

Сравнение ассоциации брахиального артериального давления и параметров центрального аортального давления с гипертрофией левого желудочка в общей популяции Новосибирска

Цветкова Е. Е., Кузнецов А. А., Денисова Д. В., Рагино Ю. И., Воевода М. И.

Цель. Существуют данные, что центральное аортальное давление более ассоциировано с гипертрофией миокарда левого желудочка, чем брахиальное артериальное давление (АД). Цель данной работы — сравнить ассоциацию брахиального АД и параметров центрального аортального давления с электрокардиографическими показателями гипертрофии левого желудочка в общей популяции Новосибирска.

Материал и методы. Обследовали 327 человек: 155 мужчин и 172 женщины в возрасте 25–44 лет из репрезентативной выборки из общей популяции Новосибирска. В программу исследования входили антропометрия, измерение АД, электрокардиография, биохимический анализ крови. Аппланационную тонометрию радиальной артерии и анализ пульсовой волны осуществили с помощью системы SphygmoCor. Гипертрофию миокарда левого желудочка определили по электрокардиографическим индексам. При анализе данных использовали методы описательной статистики и общую линейную модель (GLM).

Результаты. В общей популяции Новосибирска центральное аортальное давление в большей степени, чем брахиальное АД, ассоциировано с электрокардиографическими показателями гипертрофии левого желудочка. При одновременном включении в модель центральное пульсовое давление, в отличие от брахиального АД, значимо ассоциировано с индексом $R_1 + S_{III}$ ($p=0,0085$), а также с амплитудой зубцов R_1 ($p=0,0038$) и R_{aVL} ($p=0,0039$). В свою очередь, при одновременном включении в модель центральное систолическое аортальное давление, в отличие от брахиального систолического АД, значимо ассоциировано с амплитудами зубцов R_1 ($p=0,042$) и R_{aVL} ($p=0,029$). Параметры амплификации центрального аортального давления независимо от брахиального АД связаны с показателями гипертрофии левого желудочка. Амплификация пульсового давления в группах с отсутствием и наличием гипертрофии левого желудочка, стандартизованная на возраст, пол, рост, окружность талии, частоту сердечных сокращений, уровень триглицеридов, холестерина липопротеинов высокой плотности, холестерина липопротеинов низкой плотности, глюкозы крови, а также брахиальное пульсовое давление, составила 13,3 мм рт.ст. и 12,5 мм рт.ст., соответственно ($p=0,035$).

Заключение. Результаты настоящего исследования обосновывают актуальность практического использования параметров центрального аортального давления дополнительно к офисному измерению брахиального АД.

Ключевые слова: центральное аортальное давление, гипертрофия левого желудочка.

Конфликт интересов: не заявлен.

Финансирование. Работа выполнена в рамках бюджетной темы № АААА-А17-117112850280-2 по Государственному заданию № 0324-2018-0001.

Научно-исследовательский институт терапии и профилактической медицины — филиал ФГБНУ Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук, Новосибирск, Россия.

Цветкова Е.Е.* — аспирант, ORCID: 0000-0003-4342-0315, Кузнецов А.А. — д.м.н., в.н.с. лаборатории молекулярно-генетических исследований терапевтических заболеваний, ORCID: 0000-0003-3502-7599, Денисова Д.В. — д.м.н., в.н.с. лаборатории профилактической медицины, ORCID: 0000-0002-2470-2133, Рагино Ю.И. — д.м.н., профессор, член-корреспондент РАН, зам. руководителя по научной работе, зав. лабораторией клинических, биохимических и гормональных исследований терапевтических заболеваний, ORCID: 0000-0002-4936-8362, Воевода М.И. — д.м.н., профессор, академик РАН, руководитель, ORCID: 0000-0001-9425-413X.

*Автор, ответственный за переписку (Corresponding author):
TL-OXA@mail.ru

АД — артериальное давление, АПД — амплификация пульсового давления, ГЛЖ — гипертрофия левого желудочка, НАСД — неаугментированная амплификация систолического давления, ПД — брахиальное пульсовое давление, САД — брахиальное систолическое артериальное давление, ЦАД — центральное аортальное давление, цПД — центральное пульсовое давление, цСАД — центральное систолическое аортальное давление.

