$). В обеих группах выявлена сильная обратная корреляция паспортного возраста с С-типом ПВ ($r = 0,74$, $p < 0,01$), что отражало динамику постепенного возраст-зависимого снижения сосудистого комплаенса. Средняя величина VA в группе контроля составила $63,1 \pm 16,99$ лет при среднем паспортном возрасте $59,5 \pm 8,79$ лет, что значительно отличалось от VA у больных АГ ($p < 0,05$). Избыточная масса тела, гиперхолестеринемия, повышение уровня липопротеинов низкой плотности, отсутствие должного антигипертензивного контроля и диастолическая дисфункция левого желудочка сердца были значимо связаны с ранним сосудистым (артериальным) старением.

Заключение. Больные АГ, помимо повышенного артериального давления, значимо отличаются от нормотензивного контроля по показателям артериальной ригидности. Отсутствие контроля за модифицируемыми ФР у больных АГ связано с ранним сосудистым старением.

Ключевые слова: артериальная ригидность, сосудистый возраст, факторы риска, артериальная гипертензия, раннее сосудистое старение.

Для цитирования: Туктаров А.М., Казанцева Т.С., Филиппов А.Е., Обрезан А.Г. Взаимосвязь модифицируемых факторов риска с показателями артериальной жесткости и сосудистым возрастом у пациентов с артериальной гипертензией. *Рациональная Фармакотерапия в Кардиологии* 2021;17(1):42-48. DOI:10.20996/1819-6446-2021-02-12.

The Relationship of Modifiable Risk Factors with Indicators of Arterial Stiffness and Vascular Age in Patients with Arterial Hypertension

Tuktarov A.M.^{1,2*}, Kazanceva T.S.¹, Filippov A.E.^{1,2}, Obrezan A.G.^{1,2}

¹ St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia

² LLC "International Medical Center "SOGAZ", St. Petersburg, Russia

Aim. To study the relationship of modifiable risk factors (RF) with indicators of arterial stiffness and vascular age based on the contour analysis of the pulse wave velocity in hypertensive patients.

Material and methods. The material of the study was the data from a survey of patients undergoing clinical observation at the polyclinic of MMC SOGAZ. A total of 107 patients were examined, in which 70 were men and 37 were women. The average age was 52.3 ± 18.29 . Photoplethysmography was used as a special research method, performed using the AngioScan-01 diagnostic complex. The main indicators used to evaluate the stiffness of large vessels were: stiffness index (SI), reflection index (RI), augmentation index (Alp75), age index (AGI), pulse wave types (PV) and vascular age (VA).

Results. The mean values of arterial stiffness indices in patients with essential arterial hypertension (AH) and healthy individuals (control) had significant differences. The mean SI, Alp75, and VA values in the group of patients with AH were 7.8 ± 1.03 , 7.0 ± 14.44 and 50.8 ± 15.93 versus 7.2 ± 1.73 , 0.5 ± 18.02 and 43.8 ± 16.94 , respectively ($p < 0.05$). In both groups, a strong inverse correlation of passport age with C-type PV was revealed ($r = 0.74$, $p < 0.01$), which reflected the dynamics of a gradual age-dependent decrease in vascular compliance.

The average VA value in the control group was 63.1 ± 16.99 years with an average passport age of 59.5 ± 8.79 years, which significantly differed from VA in hypertensive patients ($p < 0,05$). Overweight, hypercholesterolemia, elevated low-density lipoprotein levels, lack of adequate antihypertensive control, and left ventricular diastolic dysfunction were significantly associated with early vascular (arterial) aging.

Conclusion. Patients with hypertension, in addition to high blood pressure, significantly differ from normotensive control in terms of arterial stiffness. The lack of control over modifiable RF of patients with hypertension is associated with early vascular aging.

Keywords: arterial stiffness, vascular age, risk factors, arterial hypertension, early vascular aging.

For citation: Tuktarov A.M., Kazanceva T.S., Filippov A.E., Obrezan A.G. The Relationship of Modifiable Risk Factors with Indicators of Arterial Stiffness and Vascular Age in Patients with Arterial Hypertension. *Rational Pharmacotherapy in Cardiology* 2021;17(1):42-48. DOI:10.20996/1819-6446-2021-02-12.

