

УДК 616.12-008.331.1+616.124.2]-073.43

Жесткость сосудистой стенки и показатели тканевого доплера у пациентов с артериальной гипертензией

Е. А. Григоричева^{1, 2}, И. В. Медведенко³, Е. В. Ярушина², А. С. Питиримова², Е. А. Синютина¹¹ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Южно-Уральский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Челябинск, Россия

² Клиника федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования

«Южно-Уральский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Челябинск, Россия

³ Государственное автономное учреждение здравоохранения «Областная клиническая больница № 3», Челябинск, Россия

Vascular wall stiffness and tissue Doppler parameters in patients with arterial hypertension

E. A. Grigorieva^{1, 2}, I. V. Medvedenko³, E. V. Yarushina², A. S. Pitirimova², E. A. Sinyutina¹¹ South-Urals State Medical University, Chelyabinsk, Russia² Clinic of the South-Urals State Medical University, Chelyabinsk, Russia³ Regional Clinical Hospital No. 3, Chelyabinsk, Russia

Аннотация. Актуальность. Нарушение жесткости сосудистой стенки и структурно-функциональное ремоделирование миокарда у пациентов с артериальной гипертензией связаны между собой едиными патогенетическими механизмами и определяют прогноз пациента с повышенным артериальным давлением. **Цель исследования.** Определить взаимосвязь артериальной жесткости и показателей диастолической дисфункции по данным тканевого доплера у пациентов с артериальной гипертензией. **Материалы и методы.** В исследование включены 75 пациентов с артериальной гипертензией в возрасте ($53,3 \pm 15,5$) года. Проведено исследование уровня сердечно-сосудистого риска, показателей артериальной жесткости, типа ремоделирования левого желудочка и нарушения диастолической функции. **Результаты и выводы.** Обнаружена достоверная связь артериальной жесткости и показателей тканевого доплера (корреляция значима при сопоставлении диастолической дисфункции с индексом аугментации, временем распространения отраженной волны и индексом аугментации в аорте).

Ключевые слова: артериальная жесткость; сердечно-сосудистое ремоделирование; диастолическая дисфункция; артериальная гипертензия.

Abstract. Relevance. Impaired vascular wall stiffness and structural and functional myocardial remodeling in patients with arterial hypertension are associated with common pathogenetic mechanisms and determine the prognosis of a patient with high blood pressure. **The aim of the study.** To determine the relationship between arterial stiffness and diastolic dysfunction indices according to tissue Doppler data in patients with arterial hypertension. **Materials and methods.** The study included 75 patients with arterial hypertension, aged 53.3 ± 15.5 years. A study was conducted of the level of cardiovascular risk, arterial stiffness indices, type of left ventricular remodeling and diastolic dysfunction. **Results and conclusions.** A reliable relationship was found between arterial stiffness and tissue Doppler indices (the correlation is significant when comparing diastolic dysfunction with the augmentation index, the time of reflected wave propagation and the augmentation index in the aorta).

Keywords: arterial stiffness; cardiovascular remodeling; diastolic dysfunction; arterial hypertension.

Актуальность. Ремоделирование сердечно-сосудистой системы в условиях повышенной гемодинамической нагрузки включает весь комплекс структурно-функциональных изменений сердца и сосудов. В сердце наряду с гипертрофией левого желудочка и ее различными геометрическими типами ремоделирование проявляется диастолическими нарушениями, диагностируемыми на основании показателей трансмитрального кровотока и тканевого доплера [1, 5, 6, 10]. Тканевая доплерэхокардиография представляет возможность исследования механики движения сердца, позволяет проводить раннюю диагностику и контроль лечения сердечной недостаточности, гипертонической болезни, прогнозировать возникновение дисфункции миокарда, ранней стадией которой может быть гипер-