Рукопись получена 09.07.2018

Рецензия получена 05.09.2018

Принята к публикации 10.10.2018



Российский кардиологический журнал. 2019;24(1):18–22

<http://dx.doi.org/10.15829/1560-4071-2019-1-18-22>

Comparison of the association of brachial arterial pressure and parameters of central aortic pressure with left ventricular hypertrophy in the general population of Novosibirsk

Tsvetkova E. E., Kuznetsov A. A., Denisova D. V., Ragino Yu. I., Voevoda M. I.

Aim. There is evidence that central aortic blood pressure (BP) is more associated with left ventricular myocardial hypertrophy than brachial BP. The purpose of this work is to compare the association of brachial and central aortic BP with electrocardiographic parameters of left ventricular hypertrophy in the general population of Novosibirsk.

Material and methods. We examined 327 people: 155 men and 172 women aged 25–44 years from a representative sample from the general population of Novosibirsk. The study program included anthropometry, BP measurement, electrocardiography, biochemical blood analysis. Radial artery applanation tonometry and pulse wave analysis were performed using the SphygmoCor system. Left ventricular hypertrophy was determined by electrocardiographic parameters.

Results. In the general population of Novosibirsk, central aortic BP is more associated with left ventricular myocardial hypertrophy than brachial BP. Central pulse pressure, in contrast to brachial BP, is significantly associated with the $R_1 + S_{III}$ index ($p=0,0085$), as well as R_1 ($p=0,0038$) and R_{aVL} ($p=0,0039$) wave amplitude. Central systolic aortic BP, in contrast to brachial systolic BP, is significantly

associated with R_1 ($p=0,042$) and R_{aVL} ($p=0,029$) wave amplitudes. Amplification parameters of central aortic BP, regardless of brachial BP, are associated with indices of left ventricular hypertrophy. Pulse pressure amplification in groups with or without left ventricular hypertrophy, standardized for age, gender, height, waist circumference, heart rate, triglyceride levels, high density lipoprotein cholesterol, low density lipoprotein cholesterol, blood glucose, and brachial pulse pressure, was 13,3 mm Hg and 12,5 mm Hg, respectively ($p=0,035$).

Conclusion. The results of this study substantiate the relevance of the practical use of central aortic BP parameters in addition to the office measurement of brachial BP.

Russian Journal of Cardiology. 2019;24(1):18–22

<http://dx.doi.org/10.15829/1560-4071-2019-1-18-22>

Key words: central aortic pressure, left ventricular hypertrophy.

Conflicts of interest: nothing to declare.

Funding. The work was carried out within the framework of budget project № AAAA-A17-117112850280-2 of the Government task №0324-2018-0001.

Institute of Cytology and Genetics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia.

Tsvetkova E.E. ORCID: 0000-0003-4342-0315, Kuznetsov A.A. ORCID: 0000-0003-3502-7599, Denisova D.V. ORCID: 0000-0002-2470-2133, Ragino Yu.I. ORCID: 0000-0002-4936-8362, Voevoda M.I. ORCID: 0000-0001-9425-413X.

Received: 09.07.2018 **Revision Received:** 05.09.2018 **Accepted:** 10.10.2018

Брахиальное артериальное давление (АД) не всегда точно отражает центральное аортальное давление (ЦАД) [1, 2]. Значения диастолического АД и среднего АД относительно постоянные на протяжении всего артериального русла, а систолическое АД в брахиальной артерии может быть до 40 мм рт.ст. выше, чем в аорте [3-5].

Сердце, почки и магистральные артерии, снабжающие головной мозг, подвержены влиянию ЦАД больше, чем брахиального АД. Существуют данные, показывающие, что ЦАД более ассоциировано с гипертрофией миокарда левого желудочка (ГЛЖ) и другими маркерами поражения органов-мишеней, чем брахиальное АД [6-9].

Цель данной работы — сравнить ассоциацию брахиального АД и параметров ЦАД с электрокардиографическими показателями ГЛЖ в общей популяции Новосибирска.