*Corresponding Author (Автор, ответственный за переписку): artur-tuktarov@yandex.ru

Received/Поступила: 26.02.2020

Accepted/Принята в печать: 09.04.2020

Введение

Артериальная гипертензия (АГ) выявляется у 30-45% взрослого населения промышленно развитых стран и является одним из важнейших факторов риска (ФР) сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ). Повышенное артериальное давление (АД) в России отмечено у 43% обследованных [1]. АГ в самых разных возрастных группах определяет сердечно-сосудистую заболеваемость и смертность. Среди пациентов с АГ с ростом АД возрастает доля лиц с высоким риском смерти (>5%) от кардиоваскулярных причин [2]. С повышенным систолическим АД связаны 51% инсультов и 45% смертей от ишемической болезни сердца (ИБС) [3].

Развитие и прогрессирование АГ сопровождается характерными изменениями артериального русла, главными из которых являются: повышенная жесткость крупных сосудов (аорты и ее ветвей), структурное и функциональное разрежение микроциркуляторного русла, приводящее к снижению артериального комплаенса и росту периферического сосудистого сопротивления [4,5]. Следствиями повышенной ригидности сосудов является повышение центрального и пульсового АД, ухудшение коронарного кровообращения, кровообращения в сосудах головного мозга и почек, приводящее к повышенному риску кардиоваскулярных катастроф [6]. Отмеченные данные, полученные на основе анализа многоцентровых исследований, нашли отражение в Европейских рекомендациях по диагностике и лечению АГ 2007 г. [7] и в последующих программных документах Европейского и Национального общества кардиологов [8,9].

«Золотым стандартом» оценки артериальной жесткости является скорость распространения пульсовой волны (СПВ) на каротидно-фemorальном отрезке артериального русла. Исследования, выполненные в середине 1990-х, начале 2000-х гг. в разных странах, показали, что СПВ является независимым фактором риска и предиктором сердечно-сосудистых катастроф [10-12]. К числу перспективных методов оценки артериальной ригидности относится фотоплетизмография (ФПГ) [13,14]. Контурный анализ скорости распространения пульсовой волны позволяет выделить ударную и отраженную волны, рассчитать значения давления в различных точках пульсовой волны (ПВ), оценить амплификацию и аугментацию давления и время распространения ПВ. К достоинствам метода следует также отнести простоту выполнения теста (не требует специальных знаний от оператора), затраченное время (несколько минут) и высокую воспроизводимость, что чрезвычайно удобно при массовых скринингах. К числу очевидных достоинств следует отнести и алгоритм оценки, позволяющий, кроме прямых параметров артериальной жесткости, оценить артериальный возраст

пациента [15]. Есть основания полагать, что трансформация абстрактной величины абсолютного риска в более понятный для восприятия параметр – возраст, может стать важным инструментом коммуникации для повышения приверженности пациента к рекомендациям по изменению образа жизни и терапии.

Цель: изучить взаимосвязь модифицируемых факторов риска (ФР) с показателями артериальной жесткости и сосудистым возрастом на основе контурного анализа скорости распространения пульсовой волны у пациентов с артериальной гипертензией.

Материал и методы

Критерии для включения в исследование: больные, проходившие углубленное кардиологическое обследование при поликлинике ММЦ «СОГАЗ» (г. Санкт-Петербург) в период 2017-2018 гг., мужчины и женщины в возрасте 17-94 лет. До включения в исследование у всех участников было получено письменное информированное согласие. Всего в исследование включено 107 пациентов, которые в зависимости от наличия АГ были разделены на 2 группы: пациенты с АГ (основная группа, n=55) и лица без АГ (контроль, n=52).

Критерии исключения: ишемическая болезнь сердца, врожденные и приобретенные пороки сердца, кардиомиопатия, нарушения ритма сердца, наличие искусственного водителя ритма, сопутствующие хронические заболевания в стадии обострения.

Объем исследований включал общеклинические анализы крови и мочи, показатели липидного профиля и рутинной биохимической панели, электрокардиографию, эхокардиографию и дуплексное сканирование сонных артерий с оценкой толщины комплекса «интима-медиа».