трофия миокарда желудочков при артериальной гипертензии [2, 7, 11]. Ремоделирование сосудов на уровне морфологии соответствует процессам диффузного утолщения сосудистой стенки и атерогенеза, а функциональные изменения проявляются дисфункцией эндотелия и повышенной ее жесткостью. Обнаружена тесная связь жесткости сосудистой стенки с сердечно-сосудистой заболеваемостью и смертностью, включая инфаркт миокарда, хроническую сердечную недостаточность (ХСН), инсульт, деменцию и хроническую почечную недостаточность (ХПН) [3, 7, 9]. Повышенная жесткость сосудистой стенки и морфофункциональное ремоделирование миокарда являются патогенетическими звеньями единого процесса, объединяя понятия нарушенного каркаса сердца и сосудов [8, 9].

Все вышеизложенное предполагает общность процессов нарушения каркаса сердца и артериальной жесткости, как на стадии формирования, так и на стадии прогрессирования артериальной гипертензии.

Цель исследования: определить взаимосвязь жесткости сосудистой стенки и показателей тканевого доплера у пациентов с артериальной гипертензией.

Материалы и методы. Проведено одномоментное когортное контролируемое исследование 75 пациентов с эссенциальной артериальной гипертензией 1–2-й степени, I–II степени, не получающих антигипертензивную терапию, в возрасте 40–59 лет, средний возраст исследуемых — $(53,3 \pm 15,5)$ года. Критерием исключения считали отказ пациента от подписания информированного согласия. Группу контроля составили 50 практически здоровых лиц, сопоставимых по полу и возрасту с участниками исследования и подписавших информированное согласие.

Исследование одобрено этическим комитетом ФГБОУ ВО ЮУГМУ Минздрава России, протокол № 3 от 15.03.2019.

Исследуемой группе были проведены все обследования, входящие в стандарт, согласно рекомендациям по диагностике и лечению артериальной гипертензии [2, 11].

1. Клинические исследования:

1.1. Антропометрические: определение роста, веса и индекса массы тела (ИМТ), окружности талии по рекомендациям ВОЗ. Абдоминальным типом ожирения считали наличие окружности талии у мужчин 102 см и выше, у женщин — 88 см и выше при ИМТ выше или равном 25 кг/м^2 .

1.2. Определение артериального давления согласно клиническим рекомендациям 2024 года «Артериальная гипертензия у взрослых» [2].

2. Инструментальные исследования:

2.1. Эхокардиографическое исследование проводилось на ультразвуковом сканере Philips iE 33 матричным датчиком X5-1 в положении больного лежа на спине и на левом боку под углом 45° по стандартным методикам с измерением толщины межжелудочковой перегородки (ТМЖП), толщины задней стенки (ТЗС) в диастолу, конечного диастолического размера (КДР), расчетом индекса массы миокарда левого желудочка (ИММЛЖ), фракции выброса (ФВ), размера левого предсердия (ЛП), правого желудочка (ПЖ) по длинной и поперечной оси, скорости трикуспидальной регургитации (СТР). Тип гипертрофии и ремоделирования левого желудочка определяли по показателю ОТМС. Объем ЛП определяется из верхушечных 4-камерных и 2-камерных доступов с расчетом индексированного показателя ИЛП. С помощью тканевой доплерографии (ТКД) измерялись и вычислялись следующие показатели:

а) средняя скорость раннего диастолического пика от кольца митрального клапана — e' , см/с;

б) E/e' — отношение трансмитрального Е пика к тканевому миокардиальному доплеровскому e' .

К эхокардиографическим критериям диастолической дисфункции ЛЖ относили:

- снижение показателя e' , характеризующего миокардиальную релаксацию (менее 8 см/с от септальной стенки, менее 10 см/с от латеральной и менее 9 см/с среднее);

- увеличение соотношения E/e' более 8.