Материал и методы

Обследовали 327 человек: 155 мужчин и 172 женщины в возрасте 25-44 лет из репрезентативной выборки из общей популяции жителей Октябрьского района г. Новосибирска, включенные в исследование в период с марта 2014г по май 2015г. Выборку сформировали при помощи таблицы случайных чисел. Протокол исследования был одобрен локальным этическим комитетом. До включения в исследования у всех участников было получено добровольное информированное согласие. В программу исследования входили антропометрия, измерение АД, электрокардиография, биохимический анализ крови.

Аппланационную тонометрию радиальной артерии и анализ пульсовой волны осуществили с помощью системы SphygmoCor (AtCorMedical, Австралия). С целью калибровки системы использовали значения артериального давления в брахиальной артерии, измеренного с помощью автоматического сфигмоманометра Omron HEM-9000AI (Omron, Япония). Дополнительно рассчитали амплификацию систолического давления как разницу между брахиальным систолическим АД и центральным систолическим АД [10], амплификацию пульсового давления — как разницу между брахиальным пульсовым давлением и центральным аортальным пульсовым давлением, неаугментированную амплификацию систолического давления — как разницу между значением брахиального давления в точке первого систолического пика и значением ЦАД в точке первого систолического пика [10]. Исследование проводили

в первой половине дня, за 30 мин до начала исключались физические и психологические нагрузки, курение и употребление тонизирующих напитков.

ГЛЖ определили по модифицированным нами электрокардиографическим индексам для отведений от конечностей: $R_I > 15$ мм, $R_I + S_{III} > 25$ мм, $R_{aVL} > 11$ мм [11, 12]. Данные индексы были выбраны на основании большей воспроизводимости, чем индексы для грудных отведений, в силу меньшей зависимости от точности установки электродов. Учитывая недостаточное для статистического анализа число лиц, у которых использованные индексы превышали предложенные авторами значения, мы констатировали “условную” ГЛЖ, если любой из указанных вольтажных показателей превышал значение верхней четверти.

Критерием для определения брахиальной артериальной гипертензии считали значение брахиального АД 140/90 мм рт.ст. [13]. При определении центральной аортальной гипертензии пороговым диагностическим значением считали значение ЦАД 125/90 мм рт.ст. [2].

При анализе данных использовали методы описательной статистики и общую линейную модель (GLM). Результаты представлены в виде среднего значения с мерой вариации в виде ошибки средней. При интерпретации статистических тестов максимальной вероятностью ошибки (минимальный уровень значимости) считали значение $p < 0,05$.

Результаты

Контролируемые в исследовании и статистическом анализе показатели представлены в таблице 1.

В таблице 2 представлены результаты тестирования ассоциации брахиального АД и ЦАД с электрокардиографическими вольтажными показателями гипертрофии левого желудочка. При одновременном включении в модель центрального систолического аортального давления (цСАД) с брахиальным систолическим АД (САД) и центрального пульсового давления (цПД) с брахиальным пульсовым давлением (ПД), достоверная связь параметров брахиального АД с показателями гипертрофии левого желудочка отсутствовала, но отмечена независимая связь параметров ЦАД с показателями ГЛЖ.

Рисунок 1 демонстрирует достоверное различие в уровне цПД у лиц с отсутствием и наличием ГЛЖ, независимое от возраста, пола, роста, окружности талии, частоты сердечных сокращений, уровня триглицеридов, холестерина липопротеинов высокой