Всем пациентам проведена ФПГ с помощью диагностического комплекса для автоматизированного анализа состояния сосудистой системы «АнгиоСкан-01» [16]. При исследовании сосудистой системы методом ФПГ оценивались следующие показатели:

1. SI – индекс жесткости (Stiffness Index): отражает среднюю СПВ по крупным резистивным сосудам, таким как аорта и ее ветви. Параметр является расчетным показателем и соответствует отношению длины аорты испытуемого к временному интервалу между максимумами прямой и отраженной ПВ;
2. RI – индекс отражения (Reflection Index): используется для оценки вклада отраженного компонента в ПВ. Этот показатель определяется как отношение максимальной амплитуды отраженной волны к максимальной амплитуде прямой волны, выраженное в процентах;
3. AIp75 – индекс аугментации при частоте пульса 75 уд/мин (Augmentation Index HR=75). Характе-

ризует вклад давления отраженной волны в пульсовое АД и позволяет количественно оценить тип кривой ПВ;

4. AGI – возрастной индекс (Aging Index) – показатель, отражающий соотношение различных компонентов ПВ объема;
5. VA – возраст сосудистой системы (Vascular Age) – расчетный показатель, основанный на возрастном индексе. Для определения возраста сосудистой системы строилось корреляционное поле зависимости возрастного индекса от возраста испытуемого, и затем по величине возрастного индекса рассчитывался возраст сосудистой системы. Данный показатель является интегральным и позволяет получить общую оценку состояния сердечно-сосудистой системы.
6. Тип ПВ: в зависимости от скорости распространения пульсовых волн и уровня центрального АД, кривая пульсовой волны может иметь несколько форм. Выделялись три типа пульсовых кривых – А (характерен для лиц пожилого и старческого возраста), В (промежуточный) и С (характерен для лиц до 40-45-летнего возраста).

Статистическая обработка данных, полученных во время исследования, производилась с помощью программы IBM SPSS Statistics. Для статистической обработки данных использовали стандартные методы вариационной статистики: вычисление средних и стандартных ошибок. Статистическая значимость различий оценивали с помощью t-критерия Стьюдента. Статистически значимыми считали различия при $p < 0,05$. Корреляционный анализ применялся для выявления

количественной и качественной взаимосвязи между переменными. Оценивались взаимосвязи при коэффициенте корреляции $r < 0,3$ как слабые, $0,3 < r < 0,7$ – как средние и $r > 0,7$ – как сильные. Также использовалась статистическая обработка данных методом множественной регрессии.

Результаты

Клинико-демографическая характеристика пациентов сравниваемых групп представлена в табл. 1. В основной группе по сравнению с контролем реже встречались такие факторы сердечно-сосудистого риска, как избыточный вес (индекс массы тела [ИМТ] $> 25,0$ кг/м²), нарушенная толерантность к глюкозе или сахарный диабет 2 типа. Группы не имели статически значимых отличий по полу, возрасту, статусу курения и наличию дислипидемии.

При сравнении показателей артериальной ригидности статистически значимые различия между двумя группами были выявлены для индекса жесткости, индекса аугментации, сосудистого возраста и частоте выявления волн типа А или С (табл. 2).

Тип волны А, характерный для лиц пожилого возраста, чаще выявлялся в основной группе, тогда как в контрольной группе преобладал С-тип ПВ, характерный для молодых лиц. В обеих группах выявлялась сильная обратная корреляция паспортного возраста с С-типом ПВ ($r = -0,74$, $p < 0,01$), что отражало динамику постепенного возраст-зависимого снижения сосудистого комплаенса.

Были выявлены корреляции средней силы с наличием или отсутствием у пациентов АГ, достаточным

Table 1. Clinical and demographic characteristics of patients in the compared groups

Таблица 1. Клинико-демографическая характеристика пациентов сравниваемых групп

Параметр	Основная группа (n=55)	Контроль (n=52)	p
Возраст, лет	50,8±15,93	48,1±18,74	$p > 0,05$
Мужчины, n (%)	46 (83,6)	37 (71,2)	$p > 0,05$
ИМТ $> 25,0$ кг/м ² , n (%)	19 (34,5)	40 (76,9)	$p < 0,05$
НТГ или СД 2 типа, n (%)	18 (32,7)	36 (69,2)	$p < 0,05$
Курение, n (%)	21 (38,2)	19 (36,5)	$p > 0,05$
Дислипидемия, n (%)	20 (36,4)	25 (48,1)	$p > 0,05$
Данные представлены в виде M±SD, если не указано иное			
ИМТ – индекс массы тела, НТГ – нарушение толерантности к глюкозе, СД – сахарный диабет			