2.2. Определение жесткости сосудистой стенки проводилось на плечевой артерии осциллометрическим методом на аппарате BPlab (производитель «Петр Телегин») с последующим комплексным анализом изменения пульсовой волны в лаборатории предприятия-изготовителя по стандартным методикам и с применением пакета прикладных программ Vasotens Office. Рассчитывались уровни систолического и диастолического давления, среднего артериального давления, пульсового артериального давления, RWTT — время распространения отраженной волны, индекс аугментации (AIx), скорость распространения пульсовой волны в аорте (PWVao).

Метод был валидизирован путем сопоставления полученных данных со стандартными исследованиями, валидация скорости пульсовой волны и центрального артериального давления по Сфигмокуру.

Статистический анализ материала проводился с помощью программы SPSS Statistics 20.0. Полученные результаты представлены в виде $(M \pm \sigma)$, где M — среднее значение, σ — стандартное отклонение. Для поиска взаимосвязей между данными использовался корреляционный анализ, рассчитывался коэффициент корреляции Спирмена. Критический уровень значимости равен 0,05.

Результаты исследования. Показатели эхокардиографии и ультразвукового исследования сонных артерий изложены в таблице 1.

У подавляющего большинства пациентов, включенных в исследование, выявлены признаки гипертрофии левого желудочка. У всех пациентов тип гипертрофии был расценен как концентрический. При отсутствии гипертрофии левого желудочка у 4 человек выявлялись признаки концентрического ремоделирования левого желудочка. Индекс левого предсердия был увеличен у 95% исследуемых.

Увеличение СТР зарегистрировано у 25% пациентов. Нарушение показателей тканевой доплерографии выявлено у 69%, систолическая функция по данным фракции выброса нарушена не была. Таким образом, наиболее типичными для исследуемой группы были концентрический тип гипертрофии левого желудочка, увеличение левого предсердия с нарушением диастолической функции по ТДГ.

В таблице 2 приведены показатели систолического и диастолического артериального давления (САД, ДАД) и жесткости сосудистой стенки.

Показатели жесткости сосудистой стенки в изучаемой группе пациентов с АГ достоверно отличались от группы контроля. Показатели центрального систолического и диастолического давления в аорте соответствовали уровню артериального давления в плечевой артерии (коэффициент корреляции 0,78 и 0,85 соответственно).

Таблица 1

Показатели эхокардиографии и ультразвукового исследования сосудов в исследуемой группе в сравнении с группой контроля

Показатели	Пациенты с АГ (n=75)			Группа контроля (n=50)			
	М	σ	Отклонение от нормы	М	σ	Отклонение от нормы	р
ИММЛЖ, г/м ² ср.	131,6	15,2	52 (69 %)	84	10,2	0	0,001
ИММЛЖ, г/м ² , мужчины (n=23)	78,2	22,5	51 (68 %)	71	13,2	0	0,78
ИММЛЖ, г/м ² , женщины (n=52)	80,2	8,5	53 (70 %)	62	9,3	0	0,14
ИОЛП, мл/м ²	26	5,1	72 (95 %)	23	4,2	0	0,04
ФВ	57	3,1	0	62	2,5	0	0,45
Наличие нарушений по данным тканевой доплерографии	—	—	52 (69 %)	—	—	2 (4 %)	0,001 (X ² =52)
Примечание: АГ — артериальная гипертензия; ИММЛЖ — индекс массы миокарда левого желудочка; ИОЛП — индекс объема левого предсердия; ФВ — фракция выброса.							