Таблица 1

Контролируемые в исследовании показатели

Контролируемые показатели	N	%	M	SE
Пол (муж/жен)	155/172	47/53		
Возраст (годы)			35,8	0,3
Рост (см)			171,0	0,6
ОТ (см)			85,1	0,8
ЧСС (уд./мин)			70,6	0,6
САД (мм рт.ст.)			114,9	0,9
ДАД (мм рт.ст.)			72,9	0,6
ПД (мм рт.ст.)			42,0	0,5
цСАД (мм рт.ст.)			103,0	0,8
цДАД (мм рт.ст.)			74,1	0,6
цПД (мм рт.ст.)			28,9	0,3
АД $\geq 140/90$ мм рт.ст.	29	9		
цАД $\geq 125/90$ мм рт.ст.	32	10		
ОА (%)			147,1	1,0
АПД (мм рт.ст.)			13,1	0,3
АСД (мм рт.ст.)			12,0	0,3
НАСД (мм рт.ст.)			16,9	0,2
цДА (мм рт.ст.)			4,9	0,2
цДАкорр (мм рт.ст.)			4,1	0,2
цИА ₁ (%)			16,1	0,7
цИА ₁ корр (%)			14,0	0,7
цИА ₂ (%)			121,7	1,0
R _I (мм)			5,1	0,1
R _{avL} (мм)			2,1	0,1
R _I +S _{III} (мм)			6,1	0,2
Гипертрофия левого желудочка (R _I >верхнего квартиля или R _I +S _{III} >верхнего квартиля или R _{avL} >верхнего квартиля)	79	24		
ТГ (ммоль/л)			1,2	0,05
ХС ЛПВП (ммоль/л)			1,3	0,02
ХС ЛПНП (ммоль/л)			3,4	0,05
Глюкоза крови (ммоль/л)			5,7	0,04

Примечание: общее число обследованных — 327 человек, m — среднее значение, SE — стандартная ошибка, n — число наблюдений, % — доля в процентах.

Сокращения: АД — брахиальное артериальное давление, АПД — амплификация пульсового давления, АСД — амплификация систолического давления, ДАД — брахиальное диастолическое артериальное давление, НАСД — неаугментированная амплификация систолического давления, ОА — отношение амплификации пульсового давления лучевое/центральное, ОТ — окружность талии, ПД — брахиальное пульсовое давление, САД — брахиальное систолическое артериальное давление, ТГ — триглицериды, ХС ЛПВП — холестерин липопротеинов высокой плотности, ХС ЛПНП — холестерин липопротеинов низкой плотности, цАД — центральное аортальное давление, цДА — центральное давление аугментации, цДАД — центральное диастолическое аортальное давление, цДАкорр — ЧСС-корректированное центральное давление аугментации, цИА₁ — центральный индекс аугментации (цДА/цПД), цИА₁корр — ЧСС-корректированный центральный индекс аугментации, цИА₂ — центральный индекс аугментации (цД₂/цД₁, где цД₁ — центральное давление в точке первого систолического пика, цД₂ — центральное давление в точке второго систолического пика), цПД — центральное пульсовое давление, цСАД — центральное систолическое аортальное давление, ЧСС — частота сердечных сокращений, R_I — амплитуда зубца R в отведении I, R_{avL} — амплитуда зубца R в отведении aVL, R_I+S_{III} — сумма амплитуды зубца R в отведении I и зубца S в отведении III.

Таблица 2

Сравнительная ассоциация брахиального АД и ЦАД с электрокардиографическими вольтажными показателями ГЛЖ

Показатели		R _I	R _{avL}	R _I +S _{III}
Одновременное включение в модель	САД	-	-	-
	цСАД	F=4,2 p=0,042	F=4,8 p=0,029	-
Одновременное включение в модель	ДАД	-	-	-
	цДАД	-	-	-
Одновременное включение в модель	ПД	-	-	-
	цПД	F=8,5 p=0,0038	F=8,5 p=0,0039	F=7,0 p=0,0085

Примечание: общее число обследованных — 327 человек, F — критерий Фишера и p — уровень значимости в мультивариативной общей линейной модели (GLM), кроме попарного включения в модель показателей брахиального артериального давления и центрального аортального давления в качестве независимых переменных, в ней контролировали возраст, пол, рост, окружность талии, частоту сердечных сокращений, уровень триглицеридов, холестерина липопротеинов высокой плотности, холестерина липопротеинов низкой плотности, глюкозы крови.