Table 2. Indicators of arterial stiffness in the studied groups

Таблица 2. Показатели артериальной ригидности в изучаемых группах

Параметр	Основная группа (n=55)	Контроль (n=52)	p
SI, м/сек	7,8±1,03	7,2±1,73	0,02
RI, %	36,7±15,85	33,6±14,71	0,24
AIp75, %	7,0±14,44	0,5±18,02	0,04
VA, лет	52,39±9,27	43,8±16,94	0,01
A wave, n (%)	36 (65,5)	22 (42,3)	0,01
C wave, n (%)	13 (23,6)	24 (46,2)	0,01
Данные представлены в виде M±SD			
AIp75 – индекс аугментации при частоте пульса 75 уд/мин,			
A wave – тип пульсовой волны А, C wave – тип пульсовой волны С,			
RI – индекс отражения, SI – индекс жесткости, VA – возраст сосудистой системы			

Table 3. The relationship of arterial stiffness with the clinical course of hypertension and associated risk factors

Таблица 3. Взаимосвязь артериальной ригидности с клиническим течением АГ и сопутствующими факторами риска

Параметр	VA-age		Alp75		C-wave		A-wave	
	r	p	r	p	r	p	r	p
АГ	0,45	0,0001	0,45	0,0001	-0,47	0,0001	0,44	0,0001
АД	0,35	0,0001	0,21	0,006	-0,23	0,002	0,22	0,006
ИМТ >25кг/м ²	0,29	0,0005	0,26	0,002	-0,24	0,003	0,22	0,007
Атеросклероз СА	0,42	0,0003	0,42	0,0004	-0,41	0,0005	0,4	0,0008
ДДЛЖ	-0,35	0,001	-0,41	0,0001	0,45	0,00001	-0,33	0,003

АГ – артериальная гипертензия, АД – артериальное давление, ДДЛЖ – диастолическая дисфункция левого желудочка,
ИМТ – индекс массы тела, СА – сонные артерии

или недостаточным антигипертензивным контролем, избыточной массой тела, диастолической дисфункцией левого желудочка и наличием атеросклеротических бляшек в бассейне сонных артерий (табл. 3).

Особо следует отметить взаимосвязь показателей артериальной ригидности с диастолической дисфункцией. Соотношение пиков раннего (Е) и позднего (А) наполнения левого желудочка (ЛЖ) имело корреляцию средней силы с типом волны С, характерной для лиц пожилого и старческого возраста и возрастным индексом ($r=0,45$ и $0,33$ соответственно; $p<0,05$).

Как и величина АД, диастолическая функция ЛЖ изменяется с возрастом. С увеличением возраста соотношение пиков раннего (Е) и позднего (А) наполнения ЛЖ постепенно снижается. В норме паттерн Е/А становится отрицательным в возрасте между 60 и 70 годами. В основной группе отношение $E/A < 1,0$ отмечено в 63,6% ($n=35$) случаях, тогда как в группе контроля – только у 19,2% ($n=10$).

В дальнейшем, в зависимости от достижения целевых цифр АД, больные АГ ($n=55$) были разделены на подгруппы: 1-я – пациенты, достигшие нормотензии ($n=19$); 2-я – пациенты, не достигшие нормотензии ($n=20$); 3-я – пациенты с достигнутым целевым уровнем АД, уровнем общего холестерина $< 5,0$ ммоль/л, ХС ЛПНП $\leq 3,0$ ммоль/л, $E/A > 1$ ($n=8$); 4-я – больные, не достигшие целевых цифр АД, ИМТ выше нормы ($> 25,0$ кг/м²), уровнем холестерина $> 5,5$ ммоль/л, ЛПНП $> 3,0$ ммоль/л, $E/A < 1$ ($n=8$).

Сравнительный анализ показателей артериальной жесткости в отмеченных подгруппах показал, что группа пациентов, достигших нормотензии, значительно отличалась от группы больных, не достигших целевого АД по показателю VA-age – сосудистый возраст. Средние значения отмеченного показателя в первой подгруппе составили $54,5 \pm 2,30$ лет, тогда как во второй подгруппе – $62,1 \pm 2,56$ ($p=0,03$). Третья подгруппа характеризовалась значимыми отличиями от четвертой по индексу аугментации (Alp75) и VA-age. Данные сравнения 1 и

3 подгрупп по показателям артериальной ригидности были аналогичными со значениями подгрупп 3 и 4.