Таблица 2

Показатели артериального давления и сосудистой ригидности

Показатели	Пациенты с АГ (n=75)			Группа контроля (n=50)			р
	М	σ	Отклонение от нормы	n=50	М±σ	Отклонение от нормы	
Инструментальные данные							
САД офисное, мм рт. ст.	144,3	9,02	75 (100 %)	115	10	0	0,001
ДАД офисное, мм рт. ст.	95,6	6,0	75 (100 %)	74	6,0	0	0,001
ПД, мм рт. ст.	49,3	8,8	37 (49 %)	46	3,9	0	0,002
SBPao, мм рт. ст.	146,4	9,6	70 (93 %)	114,4	7,7	0	0,002
DBPao, мм рт. ст.	98,9	7,2	65 (86 %)	77,3	6,0	0	0,004
Время распространения отраженной волны (RWTT), с	105,4	16,7	55 (74 %)	120,3	15,2	3 (6 %)	0,01
Скорость распространения пульсовой волны в аорте (PWVao), м/с	12,8	1,2	60 (82 %)	10,1	1,2	6 (12 %)	0,004
Индекс аугментации (AIx)	11,7	4,2	74 %	−12,3	2,4	84 %	0,002
Примечание: САД — систолическое артериальное давление; ДАД — диастолическое артериальное давление; ПД — пульсовое давление; SBPao — систолическое давление в аорте; DBPao — диастолическое давление в аорте.							

Для изучения силы и характера связи показателей сердечно-сосудистого ремоделирования и сосудистой ригидности был проведен непараметрический корреляционный анализ. Данные этого анализа приведены в таблице 3. Получена достоверная связь средней силы показателей ригидности сосудистой стенки и основ-

ных показателей морфофункционального состояния миокарда, а именно ИММЛЖ, ИОЛП, измененных показателей тканевой доплерографии. Эти два процесса могут быть объединены общим патогенезом, а также комплексным воздействием факторов риска сердечно-сосудистых заболеваний.

Таблица 3

Коэффициенты корреляции показателей сосудистой ригидности и сердечно-сосудистого ремоделирования

Показатели	ИММЛЖ, г/м ²	Нарушение процессов расслабления по данным тканевого доплера	ИОЛП, мл/м ²
ПД, мм рт. ст.	0,383 **	0,317 *	0,370 **
SBPao, мм рт. ст.	0,315 *	0,432 *	0,303 *
DBPao, мм рт. ст.	0,317 **	0,350 *	0,386 *
Время распространения отраженной волны (RWTT), с	0,348 *	0,350 *	0,441 **
Скорость распространения пульсовой волны в аорте (PWVao), м/с	0,315 *	0,356 **	0,315 *
Индекс аугментации (AIx)	0,432 **	0,315 **	0,315 **

Примечание: * — $p < 0,05$; ** — $p < 0,01$; ИММЛЖ — индекс массы миокарда левого желудочка; ИОЛП — индекс объема левого предсердия; ПД — пульсовое давление; SBPao — систолическое давление в аорте; DBPao — диастолическое давление в аорте.

Обсуждение. Концепция сердечно-сосудистого континуума предполагает стадийность и направленность процессов сердечно-сосудистого ремоделирования на каждом его этапе: от нарушений в каркасе сердца и сосудов до гипертрофии стенок сердца, утолщения сосудистой стенки с развитием атеросклеротического процесса и сердечной недостаточности [5, 6, 9]. Увеличение жесткости сосудистой стенки является неспецифическим процессом и сопровождает сердечно-сосудистое заболевание, по-видимому, с его дебюта [6]. В нашей работе нарушения расслабления по показателям тканевой доплерографии были выявлены в 69% случаев, повышение жесткости сосудистой стенки соответствовало проявлениям «гипертонического сердца», а именно наличию гипертрофии миокарда, что соответствует работам зарубежных авторов: E. Einarsen и др. [6] и H. L. Kim и др. [9]. Мы предположили, что процессы

ремоделирования каркасной основы сердца и жесткости сосудистой стенки протекают параллельно друг другу, что соответствует исследованию Relations between aortic stiffness and left ventricular structure and function in older participants in the Age, Gene/Environment Susceptibility — Reykjavik Study [4], в котором получены данные, указывающие на взаимосвязь жесткости сосудистой стенки и ремоделирования миокарда левого желудочка как единого процесса.

Заключение:

1. Нарушения расслабления левого желудочка по данным тканевой доплерографии были выявлены у 69% пациентов с артериальной гипертензией.