Сокращения: ДАД — брахиальное диастолическое артериальное давление, ПД — брахиальное пульсовое давление, САД — брахиальное систолическое артериальное давление, цДАД — центральное диастолическое аортальное давление, цПД — центральное пульсовое давление, цСАД — центральное систолическое аортальное давление; зависимые переменные: R_I — амплитуда зубца R в отведении I, R_{avL} — амплитуда зубца R в отведении aVL, R_I+S_{III} — сумма амплитуды зубца R в отведении I и зубца S в отведении III.

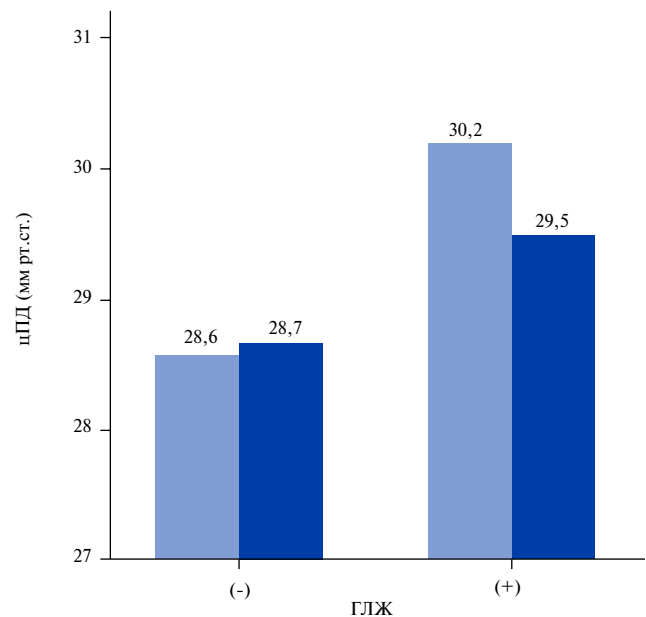


Рис. 1. Центральное аортальное пульсовое давление (цПД) в группах с наличием и отсутствием гипертрофии левого желудочка (ГЛЖ), стандартизованное на возраст, пол, рост, окружность талии, частоту сердечных сокращений, уровень триглицеридов, холестерина липопротеинов высокой плотности, холестерина липопротеинов низкой плотности, глюкозы крови (p=0,026), а также брахиальное пульсовое давление (ПД) (p=0,035).

Таблица 3

Ассоциация параметров амплификации/аугментации ЦАД с электрокардиографическими вольтажными показателями ГЛЖ, независимая от брахиального АД

Показатели	R_I	R_{aVL}	R_I+S_{III}
ОА*	F=7,318 p=0,0072	F=6,404 p=0,012	F=6,640 p=0,010
АПД*	8,518 p=0,0038	8,472 p=0,0039	7,008 p=0,0085
АСД	F=4,149 p=0,042	F=4,837 p=0,029	-
НАСД	-	-	-
цДА	-	-	-
цДА _{корр} **	-	-	-
цИА ₁	-	-	-
цИА _{1,корр} **	-	-	-
цИА ₂	-	-	-

Примечание: общее число обследованных — 327 человек, F — критерий Фишера и p — уровень значимости в мультивариативной общей линейной модели (GLM), кроме попарного включения в модель параметра центрального аортального давления и показателя брахиального систолического или пульсового (*) артериального давления в качестве независимых переменных, в ней контролировали возраст, пол, рост, окружность талии, частоту сердечных сокращений (** — не включали), уровень триглицеридов, холестерина липопротеинов высокой плотности, холестерина липопротеинов низкой плотности, глюкозы крови.

Сокращения: АПД — амплификация пульсового давления, АСД — амплификация систолического давления, НАСД — неаугментированная амплификация систолического давления, ОА — отношение амплификации пульсового давления лучевое/центрального, цДА — центральное давление аугментации, цДА_{корр} — ЧСС-корректированное центральное давление аугментации, цИА₁ — центральный индекс аугментации (цДА/цПД), цИА_{1,корр} — ЧСС-корректированный центральный индекс аугментации, цИА₂ — центральный индекс аугментации (цД₂/цД₁, где цД₁ — центральное давление в точке первого систолического пика, цД₂ — центральное давление в точке второго систолического пика), зависимые переменные: R_I — амплитуда зубца R в отведении I, R_{aVL} — амплитуда зубца R в отведении aVL, R_I+S_{III} — сумма амплитуды зубца R в отведении I и зубца S в отведении III.