Последующий анализ, включавший сопоставление всех 4 подгрупп по сосудистому и паспортному возрастам (табл. 4), показал, что пациенты, достигшие целевого уровня АД, ХС ЛПНП, без признаков диастолической дисфункции ЛЖ и придерживающиеся здорового образа жизни (подгруппа 3), демонстрируют наилучшие показатели артериального возраста: разница между паспортным и сосудистым возрастом у них составляла 15,5 лет. Стойкая нормотензия (подгруппа 1) ассоциировалась с разницей между отмеченными показателями в 9,4 лет, и, наконец, частичное или полное отсутствие контроля за модифицируемыми факторами риска (2 и 4 подгруппы) ассоциировалось с увеличением сосудистого возраста на 2,4 и 3,6 лет соответственно.

Обсуждение

Понятие артериальной жесткости отражает физические свойства артериальной стенки, которые имеют

Table 4. Comparison of 1-4 subgroups by passport and vascular age

Таблица 4. Сопоставление 1-4 подгрупп по паспортному и сосудистому возрастам

Возраст	1 подгруппа (n=19)	2 подгруппа (n=20)	3 подгруппа (n=8)	4 подгруппа (n=8)
Паспортный возраст, лет	63,9±8,06	59,7±5,32*	57,8±14,17*†	59,5±8,79
Сосудистый возраст, лет	54,5±10,02	62,1±11,44*	42,3±9,72*†	63,1±16,99
Дельта, лет	+9,4	-2,4**	+15,4***††	-3,6

Данные представлены в виде $M \pm SD$
* $p < 0,05$, ** $p < 0,01$ по сравнению с 1 подгруппой;
† $p < 0,05$, †† $p < 0,01$ по сравнению с 4 подгруппой

непосредственное влияние на ее функционирование, так как определяют, как будет изменяться давление, кровотоки в артерии, а также ее диаметр с каждым сокращением сердца. В течение примерно 30 лет исследований артериальной жесткости методом измерения СПВ было накоплено множество сведений, подтверждающих важное значение этого параметра [10-12].

Повышение жесткости центральных артерий приводит к ряду неблагоприятных гемодинамических последствий, а именно: к повышению пульсового давления, к снижению стрессового индекса, отражающего вариабельность сердечного ритма, а также к повышению трансмиссии пульсовой волны в микроциркуляторное русло. Эти последствия имеют разрушительное влияние, что отчасти объясняет, почему артериальная ригидность – фактор риска. Ряд исследований, включающих различные когорты испытуемых показали, что повышение СПВ ассоциировано с повышенным риском ИБС, инсульта и комбинированных сердечно-сосудистых событий [10-12]. Повышение артериальной жесткости, даже несмотря на проводимое лечение АГ или другого сердечно-сосудистого заболевания, ассоциировано с высоким риском неблагоприятного исхода [17].

В ходе настоящего исследования с использованием метода фотоплетизмографии были выявлены показатели, обладающие прогностической значимостью в оценке упруго-эластических свойств артериального русла. К ним были отнесены: индекс жесткости (SI), индекс аугментации при ЧП=75 (AIp75), возраст сосудистой системы (VA-age) и тип пульсовой волны (тип «А» и тип «С»). Сопоставление отмеченных показателей у пациентов с АГ и здоровых лиц показало, что жесткость артериального русла в первом случае выражена в значительно большей степени.

Взаимосвязь между АГ и повышенной артериальной жесткостью является установленным фактом. Известно, что повышенная артериальная жесткость у гипертоников – это процесс длительного воздействия повышенного АД, которое делает крупные артерии более ригидными. При анализе данных, полученных в процессе Фрамингемского исследования сердца, было выяснено, что повышенная артериальная жесткость, рассчитанная по каротидно-фemorальной СПВ, была ассоциирована с прогрессирующим повышением АД и манифестацией АГ спустя 7 лет [18]. Тем не менее, при первом обследовании повышенное АД не было ассоциировано с прогрессирующим увеличением жесткости стенки аорты, что наталкивает на мысль о том, что повышение жесткости стенки аорты является, скорее, причиной повышения АД, нежели его последствием у лиц среднего и пожилого возраста. Полученные нами данные, а также результаты

некоторых других исследований поддерживают гипотезу об артериальной жесткости как одной из причин АГ [19].