2. При проведении непараметрического корреляционного анализа была обнаружена положительная достоверная связь времени распространения пульсовой волны с показателями тканевого доплера.

Литература

1. Галявич А. С., и др. Хроническая сердечная недостаточность. Клинические рекомендации 2024 // Российский кардиологический журнал. – 2024. – Т. 29, № 11. – С. 6162–6267.
2. Кобалава Ж. Д., и др. Артериальная гипертензия у взрослых. Клинические рекомендации 2024 // Российский кардиологический журнал. – 2024. – Т. 29, № 9. – С. 6117–6235.
3. Bäck M., и др. Cardio-ankle vascular index for predicting cardiovascular morbimortality and determinants for its progression in the prospective advanced approach to arterial stiffness (TRIPLE-A-Stiffness) study // EBioMedicine. – 2024. – Т. 103. – С. 414–423.
4. Bell V., и др. Relations between aortic stiffness and left ventricular structure and function in older participants in the Age, Gene/Environment Susceptibility — Reykjavik Study // Circulation: Cardiovascular Imaging. – 2015. – Т. 8, № 4. – С. e003039.
5. Cuspidi C., и др. Increased arterial stiffness and left ventricular remodelling as markers of masked hypertension: findings from the PAMELA population // Journal of Hypertension. – 2025. – Т. 43, № 5. – С. 781–789.
6. Einarsen E., и др. Association of increased arterial stiffness with diastolic dysfunction in ischemic stroke patients: the Norwegian Stroke in the Young Study // Journal of Hypertension. – 2020. – Т. 38, № 3. – С. 467–473.
7. Goulas I., и др. Prevalence of masked hypertension and its association with left ventricular hypertrophy in children and young adults with chronic kidney disease: a systematic review and meta-analysis // Journal of Hypertension. – 2023. – Т. 41, № 5. – С. 699–707.
8. Kawabata T., и др. Insufficient blood pressure control is independently associated with increased arterial stiffness // Hypertension Research. – 2022. – Т. 45, № 12. – С. 1861–1868.
9. Kim H. L., и др. Arterial stiffness and its associations with left ventricular diastolic function according to heart failure types // Clinical Hypertension. – 2023. – Т. 29, № 1. – С. 8.
10. Kreutz R., и др. 2024 European Society of Hypertension clinical practice guidelines for the management of arterial hypertension // European journal of internal medicine. – 2024. – Т. 126. – С. 1–15.

11. McEvoy J. W., и др. 2024 ESC Guidelines for the management of elevated blood pressure and hypertension: Developed by the task force on the management of elevated blood pressure and hypertension of the European Society of Cardiology (ESC) and endorsed by the European Society of Endocrinology (ESE) and the European Stroke Organisation (ESO) // European heart journal. – 2024. – Т. 45, № 38. – С. 3912–4018.

Сведения об авторах

Григоричева Елена Александровна, д-р мед. наук, профессор кафедры поликлинической терапии и клинической фармакологии ФГБОУ ВО ЮУГМУ Минздрава России

Адрес: 454092, г. Челябинск, ул. Воровского, 64; телефон 8 351 232-73-71; электронная почта lenaqrq@rambler.ru

Медведенко Игорь Владимирович, врач-кардиолог ГАУЗ «ОКБ № 3» г. Челябинска

Электронная почта medved3okb@mail.ru

Ярушина Екатерина Витальевна, врач-кардиолог Клиники ФГБОУ ВО ЮУГМУ Минздрава России

Электронная почта evya_77@mail.ru

Питиримова Александра Сергеевна, врач функциональной диагностики Клиники ФГБОУ ВО ЮУГМУ Минздрава России

Электронная почта perminova6666@gmail.com

Синютина Евгения Алексеевна, клинический ординатор кафедры поликлинической терапии и клинической фармакологии ФГБОУ ВО ЮУГМУ Минздрава России

Электронная почта Sinyutina-2015@mail.ru