плотности, холестерина липопротеинов низкой плотности, глюкозы крови, как до, так и после стандартизации на влияние ПД.

Результаты анализа связи параметров амплификации/аугментации центрального аортального давления с электрокардиографическими вольтажными показателями ГЛЖ, независимо от брахиального АД, приведены в таблице 3.

Параметры амплификации ЦАД, за исключением неаугментированной амплификации систолического давления (НАСД), были независимо ассоциированы с электрокардиографическими вольтажными показателями ГЛЖ. Так, амплификация пульсового давления (АПД), стандартизованная на возраст, пол, рост, окружность талии, частоту сердечных сокращений, уровень триглицеридов, холестерина липопротеинов высокой плотности, холестерина липопротеинов низкой плотности, глюкозы крови, а также брахиальное пульсовое давление, достоверно различалась у лиц с отсутствием и наличием ГЛЖ (рис. 2).

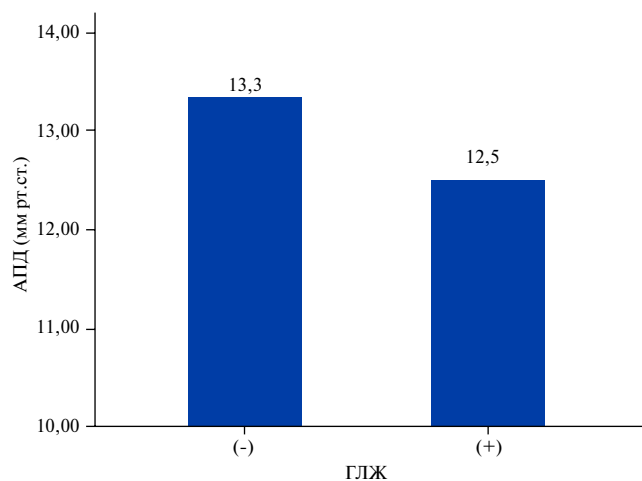


Рис. 2. Амплификация пульсового давления (АПД) в группах с наличием и отсутствием гипертрофии левого желудочка (ГЛЖ), стандартизованная на возраст, пол, рост, окружность талии, частоту сердечных сокращений, уровень триглицеридов, холестерина липопротеинов высокой плотности, холестерина липопротеинов низкой плотности, глюкозы крови, а также брахиальное пульсовое давление (p=0,035).

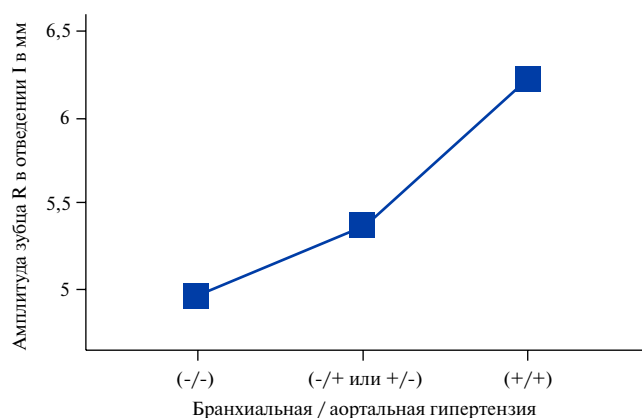


Рис. 3. Амплитуда зубца R в отведении I в зависимости от наличия или отсутствия брахиальной артериальной и центральной аортальной гипертензии, стандартизованная на возраст, пол, рост, окружность талии, частоту сердечных сокращений, уровень триглицеридов, холестерина липопротеинов высокой плотности, холестерина липопротеинов низкой плотности, глюкозы крови ((-/-) — 294 человека, (-/+ или +/-) — 5 человек, (+/+) — 28 человек; p=0,038).