Известно, что повышение жесткости аорты ассоциировано с повышенным риском инсульта, как ишемического, так и геморрагического [20]. Эта взаимосвязь может быть опосредована атеросклерозом, так как повышенная артериальная жесткость способствует атерогенезу и повышает риск разрыва атеросклеротической бляшки [21]. Как показали наши данные, с увеличением артериальной жесткости частота выявления атеросклеротических бляшек в бассейне сонных артерий также возрастала. Тем не менее, несмотря на то, что артериальная ригидность была ассоциирована с атеросклерозом, эта взаимосвязь была средней силы ($r=0,42$, $p<0,001$), что косвенно свидетельствует о том, что эти два процесса следует рассматривать как отдельные патофизиологические звенья. Аортальная ригидность может увеличивать вероятность развития атеросклероза как результата атерогенного действия гемодинамических нарушений, ассоциированных с уплотнением стенки аорты: повышенного пульсового давления, нарушения кровотока в крупных артериях: высокая скорость во время систолы и обратный ток во время диастолы [22].

Излишняя жесткость артерий оказывает негативное воздействие на сердце по нескольким механизмам. Артериальная ригидность повышает систолическую нагрузку на левый желудочек, в результате чего происходит его ремоделирование и снижение механической эффективности его работы [23]. Повышенная артериальная жесткость ассоциирована с нарушением диастолической функции левого желудочка, при котором повышается давление наполнения левого желудочка, что может ограничивать коронарную перфузию [24].

Патология артерий и ЛЖ имеет определенную общность: факторы риска диастолической дисфункции ЛЖ (АГ, возраст, атеросклероз) ассоциированы со снижением артериального комплаенса [20,22,24]. В то же время неадекватный артериальный комплаенс может вносить потенциальный вклад в диастолическую дисфункцию ЛЖ посредством увеличения пульсового давления и постнагрузки на ЛЖ, проводящей к гипертрофии ЛЖ и его субэндокардиальной ишемии. В исследовании М.Ф. О'Rourke было показано, что низкий артериальный комплаенс – независимый фактор риска диастолической сердечной недостаточности [25]. Артериальный комплаенс и артериальная гипертензия оказались единственными переменными, независимо связанными с диастолической дисфункцией ЛЖ, объясняя возможную механистическую связь между артериальной и диастолической дисфункцией, что согласовывалось с полученными нами данными. Между

показателями артериальной ригидности и диастолической функцией ЛЖ сердца имела место обратная корреляция средней силы. Соотношение пиков раннего и позднего наполнения $E/A < 1,0$ регистрировалось у 63,6% больных АГ, тогда как в группе контроля – только у 19,2%.

Артериальная жесткость ассоциирована с диастолической дисфункцией в результате прямого воздействия чрезмерной нагрузки и нарушения последовательности сокращения и расслабления кардиомиоцитов, а также непрямого влияния гипертрофии левого желудочка. При диастолической дисфункции повышается давление наполнения левого желудочка, что, в свою очередь, приводит к повышению нагрузки на предсердия [26].

Большинство исследователей отмечают важность оценки жесткости аорты в определении риска развития сердечно-сосудистых осложнений, а также необходимость поиска препаратов для ее медикаментозной коррекции. Лекарственное воздействие на жесткость аорты может быть прямым, обусловленным непосредственным влиянием препарата на артериальную стенку, и опосредованным, связанным со снижением АД, периферической вазодилатацией, изменением параметров отраженной волны, уменьшением частоты сердечных сокращений. Предполагается, что наиболее выраженным прямым воздействием на жесткость аорты обладают ингибиторы ангиотензин-превращающего фермента и антагонисты рецепторов ангиотензина, в меньшей степени – антагонисты кальциевых каналов и антагонисты альдостерона [27]. Немедикаментозные

вмешательства улучшают показатели артериальной ригидности посредством нескольких механизмов действия. Действие аэробных нагрузок опосредовано релаксацией гладкомышечных клеток сосудов вследствие увеличения биодоступности оксида азота, снижения активности окислительного стресса и воспалительных реакций. Среди диетологических подходов снижение потребления соли доказало свою эффективность в снижении артериальной жесткости вследствие влияния на уровень артериального давления [28]. Как показали полученные нами данные, наибольшую разницу (15,5 лет) между сосудистым и паспортным возрастом, говорящим о раннем сосудистом старении, демонстрировали пациенты с низкой приверженностью к терапии и не придерживающиеся здорового образа жизни.

Заклучение

Отсутствие контроля за модифицируемыми ФР ассоциируется с повышенной артериальной жесткостью и низким ($p < 0,05$) артериальным комплаенсом, свидетельствующими о преждевременном артериальном старении. Фотоплетизмография является простым и информативным методом оценки параметров артериальной ригидности, а сосудистый возраст может стать важным инструментом коммуникации для повышения приверженности пациента к рекомендациям по изменению образа жизни и терапии.

Отношения и Деятельность: нет.
Relationships and Activities: none.

References / Литература

1. Cardiovascular prevention 2017. National Guidelines. Russian Journal of Cardiology. 2018;(6):7-122 (In Russ.) [Кардиоваскулярная профилактика 2017. Российские национальные рекомендации. Российский Кардиологический Журнал. 2018;(6):7-122]. DOI:10.15829/1560-4071-2018-6-7-122.
2. Pencina M.J., D'Agostino R.B. Sr., Larson M.G., et al. Predicting the 30-year risk of cardiovascular disease: the framingham heart study. Circulation. 2009;119(24):3078-84. DOI:10.1161/CIRCULATIONAHA.108.816694.
3. Greenland P., Alpert J.S., Beller G.A., et al. 2010 ACCF/AHA guideline for assessment of cardiovascular risk in asymptomatic adults: a report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. J Am Coll Cardiol. 2010;56(25):e50-103. DOI:10.1016/j.jacc.2010.09.001.
4. Troitskaya E.A., Vel'makin S.V., Kobalava Z.D. Concept of vascular age: new tool in cardiovascular risk assessment. Arterial Hypertension. 2017;23(2):160-71 (In Russ.) [Троицкая Е.А., Вельмакин С.В., Кобалава Ж.Д. Концепция сосудистого возраста: новый инструмент оценки сердечно-сосудистого риска. Артериальная Гипертензия. 2017;23(2):160-71].
5. Sehgel N.L., Vatner S.F., Meininger G.A. "Smooth Muscle Cell Stiffness Syndrome"-Revisiting the Structural Basis of Arterial Stiffness. Front Physiol. 2015;6:335. DOI:10.3389/fphys.2015.00335.
6. Safar M.E., Asmar R., Benetos A., et al. French Study Group on Arterial Stiffness. Interaction between hypertension and arterial stiffness: an expert reappraisal. Hypertension. 2018;72(4):796-805. DOI:10.1161/HYPERTENSIONAHA.118.11212.
7. Mancia G., de Backer G., Dominiczak A. Guidelines for the management of arterial hypertension: The Task Force for the Management of Arterial Hypertension of the European Society of Hypertension (ESH) and of the European Society of Cardiology (ESC) J Hypertens. 2007;25(6):1105-87. DOI:10.1097/HJH.0b013e3281fc975a.
8. Mancia G., Fagard R., Narkiewicz K., et al. 2013 ESH/ESC Guidelines for the management of arterial hypertension: the Task Force for the management of arterial hypertension of the European Society of Hypertension (ESH) and of the European Society of Cardiology (ESC). J Hypertens. 2013;31(7):1281-357. DOI:10.1097/01.hjh.0000431740.32696.cc.
9. Williams B., Mancia G., Spiering W., et al. 2018 ESC/ESH guidelines for the management of arterial hypertension. Eur Heart J. 2018;39(33):3021-104. DOI:10.1093/eurheartj/ehy339.
10. Ohyama Y., Ambale-Venkatesh B., Noda C., et al. Aortic Arch Pulse Wave Velocity Assessed by Magnetic Resonance Imaging as a Predictor of Incident Cardiovascular Events: The MESA (Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis). Hypertension. 2017;70(3):524-30. DOI:10.1161/HYPERTENSIONAHA.116.08749.
11. Verwoert G.C., Elias-Smale S.E., Rizopoulos D., et al. Does aortic stiffness improve the prediction of coronary heart disease in elderly? The Rotterdam Study. J Hum Hypertens. 2012;26(1):28-34. DOI:10.1038/jhh.2010.124.
12. Ben-Shlomo Y., Spears M., Boustred C., et al. Aortic pulse wave velocity improves cardiovascular event prediction: an individual participant meta-analysis of prospective observational data from 17,635 subjects. J Am Coll Cardiol. 2014;63(7):636-46. DOI:10.1016/j.jacc.2013.09.063.
13. Paradar N., Chowdhury S.R. Coronary artery disease detection using photoplethysmography. 2017 39th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC); July 2017; Jeju Island, Republic of Korea. P. 100-3.
14. Hong K.S., Park K.T., Ahn J.M. Aging Index using Photoplethysmography for a Healthcare Device: Comparison with Brachial-Ankle Pulse Wave Velocity. Healthc Inform Res. 2015;21(1):30-4. DOI:10.4258/hir.2015.21.1.30.
15. Parfenov A.S. Rannjaja diagnostika serdechno-sosudistyh zabolevanij s ispol'zovaniem apparatno-programmnogo kompleksa «Angioskan-01». Poliklinika. 2012(21):70-4 (In Russ.) [Парфенов А.С. Ранняя диагностика сердечно-сосудистых заболеваний с использованием аппаратно-программного комплекса «Ангиоскан-01». Поликлиника. 2012;(21):70-4].
16. Orlova I.A., Nuraliev E.Y., Yarovaya E.B., Ageev F.T. Prognostic value of changes in arterial stiffness in men with coronary artery disease. Vasc Health Risk Manag. 2010;6:1015-21. DOI:10.2147/VHRM.S13591.
17. Kaess B.M., Rong J., Larson M.G., et al. Aortic stiffness, blood pressure progression, and incident hypertension. JAMA. 2012;308(9):875-81. DOI:10.1001/2012.jama.10503.