Параметры аугментации ЦАД также демонстрировали значимую связь с электрокардиографическими вольтажными показателями ГЛЖ, независимо от брахиального АД, а также возраста, пола, окружности талии, уровня триглицеридов, холестерина липопротеинов высокой плотности, холестерина липопротеинов низкой плотности, глюкозы крови. И лишь при добавлении в модель переменных роста и частоты сердечных сокращений данная связь теряла статистическую достоверность.

Анализ связи брахиальной артериальной и центральной аортальной гипертензии с вольтажными показателями ГЛЖ показал, что максимальное их значение наблюдалось в группе лиц с сочетанным

повышением центрального и периферического давления (рис. 3).

Обсуждение

Уровень ЦАД связан с поражением миокарда независимо от сердечно-сосудистых факторов риска [14], что подтверждается результатами и нашего исследования.

Вопрос является ли ЦАД более связанным с электрокардиографическими показателями ГЛЖ, чем брахиальное АД, недостаточно изучен. По результатам исследования Wohlfahrt P, et al. [9] ЦАД у лиц старше 45 лет более тесно связано с электрокардиографическими показателями ГЛЖ (индекс Соколова-Лайона, Корнельское произведение), чем брахиальное АД, но в данном исследовании не было выявлено связи вольтажных критериев ГЛЖ с ЦАД или брахиальным АД у более молодых людей.

Результаты исследования Yang WT, et al. [15] свидетельствуют о том, что ЦАД и брахиальное АД одинаково ассоциированы с некоторыми электрокардиографическими показателями ГЛЖ.

В ряде исследований показано, что ЦАД больше связано с эхокардиографическими признаками ГЛЖ, чем брахиальное АД [7, 8, 16].

В то же время, существуют исследования, не подтвердившие более тесной связи ЦАД с признаками ГЛЖ в сравнении с офисным измерением АД [17].

В настоящем исследовании показано, что параметры амплификации были независимо ассоциированы

с показателями ГЛЖ, что согласуется с данными ряда исследований [18, 19].

Таким образом, несмотря на некоторую противоречивость литературных данных, учитывая полученный нами результат (рис. 3), для более надежного выявления ГЛЖ целесообразно проводить оба исследования: как офисное измерение АД, так и оценку ЦАД.

Заключение

В общей популяции Новосибирска ЦАД в большей степени, чем брахиальное АД, ассоциировано с электрокардиографическими показателями ГЛЖ. Параметры амплификации ЦАД независимо от брахиального АД связаны с показателями ГЛЖ. Максимальное значение показателей ГЛЖ наблюдалось в группе лиц с сочетанной брахиальной артериальной и центральной аортальной гипертензией.

Результаты настоящего исследования обосновывают актуальность практического использования параметров ЦАД дополнительно к офисному измерению брахиального АД.

Финансирование. Работа выполнена в рамках бюджетной темы № АААА-А17-117112850280-2 по Государственному заданию № 0324-2018-0001.

Конфликт интересов: все авторы заявляют об отсутствии потенциального конфликта интересов, требующего раскрытия в данной статье.