19. Ecobici M., Stoicescu C. Arterial stiffness and hypertension - which comes first? *Maedica (Buchar)*. 2017;12(3):184-90.
20. Laurent S., Katsahian S., Fassot C. et al. Aortic stiffness is an independent predictor of fatal stroke in essential hypertension. *Stroke*. 2003;34(5):1203-06. DOI:10.1161/01.STR.0000065428.03209.64.
21. Vasyuk YA., Ivanova S.V., Shkolnik E.L., 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.
22. Wilkinson I.B., McEniery C.M., Cockcroft J.R. Arteriosclerosis and atherosclerosis: guilty by association. *Hypertension*. 2009;54(6):1213-5. DOI:10.1161/HYPERTENSIONAHA.109.142612.
23. Mottram P.M., Haluska B.A., Leano R., et al. Relation of arterial stiffness to diastolic dysfunction in hypertensive heart disease. *Heart*. 2005;91(12):1551-6. DOI:10.1136/hrt.2004.046805.
24. van Popele N.M., Grobbee D.E., Bots M.L., et al. Association between arterial stiffness and atherosclerosis: the Rotterdam Study. *Stroke*. 2001;32(2):454-60. DOI:10.1161/01.str.32.2.454.
25. O'Rourke M.F. Diastolic heart failure, diastolic left ventricular dysfunction and exercise intolerance. *J Am Coll Cardiol*. 2001;38(3):803-5. DOI:10.1016/s0735-1097(01)01452-8.
26. Mitchell G.F., Vasan R.S., Keyes M.J. et al. Pulse pressure and risk of new-onset atrial fibrillation. *JAMA*. 2007;297(7):709-15. DOI:10.1001/jama.297.7.709.
27. Shupenina E.Y., Vasyuk YA., Khadzegova A.B., et al. A comparison of the main antihypertensive drugs from the viewpoint of aortic stiffness modification in arterial hypertension. *Cardiovascular Therapy and Prevention*. 2014;13(2):76-9 (In Russ.) [Шупенина Е.Ю., Васюк Ю.А., Хадзегова А.Б. и др. Сравнительная оценка влияния основных классов антигипертензивных препаратов на жесткость аорты у больных артериальной гипертензией. *Кардиоваскулярная Терапия и Профилактика*. 2014;13(2):76-9]. DOI:10.15829/1728-8800-2014-2-76-79.
28. Sacre J.W., Jennings G.L., Kingwell B.A. Exercise and dietary influences on arterial stiffness in cardiometabolic disease. *Hypertension*. 2014;63(5):888-93. DOI:10.1161/HYPERTENSIONAHA.113.02277.

About the Authors / Сведения об авторах

Туктаров Артур Марсович [Arthur M. Tuktarov]

eLibrary SPIN: 3100-8932. ORCID: 0000-0002-4653-4185.

Казанцева Татьяна Сергеевна [Tat'yana S. Kazanceva]

ORCID: 0000-0003-4280-5416.

Филиппов Александр Евгеньевич [Aleksandr E. Filippov]

eLibrary SPIN: 9717-0103. ORCID: 0000-0002-4413-5068

Обрезан Андрей Григорьевич [Andrey G. Obrezan]

eLibrary SPIN: 4790-3880. ORCID: 0000-0001-6115-7923.