Литература/References

1. Protogerou AD, Papaioannou TG, Blacher J et al. Central blood pressures: do we need them in the management of cardiovascular disease? Is it a feasible therapeutic target? *J Hypertens.* 2007;25(2):265-72. doi:10.1097/HJH.0b013e3280114f23.
2. McEnery CM, Cockcroft JR, Roman MJ, et al. Central blood pressure: current evidence and clinical importance. *Eur Heart J.* 2014;35(26):1719-25. doi:10.1093/eurheartj/ehs565.
3. Kroeker EJ, Wood EH. Comparison of simultaneously recorded central and peripheral arterial pressure pulses during rest, exercise and tilted position in man. *Circ Res.* 1955;3(6):623-32. doi:10.1161/01.RES.3.6.623.
4. Pauca AL, O'Rourke MF, Kon ND. Prospective evaluation of a method for estimating ascending aortic pressure from the radial artery pressure waveform. *Hypertension.* 2001;38(4):932-7. doi:10.1161/hy1001.096106.
5. Ohte N, Sasaki T, Miyabe H, et al. Relationship between blood pressure obtained from the upper arm with a cuff-type sphygmomanometer and central blood pressure measured with a catheter-tipped micromanometer. *Heart Vessels.* 2007;22(6):410-5. doi:10.1007/s00380-007-0998-5.
6. Kollias A, Lagou S, Zeniodi ME, et al. Association of Central Versus Brachial Blood Pressure With Target-Organ Damage: Systematic Review and Meta-Analysis. *Hypertension.* 2016;67(1):183-90. doi:10.1161/HYPERTENSIONAHA.115.06066.
7. Wang KL, Cheng HM, Chuang SY, et al. Central or peripheral systolic or pulse pressure: which best relates to target organs and future mortality? *J Hypertens.* 2009;27(3):461-7. doi:10.1097/HJH.0b013e3283220e4.
8. Roman MJ, Okin PM, Kizer JR, et al. Relations of central and brachial blood pressure to left ventricular hypertrophy and geometry: the Strong Heart Study. *J Hypertens.* 2010;28(2):384-88. doi:10.1097/HJH.0b013e328333d228.
9. Wohlfahrt P, Wichterle D, Seidlerova J, et al. Relation of central and brachial blood pressure to left ventricular hypertrophy. The Czech Post-MONICA Study. *J Hum Hypertens.* 2012;26(1):14-9. doi:10.1038/jhh.201178.
10. Avolio AP, Van Bortel LM, Boutouyrie P, et al. Role of pulse pressure amplification in arterial hypertension: experts' opinion and review of the data. *Hypertension.* 2009;54(2):375-83. doi:10.1161/HYPERTENSIONAHA.109.134379.
11. Gubner RS, Ungerlied HE. Electrocardiographic criteria of left ventricular hypertrophy: factors determining the evolution of the electrocardiographic patterns in hypertrophy and bundle branch block. *Arch Intern Med (Chic).* 1943;72(2):196-209. doi:10.1001/archinte.1943.00210080052005.
12. Sokolow M, Lyon TP. The ventricular complex in left ventricular hypertrophy as obtained by unipolar and limb leads. *Am Heart J.* 1949;37(2):161-86. doi:10.1016/0002-8703(49)90562-1.
13. 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.
14. Cui R, Li Y, Krisztina G, et al. An association between central aortic pressure and subclinical organ damage of the heart among a general Japanese cohort: Circulatory Risk in Communities Study (CIRCS). *Atherosclerosis.* 2014;232(1):94-8. doi:10.1016/j.atherosclerosis.2013.10.012.
15. Yang WY, Mujaj B, Efremov L, et al. ECG Voltage in Relation to Peripheral and Central Ambulatory Blood Pressure. *Am J Hypertens.* 2018;31(2):178-87. doi:10.1093/ajh/hpx157.
16. Chi C, Yu X, Auckley R, et al. Hypertensive target organ damage is better associated with central than brachial blood pressure: The Northern Shanghai Study. *J Clin Hypertens (Greenwich)* 2017;19(12):1269-75. doi:10.1111/jch.13110.
17. Pérez-Lahiguera FJ, Rodilla E, Costa JA, et al. Relationship of central and peripheral blood pressure to left ventricular mass in hypertensive patients. *Rev Esp Cardiol (Engl Ed).* 2012;65(12):1094-100. doi:10.1016/j.recsep.2012.05.008.
18. Kotovskaya YuV, Kobzev RYu, Safarova AF, et al. Association between left ventricular myocardium mass and parameters of clinical, ambulatory and central blood pressure in young men. *Arterial Hypertension.* 2010;16(2):150-5. (In Russ.) Котовская Ю.В., Кобзев Р.Ю., Сафарова А.Ф., и др. Взаимосвязь массы миокарда ЛЖ с показателями клинического, амбулаторного и центрального артериального давления у молодых мужчин. *Артериальная гипертензия.* 2010;16(2):150-5.
19. Sibiya MJ, Norton GR, Booyesen HL, et al. Aortic backward waves rather than stiffness account for independent associations between pulse pressure amplification and left ventricular mass in a young to middle-aged sample. *J Am Soc Hypertens.* 2017;11(6):350-8.e2. doi:10.1016/j.jash.2017.04.003.